

**INSTITUTO ENSINAR BRASIL
FACULDADES UNIFICADAS DE TEÓFILO OTONI**

JANYNY RAMOS LAGES

**VIABILIDADE ECONÔMICA DE UMA MICRO USINA FOTOVOLTAICA
A PARTIR DA ANÁLISE DA DEMANDA CONTRATADA DE UM
HIPERMERCADO DE TEÓFILO OTONI-MG**

TEÓFILO OTONI

2018

**INSTITUTO ENSINAR BRASIL
FACULDADES UNIFICADAS DE TEÓFILO OTONI**

JANYNY RAMOS LAGES

**VIABILIDADE ECONÔMICA DE UMA MICRO USINA FOTOVOLTAICA
A PARTIR DA ANÁLISE DA DEMANDA CONTRATADA DE UM
HIPERMERCADO DE TEÓFILO OTONI-MG**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Elétrica das Faculdades Unificadas
de Teófilo Otoni, como requisito
parcial para a obtenção do grau de
bacharel em Engenharia Elétrica.**

**Área de Concentração: Energias
Renováveis.**

Orientador Prof (a). Keytiane Yolanda

TEÓFILO OTONI

2018



FACULDADES UNIFICADAS DE TEÓFILO OTONI

FOLHA DE APROVAÇÃO

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado VIABILIDADE ECONÔMICA DE UMA MICRO USINA FOTOVOLTAICA A PARTIR DA ANÁLISE DA DEMANDA CONTRATADA DE UM HIPERMERCADO DE TEÓFILO OTONI MG elaborado pela aluna Janyny Ramos Lages foi aprovado por todos os membros da banca examinadora e aceito pelo curso de Engenharia Elétrica das Faculdades Unificadas de Teófilo Otoni como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em **ENGENHARIA ELÉTRICA**.

Teófilo Otoni, 05 de dezembro de 2018

Prof. Orientadora:

Examinador (a):

Examinador (a):

*Dedico este trabalho a minha mãe
Ermelinda, pelo apoio e exemplo de ser
humano que é em minha vida. Pelas suas
lutas diárias, fé inabalável e conselhos que
me fizeram chegar até aqui e me manter na
caminhada.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela infinita misericórdia e sabedoria doada, tornando possível a conclusão de mais essa jornada.

A todos os meus familiares pela compreensão da minha ausência em diversos momentos e por me darem forças e amor incondicional para que eu pudesse chegar até aqui, em especial aos meus amados tios, Tânia e Osvaldo.

Agradeço a minha orientadora, professora Keytiane Moura, por todo o conhecimento compartilhado durante todos os anos de formação e em especial no desenvolvimento desse trabalho acadêmico, me guiando e orientando para que pudesse desenvolvê-lo da melhor maneira possível.

Aos diretores do hipermercado, por terem disponibilizado todas as informações necessárias e disponibilidade em atender-me durante as visitas técnicas e questionamentos.

Às empresas que contribuíram com os a disponibilização dos orçamentos, possibilitando o desenvolvimento do trabalho.

A todos os amigos que compreenderam por vezes a minha ausência e ainda assim sempre estiveram presentes durante esse processo, e em especial a Marcelia e Marcos que acreditaram e me auxiliaram no desenvolvimento desta pesquisa.

*Em algum lugar, alguma coisa incrível
está esperando para ser descoberta.*

Carl Sagan

ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRADEE – Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
AT – Alta tensão
BT – Baixa Tensão
CA – Corrente Alternada
CC – Corrente Contínua
CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CdTe - Células de Telureto de Cádmio
CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais
CIGS - Células de Cobre-Índio-Gálio-Selênio
CMM – Consumo Médio Mensal
CRESESB - Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito
DAL – Documento de Acesso para Leilão
FV – Fotovoltaico
HFP – Horário Fora de Ponta
HP – Horário de Ponta
KV – Quilovolts
KW – Quilowatts
KWp – Quilowatt pico
MJ/m² – Mega Joule por Metro Quadrado - MJ/m²
MT – Média Tensão
MUSD – Montante de Uso do Sistema de Distribuição
ND - Norma de Distribuição
NR – Norma Regulamentadora
N_m – Número de módulos
N – Negativo
ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico
P – Positivo
PFV – Potência de Pico do Sistema Fotovoltaico

$P_{\text{módulo}}$ – Potência do Painei Fotovoltaico

PRODIST – Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional

RSD – Coeficiente Médio de Radiação Solar Diária

SEP – Sistema Elétrico de Potência

SMF – Sistema de medição de faturamento

TE – Tarifas de Energia

TIR – Taxa Interna de Retorno

THA – Tarifa Horo-Sazonal

VAL – Valor Atual Líquido

VPL – Valor Presente Líquido

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Fluxograma de classificação como consumidor livre.....	38
Figura 2: Fluxograma de etapas de acesso como central geradora.....	39
Figura 3: Vista aérea do hipermercado.....	46
Figura 4: localização do hipermercado.....	47
Figura 5: Fluxograma das etapas do processo de coleta de dados do hipermercado.....	48
Figura 6: Atlas solarmétrico.....	50
Figura 7: Média de irradiação solar na cidade de Teófilo Otoni – MG.....	51
Figura 8: Cabeçalho da fatura do hipermercado.....	61
Figura 9: Percentual anual de geração energética de acordo com diferentes orientações e inclinações para Estocolmo, Suécia.....	70
Gráfico 1: Gráfico de exemplificação das alterações climáticas para a área analisada conforme disponibilizado via CRESEB.....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Produção de Energia Elétrica no Brasil no ano de 2018.....	31
Tabela 2: Tabela 2: Exemplificação de níveis de tensão para o Grupo A.....	34
Tabela 3: Comparação da eficiência das tecnologias de células fotovoltaicas.....	41
Tabela 4: Histórico de consumo energético do Hipermercado.....	53
Tabela 5: Dados de início e valores de contrato de demanda do hipermercado junto à concessionária.....	56
Tabela 6: Valores faturados da fatura energética do hipermercado.....	62
Tabela 7: Histórico de consumo energético do Hipermercado dos últimos 13 meses.....	63
Tabela 8: Campo de identificação de impostos cobrados na fatura do hipermercado referente ao mês de outubro.....	63
Tabela 9: Descrição de localização do hipermercado.....	65
Tabela 10: Média de radiação solar na horizontal para a cidade de Teófilo Otoni – MG em 2017.....	66
Tabela 11: Potencial de produção de energia elétrica para a cidade de Teófilo Otoni – MG.....	67
Tabela 12: Perda de Potência Obtida para a área do hipermercado.....	68
Tabela 13: Radiação Solar sobre a área do hipermercado.....	69
Tabela 14: Característica do Gerador.....	71
Tabela 15: Característica do Módulo.....	72
Tabela 16: Dados e características do inversor.....	73
Tabela 17: Comparação de preços dos orçamentos do sistema fotovoltaico <i>ongrid</i>	75
Tabela 18: Valores de investimento e retorno de acordo proposta comercial da empresa B.....	76
Tabela 19: <i>Payback</i> simples de viabilidade financeira da usina fotovoltaica para o hipermercado.....	77

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Etapas dos Procedimentos de Acesso por Tipo de Acessante.....	37
Quadro 2: Condições de conexão ao sistema como demanda contratada para o hipermercado.....	58

RESUMO

Com o aumento da população, necessidade de maior demanda de energia elétrica e preocupação com impactos ambientais, houve um incentivo na diversificação da matriz energética geradora nacional. Por meio da Resolução Normativa 482/2012 publicada pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL foram estabelecidas condições gerais de acesso aos sistemas de distribuição de energia elétrica, incentivando a diversificação da matriz energética e geração distribuída de energia pelo cliente.

Esse projeto analisou a demanda contratada de um hipermercado em Teófilo Otoni - MG para verificar a viabilidade econômica de instalação de uma micro usina fotovoltaica, considerando o cenário econômico e conformidade com a legislação vigente que regulamenta o setor. Para compreensão e entendimento do objeto de estudo, foi realizado uma análise sobre o meio atual de contratação e utilização de energia elétrica junto à concessionária e a possibilidade de utilização de uma micro usina solar *ongrid* em substituição ao meio atual.

Foram analisadas as faturas do consumo energético do estabelecimento, realizados cálculos para atendimento de demanda e obtidos orçamentos de empresas atuantes no mercado de usinas fotovoltaicas. Mediante análise financeira e técnica específica para o local analisado e com base no dimensionamento da área disponível para instalação dos equipamentos, identificou-se a viabilidade da implantação de uma usina fotovoltaica para o estabelecimento.

Palavras-chave: Usina Fotovoltaica. Geração distribuída. Demanda contratada de energia elétrica.

ABSTRACT

With the increase in population, the need for greater demand for electric power and concern with environmental impacts, there was an incentive to diversify the national generating energy matrix. Through Normative Resolution 482/2012 published by the National Electric Energy Agency (ANEEL), general conditions of access to electricity distribution systems were established, encouraging the diversification of the energy matrix and distributed generation of energy by the customer.

This project analyzed the contracted demand of a hypermarket in Teófilo Otoni - MG to verify the economic feasibility of installing a micro photovoltaic plant, considering the economic scenario and compliance with the current legislation that regulates the sector. In order to understand and understand the object of study, an analysis was made on the current means of contracting and using electric energy with the concessionaire and the possibility of using an ongrid solar micro-plant to replace the current medium.

We analyzed the invoices of the energy consumption of the establishment, performed calculations to meet demand and obtained budgets of companies operating in the market of photovoltaic plants. By means of a specific financial and technical analysis for the analyzed site and based on the sizing of the area available for installation of the equipment, the feasibility of the implantation of a photovoltaic plant for the establishment was identified.

Keywords: Photovoltaic power plant. Distributed generation. Contracted demand for electricity.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	27
2 REFERENCIAL TEÓRICO	29
2.1 Breve histórico sobre eletricidade	29
2.2 Matriz energética brasileira	30
2.3 Demanda contratada de energia elétrica	31
2.3.1 Normas técnicas de demanda contratada de energia elétrica.....	31
2.3.2 Métodos de dimensionamento de demanda contratada de energia elétrica.....	32
2.3.2.1 <i>Contratação da Demanda de Energia Elétrica</i>	33
2.4 Energia solar fotovoltaica	35
2.4.1 Economia e eficiência através da implantação de uma usina solar fotovoltaica.....	35
2.4.2 Critérios de dimensionamento de uma usina fotovoltaica.....	36
2.4.2.1 <i>Células e módulos fotovoltaicos</i>	40
2.4.2.2 <i>Sombreamento nos painéis</i>	41
2.4.2.3 <i>Inversores</i>	42
2.4.2.4 <i>Medidor bidirecional</i>	42
2.5 Payback simples	43
3 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS DA PESQUISA	45
3.1 Classificação quanto aos fins	45
3.2 Classificação quanto aos meios	46
3.2.1 Caracterização do local.....	46
3.2.2 Procedimento de coleta de dados.....	47
3.2.2.1 <i>Procedimento de dimensionamento do sistema fotovoltaico</i>	49
3.2.2.2 <i>Dimensionamento dos painéis fotovoltaicos</i>	49
3.2.2.3 <i>Insolação diária e mensal em Teófilo Otoni</i>	49
3.2.3.5 <i>Aplicação do software solergo</i>	51
3.2.3.6 <i>Indicadores econômicos para estudo de viabilidade</i>	52
3.3 Tratamento de dados	52
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
4.1 Análise da demanda contratada energética do hipermercado	55
4.1.1 Condições Financeiras.....	56

4.1.2 Montante de uso do sistema de distribuição – MUSD.....	57
4.1.3 Dados de conexão do sistema ao ponto de entrega.....	58
4.1.4 Sistema de medição de faturamento – SMF.....	58
4.1.5 Fator de potência do sistema.....	59
4.1.6 Qualidade e continuidade.....	59
4.1.7 Procedimentos de encerramento do contrato de demanda.....	60
4.1.8 Análise da Fatura.....	60
4.2 Análise e dimensionamento do sistema fotovoltaico ongrid para o hipermercado.....	64
4.2.1 Potencial fotovoltaico para hipermercado da cidade de Teófilo Otoni – MG.....	65
4.2.2 Incidência solar.....	66
4.2.3 Posicionamento do sistema.....	67
4.2.4 Painéis fotovoltaicos.....	69
4.2.5 Dimensionamento dos inversores.....	72
4.2.6 Estrutura de apoio.....	73
4.2.7 Descrição do sistema.....	74
4.3 Viabilidade financeira e <i>payback</i> simples do sistema fotovoltaico.....	74
4.3.1 Análises orçamentárias recebidas.....	74
4.3.2 Período de <i>Payback</i>	75
4.3.3 <i>Payback</i> simples.....	76
5 CONCLUSÃO.....	79
REFERENCIAS.....	81
ANEXO A	87
ANEXO B	109
ANEXO C	111
ANEXO D	113
ANEXO E	119