Ministério da Educação
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas
Departamento de Engenharia de Produção, Administração e Economia

HENRIQUE VOLTANI CHAVES

ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO EM UMA FAZENDA DE CAFÉ NA CIDADE DE OLIVEIRA-MG

Ouro Preto
2023

Henrique Voltani Chaves

ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO EM UMA FAZENDA DE CAFÉ NA CIDADE DE OLIVEIRA-MG

Monografia do curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto – MG, apresentada como requisito parcial para a obtenção do Grau de Engenheiro de Produção.

Orientador: Prof. D.Sc. Gustavo Nikolaus Pinto de Moura.

Ouro Preto
2023

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUCAO, ADMINISTRACAO E ECON

FOLHA DE APROVAÇÃO

Henrique Voltani Chaves

ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO EM UMA FAZENDA DE CAFÉ NA CIDADE DE OLIVEIRA-MG

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Produção

Aprovada em 16 de maio de 2023

Membros da banca

D.Sc. Gustavo Nikolaus Pinto de Moura - Orientador - Universidade Federal de Ouro Preto
D.Sc. Aloísio de Castro Gomes Júnior - Universidade Federal de Ouro Preto
D.Sc. Magno Silvério Campos - Universidade Federal de Ouro Preto

Gustavo Nikolaus Pinto de Moura, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 16/05/2023

Documento assinado eletronicamente por **Gustavo Nikolaus Pinto de Moura**, **PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 17/05/2023, às 14:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

Documento assinado eletronicamente por **Aloisio de Castro Gomes Junior**, **PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 17/05/2023, às 14:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

Documento assinado eletronicamente por **Magno Silverio Campos**, **PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 17/05/2023, às 19:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0 , informando o código verificador **0526880** e o código CRC **50E12492**.

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35402-163
Telefone: 3135591540 - www.ufop.br

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os que acreditaram em mim e que se dispuseram a estar comigo durante toda a minha graduação. Aos meus pais Luiz Gustavo e Valquiria, por não medirem esforços para que eu tivesse uma boa educação e ensino de qualidade. A minha irmã Ana Carolina, por todo apoio e se mostrar sempre presente. Ao professor Gustavo, por acreditar neste projeto e me dar todo o suporte para construí-lo. A gloriosa República Bangalô, por ser meu porto seguro na cidade de Ouro Preto e me dar suporte para concluir esta conquista.

“O único lugar onde o sucesso vem antes do trabalho é no dicionário.”
Albert Einstein

RESUMO

No contexto atual, a busca por fontes de energia renováveis e sustentáveis é cada vez mais importante, especialmente no setor rural, que muitas vezes não possui acesso às redes de distribuição de energia elétrica convencional. Nesse sentido, a implantação de sistemas fotovoltaicos em fazendas é uma alternativa promissora, não só para atender as demandas energéticas, mas também para reduzir os custos com energia e mitigar os impactos ambientais. O presente trabalho tem como objetivo realizar uma análise da viabilidade técnico-econômica de implantação de um sistema fotovoltaico em uma fazenda de café localizada na cidade de Oliveira-MG. Para isso, foram realizadas revisões bibliográficas sobre PPlanejamento Energético Integrado, políticas para suprimento energético no setor rural, potencial solar para geração de energia elétrica e o modelo energético HOMER PRO, o qual é um software avançado de simulação e otimização de sistemas de energia. Com base nas informações levantadas, foram identificados os equipamentos utilizados na fazenda, juntamente com a quantidade de energia consumida por cada um deles, sendo possível realizar uma estimativa de curva de carga para a propriedade. Além disso, foram identificados os custos de capital e de operação relacionados a tecnologias energéticas, bem como foram realizados estudos para elaboração de cenários energéticos utilizando o *software* HOMER PRO. Os resultados mostram que a implantação de um sistema fotovoltaico na fazenda de café é viável tecnicamente, além de apresentar um retorno econômico positivo a médio e longo prazo. Com isso, este trabalho contribui para a análise da viabilidade de implantação de sistemas fotovoltaicos em fazendas, bem como para a utilização de fontes de energia renováveis e sustentáveis no setor rural.

Palavras-chave: Planejamento Energético Integrado, Setor Rural Brasileiro, HOMER PRO, Cenários, Energia Solar.

ABSTRACT

In the current context, the search for renewable and sustainable energy sources is becoming increasingly important, especially in the rural sector, which often does not have access to conventional electricity distribution networks. In this sense, the implementation of photovoltaic systems on farms is a promising alternative, not only to meet energy demands but also to reduce energy costs and mitigate environmental impacts. This work aims to perform a technical and economic feasibility analysis of implementing a photovoltaic system on a coffee farm located in the city of Oliveira-MG. For this purpose, literature reviews were carried out on Integrated Energy Planning, policies for energy supply in the rural sector, solar potential for electricity generation, and the HOMER PRO energy model. Based on the information gathered, the equipment used on the farm was identified, along with the amount of energy consumed by each one, making it possible to estimate a load curve for the property. In addition, capital and operating costs related to energy technologies were identified, and studies were carried out to develop energy scenarios using the HOMER PRO software. The results show that the implementation of a photovoltaic system on the coffee farm is technically feasible, as well as presenting a positive economic return in the medium and long term. Thus, this work contributes to the analysis of the feasibility of implementing photovoltaic systems on farms, as well as the use of renewable and sustainable energy sources in the rural sector.

Keywords: Integrated Energy Planning, Brazilian Rural Sector, HOMER PRO, Scenarios, Solar Energy.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRAPCH	Associação Brasileira de Pequenas Centrais Hidrelétricas e Centrais Geradoras Hidrelétricas
ABSOLAR	Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica
AIE	Agência Internacional de Energia
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CV	Cavalo-Vapor
GW	Gigawatt
IBF	Instituto Brasileiro de Florestas
kW	Quilowatt
kWh	Quilowatt-hora
MME	Ministério de Minas e Energia
MW	Megawatt
ONS	Operador Nacional Elétrico
PCP	Planejamento e Controle da Produção
PEI	Planejamento Energético Integrado
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
SI	Sistema de Informação
SIN	Sistema Interligado Nacional

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Variação % do consumo setorial de eletricidade em 2020 22
Figura 2 – Participação Setorial no Consumo de Eletricidade 23
Figura 3 – Esquema de funcionamento das usinas termelétricas 24
Figura 4 – Turbina Alterima com 01 rotor 25
Figura 5 – Total Diário da Irradiação Global Horizontal (Média Anual) 26
Figura 6 – Potencial de Geração Solar Fotovoltaica 28
Figura 7 – Entrada da Fazenda Sonho Verde 30
Figura 8 – Propriedades em Oliveira MG 31
Figura 9 – Propriedade em Lavras-MG (Aurora) 31
Figura 10 – Propriedade em Lavras-MG (Patrícia) 31
Figura 11 – 2 Secadores de Café 34
Figura 12 – 3 Secadores de Café 35
Figura 13 – Rosca de Descarga 35
Figura 14 – Elevadores 36
Figura 15 – Bica de Jogo 36
Figura 16 – Catador de Pedra 37
Figura 17 – Tulha 37
Figura 18 – Máquina de Descascar café 38
Figura 19 – Mesa Decimétrica 38
Figura 20 – Lavador de Café 39
Figura 21 – Máquina de Descascar Café Cereja 39
Figura 22 – Centrífuga 40
Figura 23 – Curva de Carga Residencial (201 a 400) kWh/Mês 41
Figura 24 – Curva de Carga Residencial Acima de 500 kWh/Mês 41
Figura 25 – Curva de Consumo da Fazenda 42
Figura 26 – Variáveis Iniciais no *Software* HOMER PRO 43
Figura 27 – Carga Elétrica Média 44
Figura 28 – Diagrama Esquemático do Sistema Energético Modelado 45
Figura 29 – Resultados do Cenário de Referência 45
Figura 30 – Resultados do Cenário Diesel 46
Figura 31 – Resultados do Cenário Diesel + Fotovoltaica 47
Figura 32 – Resultados do Cenário Fotovoltaica 48

Figura 33 – Curva de Carga após mudança de equipamentos 50
Figura 34 – Resultado do Cenário Trocas de Equipamentos 51
Figura 35 – Comparativo de Todos os Resultados 51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Unidades Consumidoras e Aumento Percentual.....27
Tabela 2 – Médias do Total Diário da Irradiação Global Horizontal em Oliveira - MG (Wh/m²).....29
Tabela 3 – Consumo Médio da Fazenda.....32
Tabela 4 – Consumo Médio Mensal (kWh).....33
Tabela 5 – Potência dos Equipamentos da Fazenda.....40
Tabela 6 – Potência dos Equipamentos Após Mudanças.....49

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 15
1.1 OBJETIVO GERAL 16
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 16
2. METODOLOGIA 17
2.1 MODELAGEM ENERGÉTICA 17
2.1.1 Modelo HOMER PRO 17
3. PLANEJAMENTO ENERGÉTICO INTEGRADO NO SETOR RURAL 19
3.1 PLANEJAMENTO ENERGÉTICO INTEGRADO 19
3.2 SETOR RURAL 20
3.2.1 Uso de Energia no Setor Rural 21
3.3 DISPONIBILIDADE DE RECURSOS ENERGÉTICOS NA ZONA RURAL 23
3.4 ENERGIA SOLAR 25
3.4.1 Energia Solar em Minas Gerais 27
4. ESTUDO DE CASO: PLANEJAMENTO ENERGÉTICO INTEGRADO NA FAZENDA SONHO VERDE 30
4.1 DESCRIÇÃO DA FAZENDA 30
4.2 MEDIDAS DE EFICIÊNCIA E CONSERVAÇÃO DE ENERGIA 32
4.3 CONSUMO DE ENERGIA 32
4.3.1 Consumo de Energia da Fazenda 32
4.3.2 Consumo de Energia da Casa do Proprietário 33
4.4 VALOR DA TARIFA DE ENERGIA ELÉTRICA NO SETOR RURAL 33
4.5 PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS DA FAZENDA 34
4.5.1 Potência dos Equipamentos em Watts 40
4.6 ESTIMATIVA DA CURVA DE CARGA TOTAL 40
4.6.1 Curva de Carga Casa Residencial 40
4.6.2 Curva de Carga Casa Funcionários 42
4.6.3 Curva de Carga Final 42
5. CENÁRIOS ENERGÉTICOS ELABORADOS NO HOMER PRO 43
5.1 HOMER PRO 43
5.2 CONFIGURAÇÃO DO HOMER PRO 43
5.2.1 Parâmetros Econômicos Iniciais 43
5.2.2 Carga Elétrica 44

5.2.3 Possibilidades de Suprimento Energético 44
5.3 CENÁRIO DE REFERÊNCIA 45
5.3.1 Resultados da Simulação (Cenário de Referência) 45
5.4 CENÁRIO DIESEL 46
5.4.1 Resultados da Simulação (Cenário Diesel) 46
5.5 CENÁRIO DIESEL + FOTOVOLTAICO 47
5.5.1 Resultados da Simulação (Cenário Diesel + Fotovoltaica) 47
5.6 CENÁRIO FOTOVOLTAICA 48
5.6.1 Resultados da Simulação (Cenário Fotovoltaica) 48
5.7 CENÁRIO TROCA DE EQUIPAMENTOS 48
5.7.1 Resultados da Simulação (Cenário Troca de Equipamentos) 50
5.8 COMPARATIVO DE TODOS OS CENÁRIOS 51
6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS 53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 55

1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios, a humanidade considerou o sol como uma fonte infinita de energia. Não era difícil encontrar diferentes culturas que o endeusavam e até realizavam eventos para o mesmo. Os astecas, por exemplo, chagavam a oferecer sacrifícios humanos aos deuses do Sol. Hoje em dia, mesmo que a visão que se tem em torno do sol seja diferente, não o considerando mais como uma divindade, ainda existem pesquisas a respeito da sua fonte inesgotável de energia.

Durante a crise do petróleo que teve início em meados de 1973, surgiram inúmeras pesquisas a respeito da possibilidade de novas fontes de energia renováveis se tornarem viáveis para o consumo da populacão, contribuindo para a menor utilização do petróleo. Outro fator que auxiliou na disseminação desta ideia nos países, foi a crescente preocupação com o meio ambiente, buscando assim fontes limpas e que tivessem menor impacto, a fim de mitigar os danos naturais.

Ao juntar as duas informações citadas acima, chega-se a uma das principais fontes de energia renováveis do país: a energia solar fotovoltaica. Segundo IMHOFF *et al*. (2007), a energia solar fotovoltaica pode ser definida como aquela que é gerada por meio da conversão direta da radiação proveniente do sol em eletricidade. Esta conversão é possível através de um dispositivo chamado célula fotovoltaica que atua utilizando o princípio fotoelétrico ou fotovoltaico. Este efeito é gerado através da luz solar, a qual gera uma diferença de potencial na estrutura do material semicondutor.

Com o avanço das tecnologias e a crescente conscientização sobre a sustentabilidade, os setores agrícola e energético podem estabelecer uma sinergia promissora. No caso específico do agronegócio, a adoção da energia solar fotovoltaica representa uma oportunidade para impulsionar a eficiência energética das propriedades rurais, reduzindo custos e contribuindo para práticas mais sustentáveis.

De acordo com CEPEA (2021), o agronegócio foi resposável por 25% do PIB da economia brasileira no ano de 2022. Além disso, a Agência Internacional de Energia Renovável (2020) afirma que o setor de agronegócio respondia por cerca de 24% de toda a energia consumida no mundo. Por meio dessas informações, é indiscutível a importância do setor para o país, e também se mostra extremamente pertinente a importância que se faz de um bom planejamento energético nas instalações das propriedades rurais, tendo em vista que grande parte do beneficiamento dos produtos são realizadas ainda nelas.

O planejamento energético apresenta um elevado grau de utilidade. Em se tratando do

lado da oferta, ele auxilia na identificação das fontes energéticas mais adequadas para cada situação, levando em consideração a tecnologia que deve ser utilizada, e também os âmbitos econômicos, sociais e ambientais, tudo isso voltado para atender às necessidades da sociedade. Já em relação à demanda, ele auxilia na tomada de decisão de quais são as tecnologias que devem ser utilizadas visando racionalidade e eficiência no uso das fontes de energia.

> Através da construção de cenários futuros sobre o comportamento das demandas, o planejamento energético é de fundamental importância na resolução de conflitos envolvendo oferta e demanda de energia, meio ambiente e desenvolvimento econômico. (SILVA; BERMANN, 2002)

Tendo em vista os inúmeros benefícios que a produção de energia solar pode trazer, tanto em relação ao meio ambiente quanto financeiramente, este trabalho busca realizar o estudo da viabilidade da implantação de painéis fotovoltaicos em uma fazenda de café localizada no sul de Minas Gerais na cidade de Oliveira, com o intuito de diminuir o consumo de energia proveniente dos inúmeros processos realizados para o beneficiamento do grão.

Além disso, pretende-se realizar em conjunto ao estudo da instalacão dos painéis, um estudo da parte técnica da fazenda, averiguando se a troca de equipamentos envolvidos nos processos da fazenda são viáveis e analisando também toda a logística de horário de funcionamento dos equipamentos, visando assim aliar a economia dos painéis solares com a gestão da energia fora do horário de pico.

1.1 Objetivo Geral

Elaborar cenários energéticos em uma fazenda, considerando a abordagem de planejamento energético integrado, com a finalidade de implantção caso viável, visando economia e sustentabilidade.

1.2 Objetivos Específicos

- Realizar revisão bibliográfica sobre Planejamento Energético Integrado;
- Identificar potencial solar para geração de energia elétrica;
- Elaborar cenários energéticos;
- Identificar os equipamentos utilizados na fazenda;
- Elaborar uma estimativa de curva de carga para fazenda;
- Identificar custos de capital e de operação relacionados a tecnologias energéticas.

2. METODOLOGIA

O presente estudo foi classificado de acordo com sua abordagem, a natureza, seus objetivos e quanto ao seus procedimentos técnicos.

A pesquisa em questão apresenta uma abordagem híbrida, envolvendo tanto a análise qualitativa quanto a quantitativa. A pesquisa qualitativa tem por objetivo compreender o comportamento de um grupo social, sem se basear em valores numéricos. Neste trabalho, essa abordagem foi empregada para a coleta e análise dos dados necessários. Já se tratando da abordagem quantitativa, foi utilizada para transformar em números todos os aspectos técnicos e econômicos do sistema energético.

Quanto à natureza, é considerada pesquisa aplicada, com vistas a obter conhecimentos de aplicação prática para a solução de problemas específicos. No que concerne aos objetivos, a pesquisa é exploratória, pois objetiva obter maior proximidade com o problema, visando torná-lo compreensível ou realizar o desenvolvimento de hipóteses (GIL, 2008). No que diz respeito aos procedimentos, pautou-se como métodos o estudo de caso e pesquisa bibliográfica.

Esta pesquisa foi fundamentada em uma abordagem de planejamento energético que se concentra na análise detalhada dos elementos que compõem o sistema energético, desde a produção até o consumo final chamada de "*Bottom-up*". Essa abordagem analisa dados específicos sobre a oferta e demanda de energia em níveis locais, regionais e nacionais, levando em consideração as características do território, as fontes de energia disponíveis e as necessidades de cada setor da economia.

2.1 Modelagem Energética

A modelagem energética é uma técnica que utiliza ferramentas computacionais para simular e analisar o desempenho energético de um sitema. Essa técnica permite avaliar o consumo de energia, a eficiência energética e as emissões de gases de efeito estufa deste sistema antes mesmo de ser construído ou implementado, possibilitando a identificação de oportunidades de melhoria e a otimização do desempenho energético.

2.1.1 Modelo HOMER PRO

O modelo HOMER PRO é um programa de simulação e otimização de sistemas de energia híbridos, que combina diferentes fontes de energia, como solar, eólica, hidrelétrica e diesel. De acordo com com Monteiro, Netto e Souza (2018), a palavra "HOMER" significa *Hybrid Optimization Model for Electric Renewable* e cada palavra pode ser referenciada da seguinte forma*:*

- H *Hybrid* : refere-se à natureza híbrida dos sistemas de energia simulados e otimizados pelo *software* HOMER PRO;
- O *Optimization*: refere-se à capacidade do modelo de otimizar o desempenho do sistema de energia híbrido, considerando diferentes parâmetros, como custo, emissões e confiabilidade;
- M *Model* : refere-se ao modelo matemático utilizado pelo *software* para simular o comportamento do sistema de energia híbrido;
- E *Energy* : refere-se à natureza do sistema de energia simulado e otimizado pelo *software*;
- R *Renewable*: refere-se às fontes de energia renovável, como solar e eólica, que podem ser integradas em um sistema de energia híbrido simulado pelo *software*.

Assim, as letras HOMER PRO representam a natureza híbrida, a otimização, o modelo matemático, a energia, e as fontes renováveis de energia que são integradas em um sistema de energia simulado e otimizado pelo *software* HOMER PRO.

3. PLANEJAMENTO ENERGÉTICO INTEGRADO NO SETOR RURAL

3.1 Planejamento Energético Integrado

O PEI (Planejamento Energético Integrado) é uma abordagem abrangente que tem como objetivo, segundo Pereira (2010), estabelecer diretrizes para o uso racional e eficiente da energia em um determinado espaço, considerando aspectos socioeconômicos, ambientais e tecnológicos.

Ele também busca encontrar soluções que sejam ambientalmente sustentáveis, socialmente justas e economicamente viáveis, levando em consideração os impactos e interações entre diferentes setores da economia, como a indústria, transporte, agricultura e setor residencial.

Segundo a Agência Internacional de Energia AIE (2021),

> a integração do sistema energético permite uma gestão mais flexível e eficiente das fontes de energia renováveis, tornando possível aproveitar as condições meteorológicas favoráveis e minimizando a necessidade de investimentos em capacidade adicional de geração para atender à demanda. (AIE, 2021)

Além disso, a integração também permite a otimização do uso de recursos energéticos, a redução de custos e a mitigação de impactos ambientais.

De acordo com o EVERETT *et al*. (2012), um sistema energético integrado é essencial para garantir a segurança energética e a sustentabilidade ambiental. Eles afirmam que a integração de diferentes fontes de energia, incluindo as energias renováveis, é fundamental para reduzir a dependência dos combustíveis fósseis e mitigar as mudanças climáticas.

Para desenvolver um PEI, é necessário realizar uma análise detalhada do sistema energético atual, identificando seus pontos fortes e fracos, bem como as oportunidades e desafios. Em seguida, é fundamental avaliar diferentes opções de investimento em novas tecnologias e infraestruturas, a fim de garantir uma transição gradual e eficiente para um modelo de energia mais sustentável e resiliente.

O PEI também envolve a colaboracão de diferentes atores, como governos, empresas, organizações da sociedade civil e comunidades locais, para garantir que as soluções encontradas atendam às necessidades e demandas de todos os setores envolvidos. Dessa forma, é possível construir um sistema energético mais equitativo e resiliente para o futuro.

No Brasil, podemos dizer que Sistema Interligado Nacional SIN, é fundamental para o PEI. Segundo o Operador Nacional do Sistema Elétrico ONS (2021), o SIN é responsável pela integração dos sistemas de geração e transmissão de energia elétrica em todo o Brasil. Ele é gerenciado pelo ONS e possui mais de 140 mil quilômetros de linhas de transmissão,

conectando usinas geradoras e centros de consumo em todo o país.

Ainda segundo o Operador Nacional do Sistema Elétrico ONS (2021), essa interligação das diferentes regiões do Brasil permite uma maior segurança energética, pois em caso de falhas em um determinado ponto da rede, a energia pode ser redirecionada de outras regiões para suprir a demanda. Além disso, a interligacão facilita a utilização de fontes de energia renovável, como a energia eólica e a energia solar, que muitas vezes estão localizadas em áreas afastadas dos grandes centros consumidores.

Ademais, o SIN é um dos pilares do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), programa este que foi criado em 2002 pelo Governo Federal do Brasil com o objetivo de estimular a produção de energia elétrica a partir de fontes renováveis, como a eólica, solar e biomassa.

Segundo FARIAS *et al*. (2014) o PROINFA foi uma resposta do governo brasileiro ao Protocolo de Quioto, que estabelecia metas de redução de emissões de gases de efeito estufa para os países signatários. Ademais, o Ministério de Minas e Energia MME (2020) afirma que o programa contribuiu para a diversificação da matriz energética brasileira, para a redução de emissões de gases de efeito estufa e trouxe benefícios socioeconômicos, como a criação de empregos e o desenvolvimento regional. De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (2021), o programa gerou cerca de 36 mil empregos diretos e indiretos em 2012.

3.2 Setor Rural

O setor rural desempenha um papel fundamental na economia de muitos países, sendo responsável pela produção de alimentos, matérias-primas e recursos naturais, além de gerar empregos e renda para diversas comunidades.

Esta afirmação pode ser comprovada no livro “O Fim da Pobreza” de SACHS (2005), no qual em diversas páginas, ele aborda sobre como o setor agrícola é crucial para o desenvolvimento econômico, especialmente em países de baixa renda, pois representa uma importante fonte de emprego e renda para milhões de pessoas, especialmente nas áreas rurais. Ele também argumenta que a modernização do setor agrícola pode ser um importante motor do crescimento econômico e da redução da pobreza em muitos países em desenvolvimento.

Além disso, o setor rural pode contribuir para a diversificação da economia e para o aumento da competitividade de muitos países, por meio do desenvolvimento de cadeias produtivas e da exploração sustentável dos recursos naturais.

Conforme ABRAMOVAY (2012), a zona rural tem o potencial de ser uma relevante fonte de inovação e crescimento econômico, contudo, isso só pode ser possível mediante a

adoção de políticas e práticas que promovam a sustentabilidade e diversificação produtiva. Para tornar a zona rural mais conectada e competitiva aos mercados globais, é necessário investir em tecnologia, treinamento e infraestrutura.

A importância do setor rural é fundamental para a economia, a sociedade e o meio ambiente, e deve ser reconhecida e valorizada para garantir um desenvolvimento sustentável e equilibrado.

3.2.1 Uso de Energia no Setor Rural

O uso de energia elétrica em propriedades rurais no Brasil tem aumentado nos últimos anos, impulsionado pelo crescimento da produção agropecuária e pela expansão do acesso à eletricidade em áreas rurais.

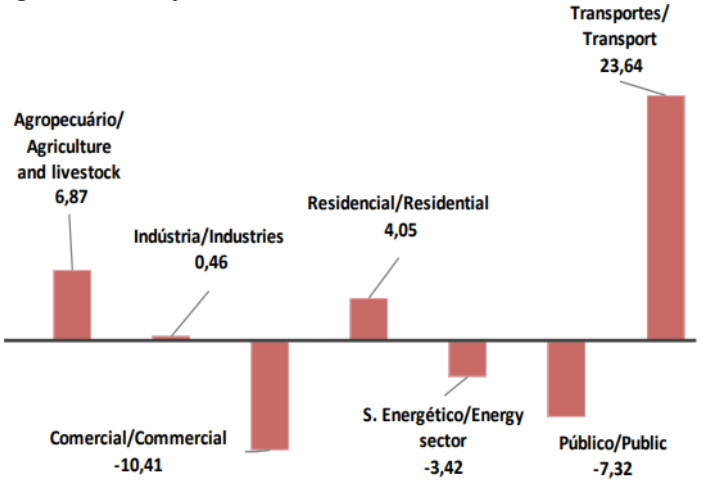
No "Relatório Anual de Gestão" do Ministério de Minas e Energia MME (2020), mostra que entre 2000 e 2020, houve um aumento significativo no acesso à energia elétrica em propriedades rurais do país. Em 2000, a taxa de acesso à eletricidade nas áreas rurais era de cerca de 40%, enquanto em 2020 essa taxa havia aumentado para 98,3%.

No entanto, ainda há um longo caminho a percorrer para garantir o acesso universal e sustentável à energia elétrica no campo. De acordo com o IBGE (2020), cerca de 1,8 milhão de domicílios rurais no Brasil ainda não tinham acesso à eletricidade.

Azevedo, Malafaia e Camargo (2007) afirmam que "o consumo total de energia do setor agropecuário brasileiro tem crescido a uma taxa média de 3% ao ano, desde 1984 ", mostrando a evolução do setor.

Porém falando somente de energia elétrica e olhando os dados mais recentes, percebe-se que este aumento está acima da média. De acordo com o Empresa de Pesquisa Energética (2021), o setor agropecuário no ano de 2020 teve uma variação de consumo de eletricidade positiva de 6,87% em relação ao ano de 2019, como mostra a Figura 1.

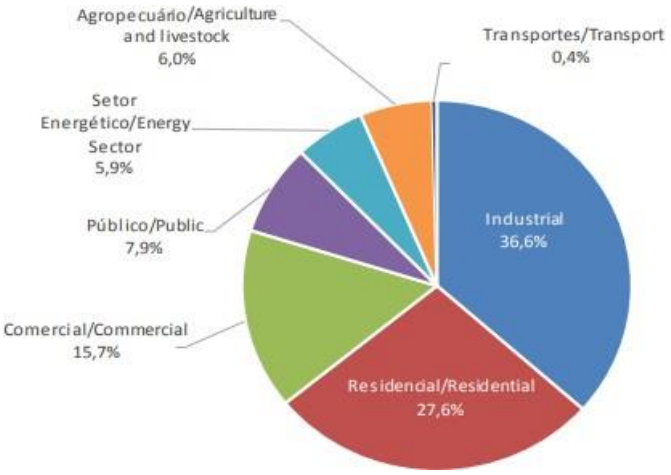
Figura 1 – Variação % do consumo setorial de eletricidade em 2020.



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2021).

Com este aumento no ano de 2020, ainda de acordo com o Empresa de Pesquisa Energética (2021), o consumo de energia pelo setor agropecuário passou a representar 6% do total consumido pelo Brasil como representado na Figura 2.

Figura 2 – Participação Setorial no Consumo de Eletricidade.



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2021).

Segundo dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) em 2021, os 6% de consumo que o setor agropecuário possui, provém de cerca de 1,8 milhão de unidades consumidoras rurais cadastradas no país.

O uso da energia elétrica é essencial para a produção agrícola e pecuária, assim como para o processamento e armazenamento de alimentos. Entre os principais usos da energia elétrica no campo estão o bombeamento de água para irrigação, iluminação, aquecimento, resfriamento e ventilaçao de instalações, moagem de grãos, beneficiamento de frutas e legumes, e a produção de laticínios e carne.

Porém, muitas propriedades rurais ainda enfrentam dificuldades para acessar e pagar pela energia elétrica, especialmente em áreas remotas e de baixa renda. Além disso, o uso intensivo da energia elétrica no campo pode contribuir para o aumento das emissões de gases de efeito estufa e sobrecarga do sistema elétrico em momentos de pico de demanda.

Oliveira *et al*. (2006) afirmaram que um dos principais fatores que contribuem para o êxodo rural é a incapacidade dos agricultores de obter uma renda satisfatória em suas propriedades. No entanto, a disponibilidade de energia elétrica pode impulsionar a produção agropecuária na comunidade rural, oferecendo aos agricultores e suas famílias acesso a diversos tipos de capacitação e tecnologia, o que pode resultar em uma maior integração social e desenvolvimento econômico.

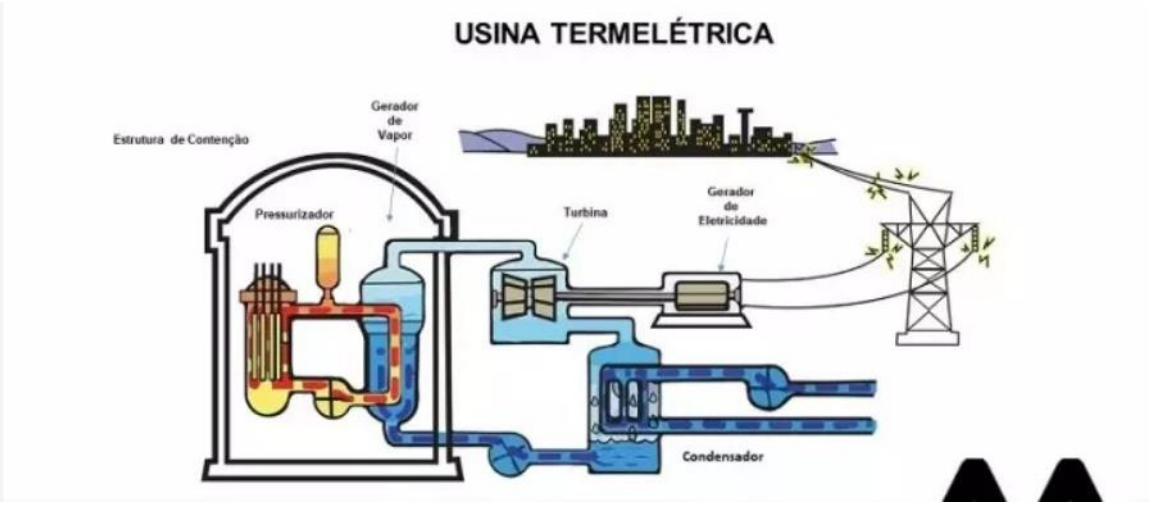
3.3 Disponibilidade de Recursos Energéticos na Zona Rural

A disponibilidade de recursos energéticos em fazendas pode variar significativamente, dependendo da localização geográfica e das condições climáticas da região. Algumas fazendas

podem ter fácil acesso a fontes de energia renovável, enquanto outras podem ter que recorrer a fontes de energia mais convencionais.

Uma das fontes de energia mais comuns em fazendas é o uso de lenha para geracão de energia térmica. Mesmo se tratando de uma fonte renovável segundo o MARTINS *et al*. (2019), o uso de lenha para geração de energia pode ter impactos ambientais significativos, como a degradação de áreas florestais, a perda de biodiversidade e a emissão de gases de efeito estufa. Para minimizar esses impactos, os autores sugerem a utilização de técnicas de manejo florestal sustentável e a adoção de tecnologias mais eficientes na produção e uso da energia gerada a partir da lenha. Além disso, destacam a importância de se buscar alternativas renováveis e menos impactantes ao uso da lenha, como a energia solar e eólica. De acordo com a Associação Brasileira das Indústrias de Biomassa e Energia Renovável ABIB (2021) a geração de energia elétrica a partir da biomassa da madeira é uma forma de energia que consiste na queima da madeira para aquecer uma caldeira com água, transformando a água em vapor. Sob alta pressão, o vapor movimenta uma turbina que, por sua vez, aciona um gerador, produzindo energia elétrica que pode ser injetada na rede como representado na Figura 3.

Figura 3 – Esquema de funcionamento das usinas termelétricas.



Fonte: Mundo da Elétrica (s.d.).

Outra opção para a geração de energia em fazendas é a energia hidrelétrica de pequena escala, também conhecida como micro-hídrica. De acordo com a ABRAPCH - Associação Brasileira de Pequenas Centrais Hidrelétricas e Centrais Geradoras Hidrelétricas (2021) “esses empreendimentos têm, obrigatoriamente, entre 5 e 50 megawatts (MW) de potência e devem ter menos de 13 km² de área de reservatório”.

Além disso, ainda de acordo com a ABRAPCH (2021), ela possui um sistema de geração distribuída, já que pode ser instalada próxima ao local de consumo, diminuindo as perdas na

transmissão de energia elétrica.

Este sistema de geração de energia elétrica utiliza a força da água em pequenos cursos d’ água para gerar eletricidade. O processo funciona através da captação da água de um riacho ou córrego, que é canalizada por meio de uma tubulação até a casa de máquinas da hidrelétrica. A água passa por uma turbina hidráulica, que gira um gerador e produz eletricidade conforme representado na Figura 4.

Figura 4 – Turbina Alterima com 01 rotor.

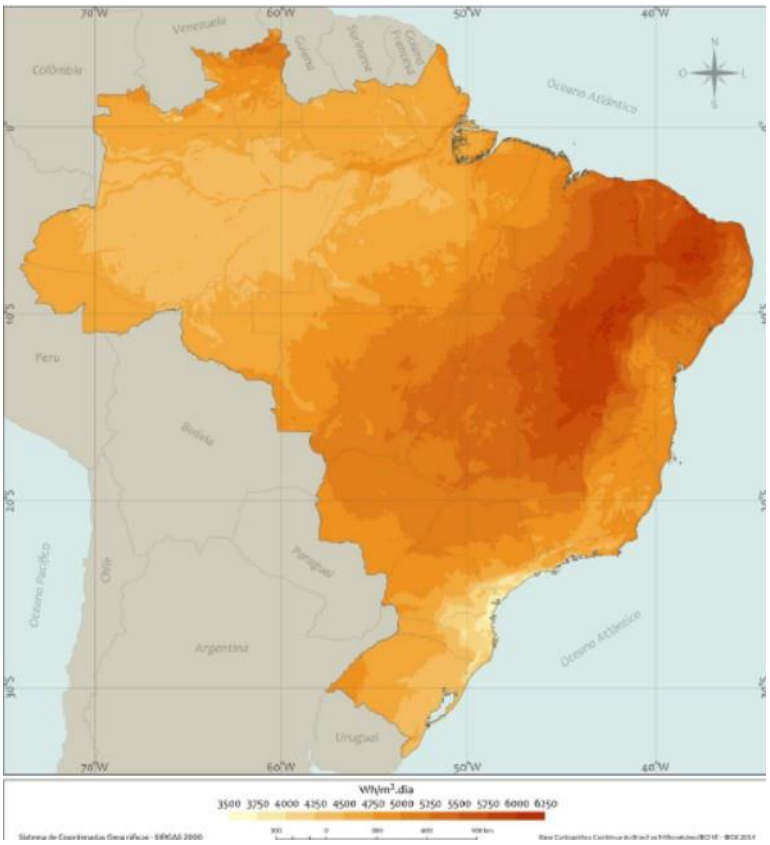
Fonte: ALTERIMA (2022).

Além disso, a energia solar térmica e a energia solar fotovoltaica também são opções viáveis para as fazendas, especialmente em áreas com grande incidência solar. A energia solar fotovoltaica é especialmente útil para as fazendas que possuem conexão com a rede elétrica, permitindo a geração de energia mais limpa e renovável, além de possibilitar a compensação na conta de energia elétrica.

3.4 Energia Solar

A energia solar no Brasil apresenta um enorme potencial, impulsionado pelo seu clima tropical e alta incidência de radiação solar. Sendo um país próximo à linha do equador, a maior parte do território brasileiro recebe altos níveis de radiação solar durante todo o ano. Segundo a ANEEL (2022) no Brasil, a irradiacão solar pode variar em média entre 4 e 6 kWh/m², ou seja, a cada metro quadrado de superfície exposta ao sol, pode-se obter uma quantidade de energia equivalente a 4 a 6 kWh por dia, conforme é possível visualizar na Figura 5.

Figura 5 – Total Diário da Irradiação Global Horizontal (Média Anual).



Fonte: Labren (2017).

Nos últimos anos, o uso de energia solar no Brasil tem crescido significativamente, tornando-se um dos maiores produtores de energia solar na América Latina. De acordo com dados da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica ABSOLAR (2022), a capacidade instalada de energia solar no Brasil cresceu mais de 4.900% entre 2014 e 2021. Em números absolutos, a capacidade instalada saltou de 53 MW em 2014 para mais de 3 GW em 2021. O crescimento foi impulsionado pela redução dos custos de instalação, políticas governamentais favoráveis e a conscientização cada vez maior sobre a importância das fontes de energia renovável.

Há um aumento significativo no número de projetos de energia solar em todo o país, com sua utilização principalmente em áreas remotas ou regiões com limitações de acesso à rede elétrica. No entanto, a redução dos custos de instalação de painéis solares e a implementação de políticas governamentais para incentivar o uso de fontes renováveis de energia também estão tornando a energia solar cada vez mais popular entre empresas e residências urbanas. Segundo o relatório IRENA (2020), os custos de instalação de sistemas de energia solar fotovoltaica em escala de utilidade pública, caíram em média 82% entre 2010 e 2019, enquanto os custos de

instalação em sistemas de energia solar residencial cáıram em média 62% no mesmo período.

3.4.1 Energia Solar em Minas Gerais

Nos últimos anos, a utilização da energia solar em Minas Gerais tem crescido significativamente, devido ao seu clima favorável e grande potencial para a geracão de energia solar. Por meio dos dados da ANEEL (2021), foi possível fazer a Tabela 1 e ter uma maior noção do crescimento da utilização da energia solar no estado.

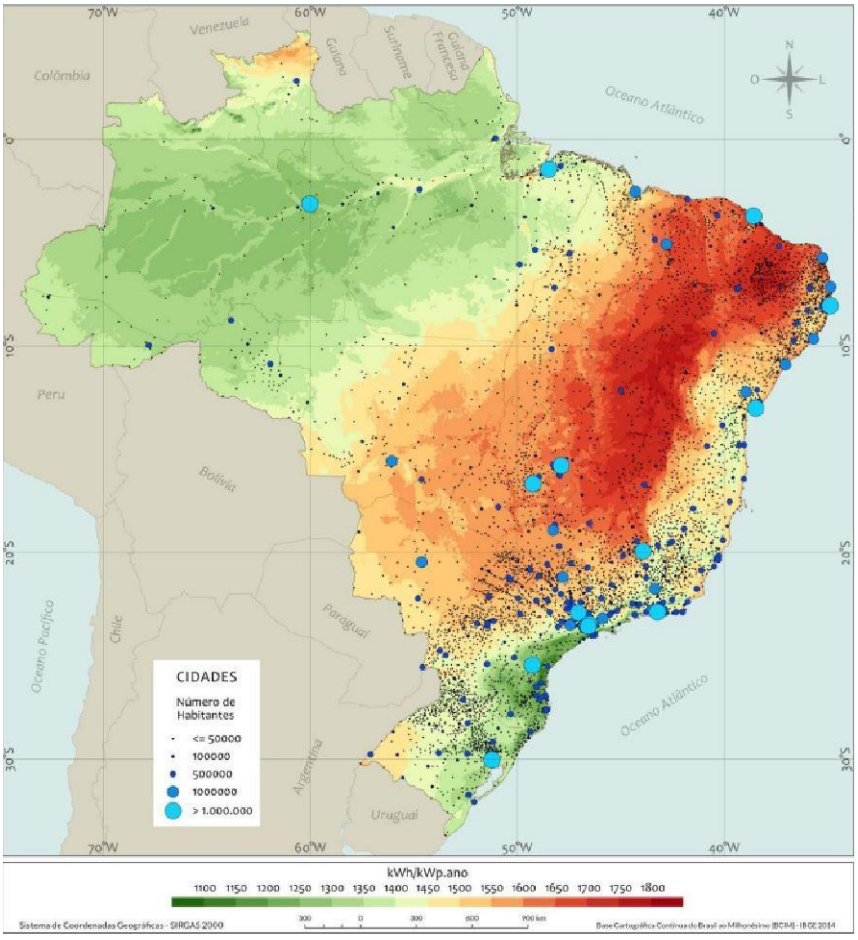
Tabela 1 – Unidades Consumidoras e Aumento Percentual.

Ano	**Unidades Consumidoras**	**% de aumento**
2012	72	-
2013	491	582%
2014	2.925	496%
2015	10.644	264%
2016	26.272	147%
2017	45.354	73%
2018	68.763	52%
2019	110.237	60%
2020	170.043	54%

Fonte: Elaboração Própria.

De acordo com a ANEEL (2022), o estado de Minas Gerais está em segundo lugar no ranking de produção de energia solar fotovoltaica no Brasil com a capacidade instalada de 1.514,67 MW. Ele fica atrás apenas do estado da Bahia que possui uma capacidade instalada de 3.352,48 MW (megawatts). Na Figura 6, é possível analisar o grande potencial do Brasil na geração de energia fotovoltaica.

Figura 6 – Potencial de Geração Solar Fotovoltaica.



Fonte: Labren (2017).

Minas Gerais recebe uma grande quantidade de radiação solar durante todo o ano, o que é altamente benéfico para a geração de energia solar. A região apresenta uma incidência solar média anual de cerca de 1.700 kWh/m², o que é considerado um dos melhores níveis de irradiação solar no Brasil.

Essa alta incidência de radiação solar é resultado da localização geográfica do estado, que fica na Região Sudeste do país e apresenta uma grande área territorial com alta exposição solar. Essas condições climáticas favoráveis permitem que a geração de energia solar em Minas Gerais apresente uma eficiência muito alta, permitindo que os painéis solares gerem eletricidade mesmo em dias nublados. Isso comprova a afirmação de Villalva (2015), que no Brasil, pode-se ter geração de eletricidade em qualquer espaço onde possa ser instalado um painel fotovoltaico.

A Tabela 2 contém os dados da média de irradiação solar no município onde será realizado o estudo de caso de acordo com Labren (2017).

Tabela 2 – Médias do Total Diário da Irradiação Global Horizontal em Oliveira MG (Wh/m²).

Mês	**Média**
Janeiro	5646
Fevereiro	5846
Março	4980
Abril	4722
Maio	4107
Junho	3949
Julho	4203
Agosto	5065
Setembro	5296
Outubro	5457
Novembro	5187
Dezembro	5615
Anual	**5006**

Fonte: Elaboracão Própria.

4. ESTUDO DE CASO: PLANEJAMENTO ENERGÉTICO INTEGRADO NA FAZENDA SONHO VERDE

4.1 Descrição da Fazenda

A fazenda a qual será submetida ao estudo de caso, está localizada no município de Oliveira, no sul de Minas Gerais. Vale ressaltar que todos os equipamentos utilizados para beneficiar o café estão localizados nesta propriedade. Entretanto, o proprietário possui também outros imóveis rurais localizados nos municípios de Oliveira e Lavras.

O imóvel rural sede possui área total de 65 hectares, dos quais 35 estão com plantação de café. No mesmo município, ainda existem outras áreas totalizando 81 hectares de plantio de café. No município de Lavras, existem duas áreas também destinadas à cafeicultura, sendo uma de 30 hectares e a outra com 26 hectares. As áreas juntas somam 172 hectares de terra plantada, com média de produção de 30 sacas de café por hectare. Visando a redução de custos, todos os grãos colhidos são transportados para o imóvel sede, e lá são beneficiados, fazendo com que o proprietário não precise desembolsar um grande quantia de dinheiro para equipar a outra fazenda.

As figuras 7 a 10 mostram a entrada da fazenda sede, juntamente com as imagens feitas com o aplicativo "*Fields Area Measure" (2023)* do perímetro das 3 propriedades.

Figura 7 – Entrada da Fazenda Sonho Verde.

Fonte: Elaboracão Própria.

Figura 8 – Propriedades em Oliveira – MG.

Fonte: *Fields Area Measure* (2023).

Figura 9 – Propriedade em Lavras-MG (Aurora).

Fonte: *Fields Area Measure* (2023).

Figura 10 – Propriedade em Lavras-MG (Patrícia).

Fonte: *Fields Area Measure* (2023).

4.2 Medidas de Eficiência e Conservação de Energia

Eficiência e conservação da energia são dois conceitos interligados e importantes para a sustentabilidade de um empreendimento. Pode-se definir eficiência como a capacidade de realizar uma tarefa com a menor quantidade de recursos possíveis. Já a conservação, é a capacidade de preservar e proteger os recursos naturais. No estudo de caso em questão, utilizaremos algumas medidas de eficiência e conservação de energia, para assim tentar tornar a fazenda Sonho Verde um local mais sustentável e com maior produtividade.

4.3 Consumo de Energia

4.3.1 Consumo de Energia da Fazenda

Por se tratar de uma Fazenda cafeeira, é possivel notar nos dados de consumo de energia mensais do ano de 2021, que na época que acontece a colheita do café, o consumo de energia é extremamente maior do que na época fora da colheita, chegando a ter meses com consumo de 0 kWh. Isto acontece pois os equipamentos só são utilizados quando o café é colhido do pé, e assim começa o beneficiamento do grão. Além disso, 16 funcionários moram na fazenda, e, por este motivo a conta de energia de suas casas vem em conjunto ao consumo dos equipamentos.

Vale ressaltar que para a realização dos cálculos, foi utilizada a conta de energia de um ano com safra média. Com isso, verificou-se um consumo mensal médio em torno de 3400 kWh e desvio padrão de 4015, 02 conforme esboçado na Tabela 3.

Tabela 3 – Consumo M édio da Fazenda.

Mês	**Consumo (kWh)**
Abril	3240
Maio	3120
Junho	0
Julho	3000
Agosto	2920
Setembro	8880
Outubro	2240
Novembro	2280
Dezembro	13680
Janeiro	1440

Fevereiro	0
Março	0

Fonte: Elaboracão Própria.

4.3.2 Consumo de Energia da Casa do Proprietário

Para realização deste trabalho, o proprietário da fazenda solicitiou a adição da conta de energia da sua casa na cidade de Três Pontas, para que assim, ao fim das simulações, caso venha adquirir alguma das alternativas proposta por este trabalho, exista produção de energia suficiente para abastecer tanto os equipamentos da fazenda, quanto de sua casa na cidade.

Com isso, foi adicionado ao consumo total, o consumo de energia de uma casa de 4 pessoas com consumo médio de 331 Kwh/mês e desvio padrão de 34,46 conforme mostra a Tabela 4.

Tabela 4 – Consumo M édio Mensal (kWh).

M ês	**Consumo m édio mensal**
Abril	337
Maio	296
Junho	287
Julho	385
Agosto	317
Setembro	301
Outubro	352
Novembro	317
Dezembro	360
Janeiro	330
Fevereiro	390
Março	301

Fonte: Elaboracão Própria.

- Somando a média do consumo da fazenda e da casa do proprietário, foi encontrado um consumo de aproximadamente 3731 kWh/mês.

4.4 Valor da Tarifa de Energia Elétrica no Setor Rural

Por se tratar de duas contas tarifárias diferentes, foi realizado a média ponderada e depois a média do valor pago pelo kWh, e assim foi possível obter o resultado de aproximadamente R$ 0,70 por kWh.

a) Classe Fazenda: Rural Bifásico / Classe Casa: Trifásico;
b) Subclasse Fazenda : Agropecuária Rural / Subclasse Casa: Residencial;
c) Modalidade Fazenda: Tarifa convencional / Modalidade Casa: Tarifa Convencional;
d) Média com proporção dos valores: R$ 0,70.

4.5 Principais Equipamentos da Fazenda

Por se tratar de uma fazenda produtora de café, todos os equipamentos instalados na mesma são voltadas para o beneficiamento do grão. Vale ressaltar que todos os equipamentos são movidos por motores elétricos, variando apenas a potência de cada motor.

Os tópicos a seguir apresentam uma lista com todos os equipamentos envolvidos no processo, juntamente com suas respectivas imagens, funções, quantidade de motores e suas potências.

- 5 Secadores de café representados nas Figuras 11 e 12 ;

Função: Equipamento utilizado para a seca mecânica de café "*in natura*". Equipamento essencial para a fazenda, levando em consideração que, ao utilizá-lo, obtem-se um tempo da seca do café mais rapido. Aproximadamente 20 dias mais rápido em relação à secagem natural em terreiros.

Motorização: 4 motores monofásicos de 3 CV cada.

Figura 11 – 2 Secadores de Café.

Fonte: Elaboracão Própria.

Figura 12 – 3 Secadores de Café.

Fonte: Elaboracão Própria.

- Roscas de descarga representada na Figura 13;

Função: Descarregar os cafés secos dos secadores de café.

Motorização: A rosca de descarga menor é impulsionada por 1 motor de 3 CV, enquanto a rosca de descarga maior é impulsionado por 1 motor de 5 CV.

Figura 13 – Rosca de Descarga.

Fonte: Elaboração Própria.

- Elevadores representados na Figura 14;

Função: Utilizados para conduzir o café até as carretas de transporte. Motorização: 2 motores de 3 CV cada.

Figura 14 – Elevadores.

Fonte: Elaboração Própria.

- Bica de jogo representada na Figura 15;

Função: Utilizadas para peneirar as impurezas que estão juntas ao café, tais como, pequenas pedras, poeira, pequenos galhos.

Motorização: 2 motores de 3 CV dada.

Figura 15 – Bica de Jogo.

Fonte: Elaboração Própria.

- 1 Catador de pedra representado na Figura 16;

Função: Utilizado para separar grandes pedras que não são descartadas nas bicas de jogo.

Motorização: 1 motor de 10 CV + 1 motor de 5 CV.

Figura 16 – Catador de Pedra.

Fonte: Elaboração Própria.

- 1 Tulha representada na Figura 17;

Função: Guardar o café para descanso.

Motorização: 2 motores de 3 CV cada (Utilizados para descarga e condução do café dentro da tulha).

Figura 17 – Tulha.

Fonte: Elaboração Própria.

- 1 Máquina de descascar café representada na Figura 18;

Função: Utilizada para descascar café em coco e cafés apenas com pergaminho, beneficiando o grão.

Motorização: 2 motores de 12,5 CV + 1 motor de 5 CV + 1 motor de 3 CV + 1 motor de 1 CV.

Figura 18 – Máquina de Descascar café.

Fonte: Elaboração Própria.

- 1 Mesa decimétrica representada na Figura 19;

Função: Separar os cafés inteiros dos cafés quebrados e impurezas resultantes do benefício do grão.

Motorização: 1 motor de 5 CV + 3 motores de 3 CV + 1 motor de 1 CV.

Figura 19 – Mesa Decimétrica.

Fonte: Elaboração Própria.

- 1 Lavador de café representado na Figura 20;

Função: Utilizado para separação de grãos verdes, maduros e chochos.

Motorização: 3 motores de 3 CV.

Figura 20 – Lavador de Café.

Fonte: Elaboração Própria.

- 1 Máquina de descascar café cereja representada na Figura 21;

Função: Utilizada para retirada da casca e mucilagem do café. Este equipamento destina-se a produção de cafés especiais denonimados “Cereja descascado”.

Motorização 1 motor de 7,5 CV + 1 motor de 5 CV + 1 motor de 1 CV.

Figura 21 – Máquina de Descascar Café Cereja.

Fonte: Elaboração Própria.

- 1 Centrífuga representada na Figura 22;

Função: Retirar o excesso de água dos grãos, após a descasca dos mesmos.

Motorização: 1 motor de 5 CV.

Figura 22 – Centrífuga.

Fonte: Elaboração Própria.

4.5.1 Potência dos Equipamentos em Watts

Para realização da curva de carga da fazenda, é necessário transformar a potência dos equipamentos de “CV”para “Watts”. Os dados em *Watts* estão disponíveis na Tabela 5.

Tabela 5 – Potência dos Equipamentos da Fazenda.

Potência (Watts)	**Equipamento**
8800	Secador de Café
3700	Rosca de Descarga
2200	Rosca de Descarga
4400	Elevador
4400	Bica de jogo
11000	Catador de Pedra
4400	Tulha
25000	Máquina de descascar café
11000	Mesa Decim étrica
6600	Lavador de café
10000	Descascador de café cereja
3700	Centrífuga
875	Casas Funcionários (16 pessoas)
460	Casa pessoal

Fonte: Elaboracão Própria.

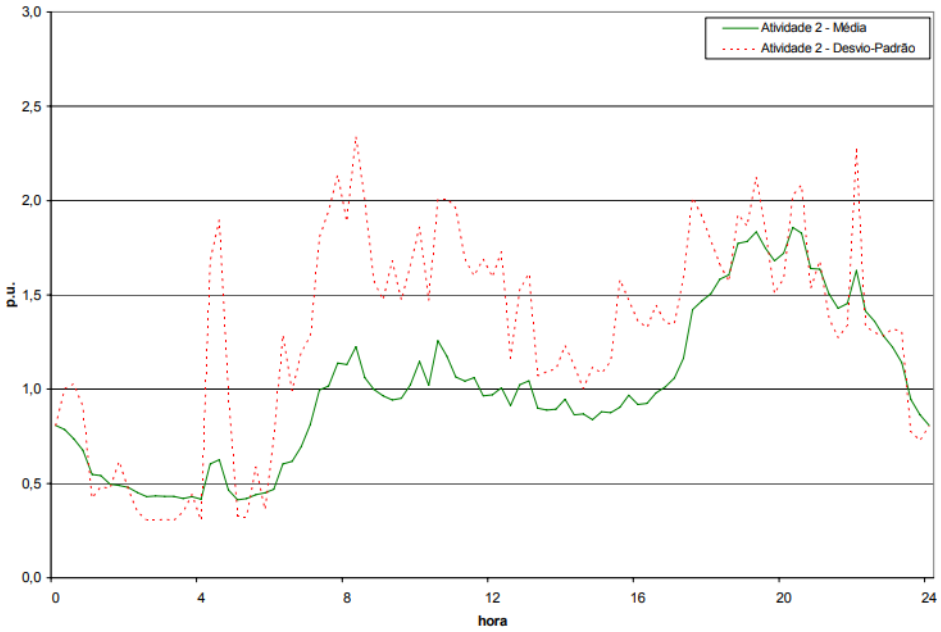
4.6 Estimativa da Curva de Carga Total

4.6.1 Curva de Carga Casa Residencial

Para consolidar apenas uma curva de carga, juntando o consumo da fazenda e o da

residência do proprietário, iremos usar a curva de carga padrão para distribuir o consumo de energia da casa residencial. A Figura 23 mostra como se deve distribuir o consumo de uma casa que utiliza entre 201 a 400 kWh/Mês.

Figura 23 – Curva de Carga Residencial-(201 a 400) kWh/M ês.

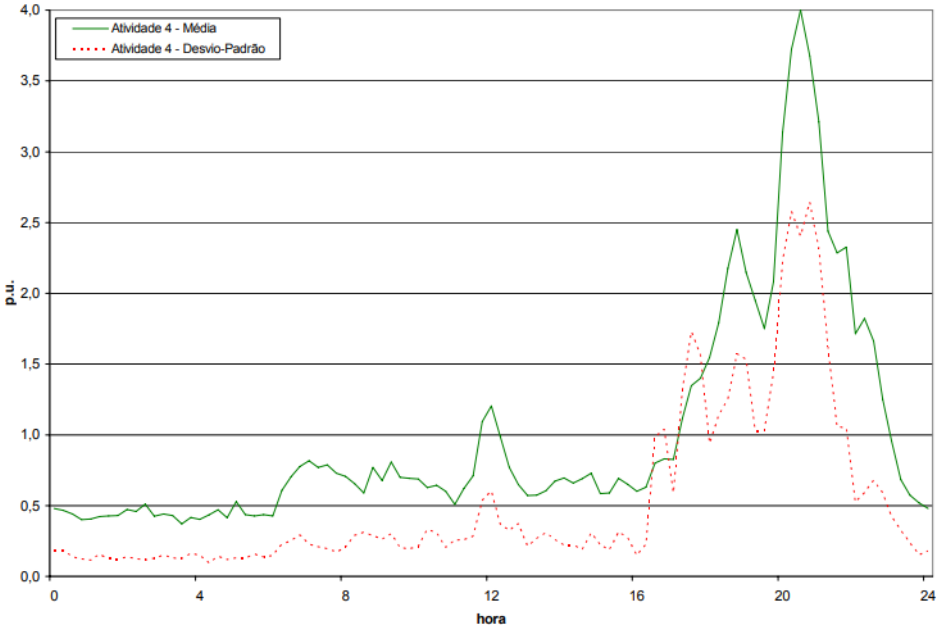


Fonte: Leal (2006).

4.6.2 Curva de Carga Casa Funcionários

Foi preciso também distribuir o consumo de energia da casa dos funcionários que residem na fazenda, através da curva de carga padrão para aquele tipo de residência. A Figura 24 mostra como se deve distribuir o consumo de uma casa que utiliza mais de 500 kWh/Mês.

Figura 24 – Curva de Carga Residencial Acima de 500 kWh/M ês.

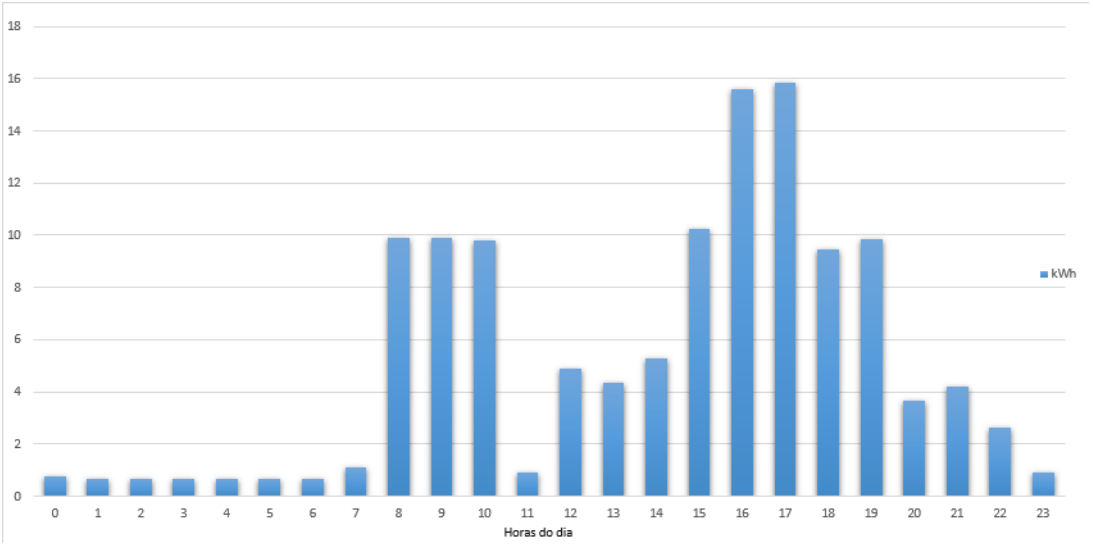


Fonte: Leal (2006).

4.6.3 Curva de Carga Final

Após realizada a distribuição do consumo de acordo com o período de utilização dos equipamentos, a distribuição de consumo da casa residencial do proprietário e a distribuição da casa dos funcionários da fazenda Sonho Verde, foi possível obter a curva de carga aproximada total, conforme está representada na Figura 25, cujo eixo vertical representa o consumo, em kW, e o eixo horizontal o período do dia, em horas.

Figura 25 – Curva de Consumo da Fazenda.



Fonte: Elaboração Própria.

5. CENÁRIOS ENERGÉTICOS ELABORADOS NO HOMER PRO

5.1 HOMER PRO

Para auxiliar na elaboração dos diferentes possíveis cenários utilizaremos o *software* HOMER PRO (2022). Este *software* é utilizado para gestão de projetos de energia. Sua função principal é auxiliar os profissionais do setor a realizar o projeto, dimensionamento, simulação, orçamentação e documentação de diferentes sistemas implantados. Ele consegue examinar todas as combinações possíveis de tipos de sistemas em uma única execução, e então classifica-os de acordo com variável de otimização.

Abaixo seguem algumas vantagens que serão adquiridas pela escolha do uso do *software*:

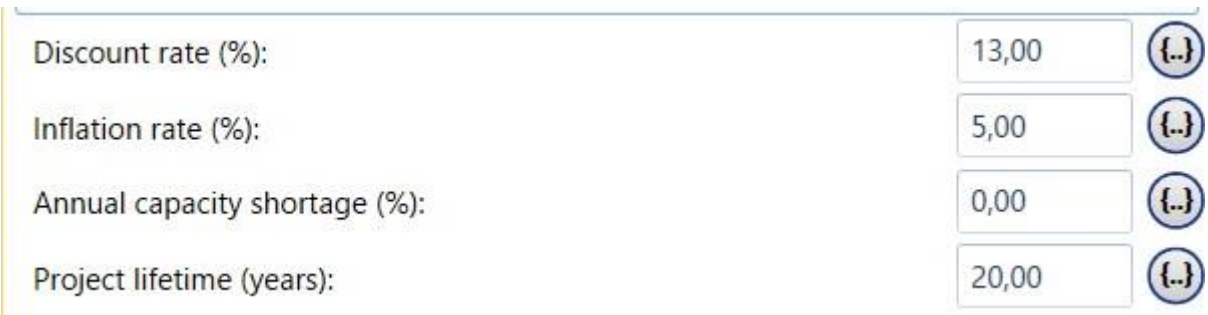
- Cálculo do dimensionamento do sistema solar fotovoltaico;
- Simulação do desempenho energético do sistema em diferentes condições de operação e com diferentes tipos de geração de energia (Rede elétrica, Gerador à diesel e fotovoltaica);

5.2 Configuração do HOMER PRO

5.2.1 Parâmetros Econômicos Iniciais

Para dar início as simulações no *software*, deve-se preencher quais são as variáveis iniciais do projeto que será realizado conforme representado na Figura 26. Vale ressaltar que esses parâmetros econômicos variam dependendo do país que está sendo realizado o projeto, por este motivo levaremos em conta os parametros médios do Brasil que foram retirados do Boletim Focus (2022), na época da realização do trabalho.

Figura 26 – Variáveis Iniciais no *Software* HOMER PRO.



Fonte: Elaboracão própria a partir do HOMER PRO.

- Taxa de desconto anual: 13%;
- Inflação anual: 5%;
- Escassez anual de capacidade: 0%;
- Vida útil do projeto: 20 anos.

5.2.2 Carga Elétrica

Após preenchimento dos parâmetros econômicos, deve-se preencher os valores da curva de carga da fazenda encontrada no capítulo 4.6.3. Por meio da curva de carga estimada, é possível encontrar os seguintes resultados representados na Figura 27:

Figura 27 – Carga elétrica média.

Metric	Baseline	Scaled
Average (kWh/d)	123,33	123,33
Average (kW)	5,14	5,14
Peak (kW)	26,14	26,14
Load Factor	,2	,2

Fonte: Elaboracão própria a partir do HOMER PRO.

- Média (kWh/dia): 123,33;
- Média (kW/hora): 5,14;
- Pico (kW): 26,14;
- Fator de carga: 0,2.

5.2.3 Possibilidades de Suprimento Energético

Após preenchido os valores numéricos, deve-se inserir no *software* quais são as diferentes fontes de energia que queremos simular, para conseguir assim, averiguar qual deles terá maior eficiência em relação ao custo-benefício.

Levando em consideração a localização e o espaço disponível para instalação, foi acordado com o proprietário da fazenda a simulacão de 3 distintas fontes de energia:

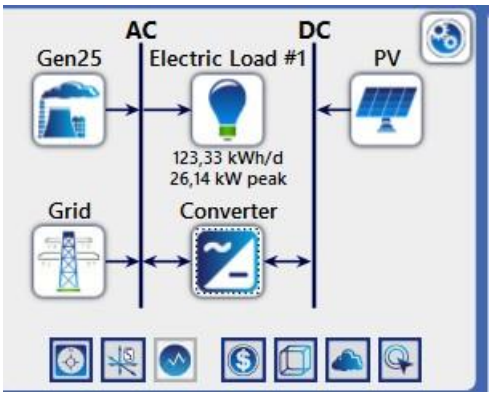
- Rede da Concessionária Distribuidora (Já utilizada);
- Energia solar (Painéis fotovoltaicos);
- Gerador à diesel.

Vale ressaltar que para a simulação acontecer da maneira correta, deve-se adicionar

também um conversor de energia (AC/DC) no sistema.

A Figura 28 mostra como as diferentes formas de suprimento energético e o conversor são representados dentro do modelo HOMER PRO.

Figura 28 – Diagrama Esquemático do Sistema Energético Modelado.



Fonte: Elaboração própria a partir do HOMER PRO.

5.3 Cenário de Referência

O Cenário de Referência, será a simulação no *software* de como o processo acontece nos dias atuais na Fazenda Sonho Verde, ou seja, utilizando apenas da rede elétrica (Cemig), como forma de fornecimento de energia para os equipamentos.

Além disso, será levado em consideracão as seguintes premissas:

1. Custo do kWh proveniente da rede = R$ 0,70;
2. Emissão : 100 g/kWh de CO2;
3. Conversor com capacidade de 1 kW e eficiência de 95%;
4. Carga elétrica com média : 123,33 kWh/d e pico 26,14 kW.

5.3.1 Resultados da Simulação (Cenário de Referência)

Realizada a simulação no HOMER PRO, foi possível obter todos os resultados necessários dos custos iniciais, valores da operação durante 1 ano e durante todo o ciclo de vida do projeto, e por fim o valor do kWh gerado por este sistema (Figura 29).

Figura 29 – Resultados do Cenário de Referência.

PV (kW)	Gen25 (kW)	Grid (kW)	Converter (kW)	Dispatch	COE (R$)	NPC (R$)	Operating cost (R$/yr)	Initial capital (R$)	Ren Frac (%)
31,0		999.999	20,2	CC	R$ 0,217	R$ 151.118	R$ 1.923	R$ 131.688	65,3
31,0	25,0	999.999	20,2	CC	R$ 0,266	R$ 185.190	R$ 940,49	R$ 175.688	65,3
		999.999		CC	R$ 0,700	R$ 318.349	R$ 31.511	R$ 0,00	0
	25,0	999.999		CC	R$ 0,775	R$ 352.420	R$ 30.528	R$ 44.000	0

Fonte: Elaboracão própria a partir do HOMER PRO.

1. Custo inicial: Por não precisar de nenhum investimento, consideramos o custo inicial igual a R$ 0,00;
2. Custo da operação: Aproximadamente R$ 31.511,00 seriam gastos por ano com compra de energia da concessionária de energia (Cemig);
3. Custo durante a vida útil do projeto: R$ 318.349,00. Vale ressaltar que este valor representa todos os custos de instalacão e operação, subtraídos dos valores das receitas obtidas durante a vida útil do projeto;

Custo da energia elétrica: R$ 0,70 é o valor do kWh produzido por este sistema.

5.4 Cenário Diesel

Seguindo com a próxima simulacão, desta vez será realizada uma mudança em relação ao cenário de referência. Será adicionado ao projeto um gerador à diesel para auxiliar na produção de energia para abastecimento dos equipamentos.

Abaixo seguem as premissas utilizadas nesta simulacão:

1. Custo do kWh proveniente da rede : R$ 0,70;
2. Emissão : 100 g/kWh de CO2;
3. Conversor com capacidade de 1 kW e eficiência de 95%;
4. Carga elétrica com média de 123,33 kWh/d e pico 26,14 kW;
5. Gerador à diesel com capacidade de 25 kW e valor do litro do diesel R$ 7,00.
6. Valor de compra do gerador : R$ 44.000,00.

5.4.1 Resultados da Simulação (Cenário Diesel)

Com todas as premissas preenchidas, foi possível rodar a simulação, e assim obter os seguintes resultados representados na Figura 30.

Figura 30 – Resultados do Cenário Diesel.

PV (kW)	Gen25 (kW)	Grid (kW)	Converter (kW)	Dispatch	COE (R$)	NPC (R$)	Operating cost (R$/yr)	Initial capital (R$)	Ren Frac (%)
31,0		999.999	20,2	CC	R$ 0,217	R$ 151.118	R$ 1.923	R$ 131.688	65,3
31,0	25,0	999.999	20,2	CC	R$ 0,266	R$ 185.190	R$ 940,49	R$ 175.688	65,3
		999.999		CC	R$ 0,700	R$ 318.349	R$ 31.511	R$ 0,00	0
	25,0	999.999		CC	R$ 0,775	R$ 352.420	R$ 30.528	R$ 44.000	0

Fonte: Elaboracão própria a partir do HOMER PRO.

1. Custo inicial: R$ 44.000,00, advindo da aquisição do Gerador à diesel;
2. Custo de operação: Aproximadamente R$ 30.528,00 seriam gastos em 1 ano;
3. Custo durante a vida útil do projeto: R$ 352.420,00 reais seriam gastos. Ressaltando que este valor representa todos os custos de instalacão e operação, subtraídos dos valores das receitas obtidas durante a vida útil do projeto.

4. Valor da kWh: R$ 0,775 é o valor do kWh produzido por este sistema.

5.5 Cenário Diesel + Fotovoltaico

Neste cenário, além da rede da concessionária distribuidora (Cemig), e do gerador à diesel, também será adicionado as placas fotovoltaicas ao sistema, para que assim o modelo tenha também o auxílio da energia solar no fornecimento de energia para os equipamentos da fazenda Sonho Verde.

Sendo assim, seguem as premissas do cenário.

1. Custo do kWh proveniente da rede : R$ 0,70;
2. Emissão : 100 g/kWh de CO2;
3. Conversor com capacidade de 1 kW e eficiência de 95%;
4. Carga elétrica com média de 123,33 kWh/d e pico 26,14 kW;
5. Gerador a Diesel com Capacidade de 25 KW e valor do litro do diesel R$ 7,00.
6. Valor de compra do gerador : R$ 44.000,00;
7. Painel fotovoltaico: Capacidade 1 kW, R$ 3.600,00 por painel comprado, e R$ 18,00 de manutenção/ano.

5.5.1 Resultados da Simulação (Cenário Diesel + Fotovoltaica)

Adicionando as premissas ao HOMER PRO, foi possível obter os resultados do terceiro cenário simulado representados na Figura 31.

Figura 31 – Resultados do Cenário Diesel + Fotovoltaica.

PV (kW)	Gen25 (kW)	Grid (kW)	Converter (kW)	Dispatch	COE (R$)	NPC (R$)	Operating cost (R$/yr)	Initial capital (R$)	Ren Frac (%)
31,0		999.999	20,2	CC	R$ 0,217	R$ 151.118	R$ 1.923	R$ 131.688	65,3
31,0	25,0	999.999	20,2	CC	R$ 0,266	R$ 185.190	R$ 940,49	R$ 175.688	65,3
		999.999		CC	R$ 0,700	R$ 318.349	R$ 31.511	R$ 0,00	0
	25,0	999.999		CC	R$ 0,775	R$ 352.420	R$ 30.528	R$ 44.000	0

Fonte: Elaboracão própria a partir do HOMER PRO.

1. Custo inicial: R$ 175.688,00, advindo da aquisição do Gerador à Diesel e dos painéis fotovoltaicos;
2. Custo de operação: Aproximadamente R$ 940,49 seriam gastos em 1 ano;
3. Custo durante a vida útil do projeto: R$ 185.190,00. Ressaltando que este valor representa todos os custos de instalação e operação, subtraídos dos valores das receitas obtidas durante a vida útil do projeto;
4. Valor da kWh: R$ 0,266 é o valor do kwH produzido por este sistema.

5.6 Cenário Fotovoltaica

Neste cenário, serão utilizadas como fontes de fornecimento de energia para os equipamentos, rede da concessionária distribuidora (Cemig), juntamente com as placas fotovoltaicas.

As premissas para este cenário serão as seguintes:

1. Custo do kWh proveniente da rede : R$ 0,70;
2. Emissão : 100 g/kWh de CO2;
3. Conversor com capacidade de 1 kW e eficiência de 95%;
4. Carga elétrica com média de 123,33 kWh/d e pico 26,14 kW;
5. Painel fotovoltaico: Capacidade de 1 KW, R$ 3.600,00 por painel comprado, e R$ 18,00 de manutenção/ano.

5.6.1 Resultados da Simulação (Cenário Fotovoltaica)

Com as premissas descritas, foi possível obter o resultado do quarto cenário simulado, representados na Figura 32.

Figura 32 – Resultados do Cenário Fotovoltaica.

PV (kW)	Gen25 (kW)	Grid (kW)	Converter (kW)	Dispatch	COE (R$)	NPC (R$)	Operating cost (R$/yr)	Initial capital (R$)	Ren Frac (%)
31,0		999.999	20,2	CC	R$ 0,217	R$ 151.118	R$ 1.923	R$ 131.688	65,3
31,0	25,0	999.999	20,2	CC	R$ 0,266	R$ 185.190	R$ 940,49	R$ 175.688	65,3
		999.999		CC	R$ 0,700	R$ 318.349	R$ 31.511	R$ 0,00	0
	25,0	999.999		CC	R$ 0,775	R$ 352.420	R$ 30.528	R$ 44.000	0

Fonte: Elaboracão própria a partir do HOMER PRO.

1. Custo inicial: R$ 131.688,00, advindo da aquisição dos painéis fotovoltaicos.
2. Custo de operação: Aproximadamente R$ 1.923,00 reais seriam gastos em 1 ano.
3. Custo durante a vida útil do projeto: R$ 151.118. Ressaltando que este valor representa todos os custos de instalação e operação, subtraídos dos valores das receitas obtidas durante a vida útil do projeto.
4. Valor da kWh: R$ 0,217 é o valor do kWh produzido por este sistema.

5.7 Cenário Troca de Equipamentos

Como último cenário das simulações realizadas neste estudo de caso, além das diferentes formas de geração de energia, será simulado um cenário no qual o proprietário realizaria a troca de alguns equipamentos da fazenda, visando o menor consumo de energia e, consequentemente, diminuir os custos com energia tendo a mesma produtividade.

Para isso, foi realizada uma reunião com o proprietário da fazenda, juntamente com um

especialista em máquinas de beneficiamento de café, para saber quais equipamentos poderiam ser trocados sem perder a mesma eficiência do processo.

Foi possível identificar 3 possíveis mudanças de equipamentos, os quais conseguiriam assim reduzir o consumo de energia da fazenda, mantendo a mesma produtividade.

a) A primeira mudança proposta seria trocar o lavador de café o qual utiliza 3 motores de 3 CV cada, por um peneirão que faz a limpeza sem água e utiliza apenas um motor de 3 CV. Redução de 2/3 no consumo de energia neste processo.

b) Como segunda mudança, foi proposto a troca de elevadores simples que utilizam 1 motor de 3 CV cada por elevadores duplos ou triplos que utilizam o mesmo motor de 3 CV. Redução de 50% no consumo de energia neste processo;

c) Por fim, a última mudança proposta foi a troca da máquina de descascar café que antes possuia dois eixos (1 para cada descascador) por uma máquina com eixo único. Desta forma, será necessário apenas 1 motor de 12,5 CV + 1 motor de 3 CV para o levador. Redução de mais de 50% do consumo de energia neste processo.

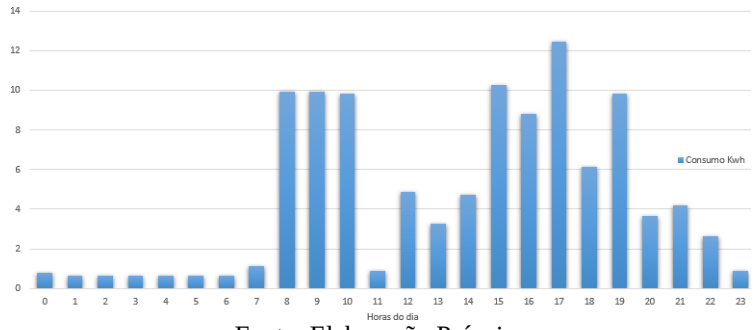
Devido às mudanças dos equipamentos, para simulação do cenário no HOMER PRO foi redefinida a curva de carga que inclui a demanda dos equipamentos da fazenda. A Tabela 6 mostra as potências dos equipamentos após as mudanças e a Figura 33 a nova curva de carga.

Tabela 6 – Potência dos Equipamentos Após Mudanças.

Equipamento	**Potência (Watts)**
Secador de Café	8800
Rosca de Descarga (Caixa de cima)	3700
Rosca de Descarga (Caixa de baixo)	2200
Elevador	2200
Bica de Jogo	4400
Catador de Pedra	11000
Tulha	4400
Máquina de Descascar Café	11400
Mesa Decimétrica	11000
Peneirão de Café	2200
Descascador de Café Cereja	10000
Centrífuga	3700
Casas Funcionários (16 pessoas)	875
Casa pessoal	460

Fonte: Elaboracão Própria.

Figura 33 – Curva de Carga após mudança de equipamentos.



Fonte: Elaboracão Própria.

Com a nova tabela de potência dos equipamentos e curva de carga da fazenda prontos, já é possível adicionar as premissas no *software* para assim simular o novo cenário com as diferentes formas de geração de energia em conjunto com a troca dos equipamentos.

1. Custo do kWh proveniente da rede: R$ 0,70;
2. Emissão: 100 g/kWh de CO2;
3. Conversor com capacidade de 1 kW e eficiência de 95%;
4. Carga elétrica com média de 108,17 kWh/d e pico 22,93 kW;
5. Gerador a Diesel: Capacidade de 25 kW e valor do litro do diesel R$ 7,00. Valor de compra R$ 44.000,00;
6. Painel fotovoltaico: Capacidade 1 kW, R$ 3.600,00 por painel comprado, e R$18,00 de manutenção/ano.

5.7.1 Resultados da Simulação (Cenário Troca de Equipamentos)

Pode-se observar que o mesmo padrão foi mantido em relação aos resultados obtidos nas simulações antes das mudanças, ou seja, os cenários que haviam apresentado o melhor desempenho, ainda se mantiveram com resultado superior em relação aos demais. Porém, com a troca dos equipamentos a demanda de energia diminuiu, e por este motivo os custos iniciais e os custos totais do projeto também diminuíram.

Entretanto, para realizar as mudanças propostas, seria necessária a compra dos equipamentos novos. Fazendo pesquisas em lojas e comércios de equipamentos agrícolas, para a compra de todos os equipamentos necessários e mais a mão de obra para instalação dos mesmos, o proprietário teria que desembolsar aproximadamente R$ 19.500,00.

Será utilizado como resultado do “Cenário Troca de Equipamentos” a simulação que teve melhor desempenho, ou seja, utilizando a rede da concessionária distribuidora (Cemig)

juntamente com as placas fotovoltaicas. A partir disso obtem-se o seguinte resultado representado na Figura 34.

Figura 34 – Resultado do Cenário Trocas de Equipamentos.

PV (kW)	Gen25 (kW)	Grid (kW)	Converter (kW)	Dispatch	COE (R$)	NPC (R$)	Operating cost (R$/yr)	Initial capital (R$)	Ren Frac (%)
26,5		999.999	19,6	CC	R$ 0,221	R$ 133.285	R$ 1.805	R$ 115.050	66,4
26,5	25,0	999.999	19,6	CC	R$ 0,278	R$ 167.356	R$ 822,18	R$ 159.050	66,4
		999.999		CC	R$ 0,700	R$ 279.243	R$ 27.640	R$ 0,00	0
	25,0	999.999		CC	R$ 0,785	R$ 313.314	R$ 26.657	R$ 44.000	0

Fonte: Elaboracão própria a partir do HOMER PRO.

1. Custo inicial: R$ 115,050,00 advindo da aquisição dos painéis fotovoltaicos e R$ 19.500,00 do custo dos novos equipamentos e da instalação. Totalizando R$ 134.550,00;
2. Custo de operação: Aproximadamente R$ 1.805,00 reais seriam gastos em 1 ano;
3. Custo durante a vida útil do projeto: R$ 152.785,00 reais seriam gastos. Ressaltando que este valor representa todos os custos de instalacão e operação, subtraídos dos valores das receitas obtidas durante a vida útil do projeto;
4. Valor da kWh: R$ 0,221 é o valor do kWH produzido por este sistema

5.8 Comparativo de Todos os Cenários

Após todas as simulações concluídas, é possível realizar a compilação de todos os resultados e colocá-los juntos em uma tabela (Figura 35), para que assim seja mais fácil de realizar a análise e assim tirar as devidas conclusões juntamente com o proprietário da fazenda Sonho Verde.

Figura 35 – Comparativo de Todos os Resultados.

Cenários	Custo Inicial	Custo de Operação(1 ano)	Custo Durante Vida Útil	Valor do kWh
Referência	R$ -	R$ 31.511,00	R$ 318.349,00	R$ 0,700
Diesel	R$ 44.000,00	R$ 30.528,00	R$ 352.420,00	R$ 0,775
Diesel + Fotovoltaico	R$ 175.688,00	R$ 940,49	R$ 185.190,00	R$ 0,266
Fotovoltaico	R$ 131.688,00	R$ 1.923,00	R$ 151.118,00	R$ 0,217
Troca de equipamentos	R$ 134.550,00	R$ 1.805,00	R$ 152.785,00	R$ 0,221

Fonte: Elaboração Própria.

O primeiro cenário, o qual pode-se dizer que ainda é o predominante na maioria das propriedades rurais por se tratar de um método tradicional e que não necessita de investimento inicial, teve um resultado ruim se comparado com os três ultimos cenários.

Entretanto ainda assim se mostrou mais eficiente e sustentável que o cenário dois, que por sua vez precisa de um investimento médio inicial, porém que não traz um bom retorno, tendo em vista que o valor de kWh final ficou mais caro que o cenário considerado “tradicional” e ainda assim acaba tendo uma poluição maior para o meio ambiente, com os gases soltos pelo gerador à diesel.

Passando para o terceiro cenário, logo percebe-se que o investimento inicial é muito alto se comparado com os demais, porém analisando seus resultados, é possivel ver uma melhora significativa no valor final do kWh, descendo de R$ 0,70 do cenário referência para R$ 0,266. Entretanto ele ainda apresenta o mesmo problema do segundo cenário, que seria a poluição por causa dos gases soltos na atmosfera pelo gerador à diesel.

Já o quarto e quinto cenário, são disparadamente os que apresentaram os melhores resultados, e isso se deve ao fato de ambos terem como principal meio de suprimento energético, a energia solar fotovoltaica. É possível afirmar que ambos os cenários podem ser considerados a “melhor escolha”, tudo depende do tempo que o projeto será sendo analisado. Durante a vida útil das simulações elaboradas, o cenário “Fotovoltaica” obteve um melhor desempenho devido ao custo inicial menor. Entretanto, como o cenário “Troca de Equipamentos”tem uma demanda de energia muito menor que o cenário “Fotovoltaica”, caso a simulação acontecesse por mais alguns anos, é possível que ele se tornasse o cenário com a melhor performance.

6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme visto na introdução deste trabalho, não é de hoje que o mundo está em busca de formas mais sustentáveis e eficientes de se gerar energia para o uso no dia a dia, seja para atividades simples, como o carregamentos de aparelhos telefônicos, ou mesmo para grandes estabelecimentos ou propriedades rurais.

Por este motivo, o planejamento energético integrado se torna indispensável, levando em consideração que ao utilizar esta ferramenta, é possível analisar de forma holística e sistêmica todo o sistema energético de uma região ou país, identificando as interações entre oferta e demanda, além de avaliar os impactos ambientais, sociais e econômicos envolvidos. Com isso, é possível estabelecer metas e estratégias que busquem a sustentabilidade energética, garantindo um equilíbrio entre o crescimento econômico e a preservação do meio ambiente.

A ferramenta utilizada para realizar o Planejamento Energético Integrado neste estudo, foi o modelo HOMER PRO. Com ele foi possível realizar a elaboração de cenários, utilizando diferentes formas de suprimentos energéticos para a fazenda de forma rápida e eficiente, apresentando em seu resultado final, valores que ajudaram na definição de qual das opções se encaixava melhor na realidade do proprietário, levando em consideração o custo por kWh, investimento inicial necessário, custo de operação e custo durante a vida útil pensando na parte econômica do projeto, e também podendo ser analisada pela parte de sustentabilidade, com dados que mostram quais cenários são menos prejudiciais para o meio ambiente.

Com base em tudo que foi dito nos capítulos anteriores, é evidente que a energia solar fotovoltaica vem ganhando cada vez mais espaço na matriz energética mundial. Essa tendência se deve principalmente aos benefícios que essa fonte de energia oferece, como a redução de custos na conta de energia elétrica, a independência energética e a contribuição para a preservação do meio ambiente. Além disso, a tecnologia dos painéis solares tem avançado significativamente, tornando-os mais eficientes e acessíveis.

Em relação ao estado de Minas Gerais, mais especificamente na cidade de Oliveira, onde foi realizado o estudo, é importante destacar a boa incidência de irradiação solar com média de 5,06 kW/m2 por dia, ficando bem a frente de muitos países que são líderes na produção de energia solar, como a Alemanha.

Em relação as simulações, foi possível concluir que o cenário “fotovoltaico”, obteve o melhor desempenho e se mostrou o mais efetivo durante o tempo estipulado como vida útil do projeto.

Portanto, conclui-se que a implantação de um sistema solar fotovoltaico na fazenda

cafeeira Sonho Verde localizada na cidade de Oliveira é viável tanto tecnicamente quanto financeiramente analisando o médio/longo prazo e se mostra como uma forma extremamente oportuna de conciliar economia, eficiência e sustentabilidade com o meio ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMOVAY, R. *Muito Além da economia verde*. [S.l.]: Editora Abril São Paulo, 2012.

ABRAPCH Associação Brasileira de Pequenas Centrais Hidrelétricas e Centrais Geradoras Hidrelétricas. *O que são PCHs e CGHs?* 2021. <https://abrapch.org.br/o-setor/ o-que-sao-pchs-e-cghs/>. Acesso em: 24 abril 2023.

Agência Internacional de Energia AIE. *Integração do Sistema Energético*. 2021. <https://www.iea.org/reports/integration-of-energy-systems>. Acesso em: 25/04/2023.

ALTERIMA. *GERADORES ALTERIMA*. 2022. Acessado em 24 de abril de 2023. Disponível em: <https://www.alterima.com.br/solucoes/1/geradores-alterima>.

ANEEL. *Geração Distribuída*. 2021. <https://www.gov.br/aneel/pt-br/ centrais-de-conteudos/relatorios-e-indicadores/geracao>. [Online; accessed 25-April2023].

ANEEL. *Atlas Brasileiro de Energia Solar*. 2022. Acessado em 24 de abril de 2023. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/atlas-brasileiro-de-energia-solar>.

Associação Brasileira das Indústrias de Biomassa e Energia Renovável ABIB. *Biomassa florestal*. 2021. Disponível em: <http://www.abib-bioenergia.org.br/biomassa-florestal>.

Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica ABSOLAR. *Informe Energia Solar Fotovoltaica Brasil e Mundo*. 2022. Acessado em 24 de abril de 2023. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/informes-e-pesquisas>.

AZEVEDO, D. B. d.; MALAFAIA, G. C.; CAMARGO, M. E. Análise do comportamento do consumo energético no setor agropecuário. *Revista de Política Agrícola*, v. 16, n. 3, p. 49–57, 2007.

CEPEA, C. de Estudos Avançados em E. A. *PIB do agronegócio brasileiro*. 2021. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx#:˜:text=Considerando\%2Dse\%20os\%20desempenhos\%20parciais,de\%20P

IB\%20alcan\%C3\%A7ado\%20em\%202021>.

Empresa de Pesquisa Energética. *Balanço Energético Nacional 2021: Ano base 2020*. 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/ publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-596/BEN2021.pdf>.

EVERETT, R. *et al*. *Energy systems and sustainability: power for a sustainable future*. [S.l.]: Oxford Univerity Press, 2012.

FARIAS, T. L. *et al*. Trabalho de Conclusão de Curso, *Uma Análise do PROINFA como Instrumento de Incentivo às Energias Renováveis*. Florianópolis: [s.n.], 2014.

Fields Area Measure. *Fields Area Measure*. 2023. Disponível em: <https://play.google. com/store/apps/details?id=com.planimeter.fieldsareameasure&hl=en US>.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. In: *M étodos e técnicas de pesquisa social*. [S.l.: s.n.], 2008.

HOMER PRO. *HOMER Pro*. 2022. Disponível em: <https://www.homerenergy.com/ products/homer-pro/>.

IMHOFF, J. et al. Desenvolvimento de conversores estáticos para sistemas fotovoltaicos autônomos. Universidade Federal de Santa Maria, 2007.

IRENA. *Renewable Energy Costs*. [S.l.], 2020. Disponível em: <https://www.irena.org/ publications/2020/Jun/Renewable-Power-Costs-in-2019>.

LABREN, I. N. de Pesquisas Espaciais (INPE) Laboratório de Energia e R. N. *Atlas Brasileiro de Energia Solar*. 2017. Disponível em: <http://labren.ccst.inpe.br/atlas 2017. html>.

Leal, A. G. *Sistema para determinação de perdas em redes de distribuição de energia elétrica utilizando curvas de demanda típicas de consumidores e redes neurais artificiais*. 2006. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/ tde-18042007-153132/publico/TeseDoutorado LealFinal.pdf>.

MARTINS, A. et al. Avaliação dos impactos ambientais do uso de lenha na geração de energia. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 14, n. 2, p. 312–319, 2019.

Ministério de Minas e Energia - MME. *Relatório Anual de Gestão*. 2020. <https://www.gov.br/mme/pt-br/acesso-a-informacao/relatorios-anuais-de-gestao/ relatorios-anuais-de-gestao-2020>. Acesso em: 23 de Abril de 2023.

Mundo da Elétrica. *Usinas Termelétricas: o que são e como funcionam*. s.d. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/ usinastermeletricas-o-que-sao-e-como-funcionam/>.

OLIVEIRA, C. E. L. d. *et al*. Implications of the new brazilian electric sector model in the process of distributed generation using the sugar cane bagasse; implicacoes do novo modelo do setor eletrico brasileiro no processo de geracao distribuida com a utilizacao do bagaco da cana-de-acucar. 2006.

Operador Nacional do Sistema Elétrico ONS. *Sistema Interligado Nacional (SIN)*. 2021. Disponível em: <https://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-que-e-o-sin>.

PEREIRA, I. M. Desenvolvimento de metodologia para planejamento energético integrado ao espaço urbano: um estudo do setor residencial de belo horizonte. *Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil*, 2010.

SACHS, J. D. *The end of poverty: economic possibilities for our time*. [S.l.]: Penguin Books, 2005.

SILVA, M. V. M. d.; BERMANN, C. O planejamento energético como ferramenta de auxílio às tomadas de decisão sobre a oferta de energia na zona rural. *Procedings of the 4th Encontro de Energia no Meio Rural*, SciELO Brasil, 2002.

Villalva, M. G. *Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações*. 2. ed. São Paulo: Editora E´rica LTDA, 2015.

International Renewable Energy Agency. (2020). Renewable Energy in the Food and Agriculture Sector. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.

Banco Central do Brasil. (2022). Relatório Focus, outubro de 2022 https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/relatoriofocus

Monteiro, A. L., Netto, U. C., & Souza, M. A. (2018). Utilização do software HOMER para análise da viabilidade econômica de um sistema híbrido de geração na Ilha do Mel. Revista Brasileira de Energia, Volume(24), Número(4), Página 58. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.