

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**MAICON VENES PEREIRA**

**INFLUÊNCIA DA CARGA TRIBUTÁRIA ESTADUAL NA IMPLANTAÇÃO DE UMA  
USINA GERADORA FOTOVOLTAICA**

**Alegrete - RS  
2018**

**MAICON VENES PEREIRA**

**INFLUÊNCIA DA CARGA TRIBUTÁRIA ESTADUAL NA IMPLANTAÇÃO DE UMA  
USINA GERADORA FOTOVOLTAICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Fladimir Fernandes dos Santos

**Alegrete - RS  
2018**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

P436i PEREIRA, MAICON VENES  
INFLUÊNCIA DA CARGA TRIBUTÁRIA ESTADUAL NA  
IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA GERADORA FOTOVOLTAICA /  
MAICON VENES PEREIRA.  
101 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) --  
Universidade Federal do Pampa, ENGENHARIA ELÉTRICA,  
2018.

"Orientação: Fladimir Fernandes Dos Santos".

1. BANDEIRAS TARIFÁRIAS. 2. ENERGIA SOLAR  
FOTOVOLTAICA. 3. GERAÇÃO DISTRIBUÍDA. 4. INSENÇÃO  
ICMS. I. Título.

**MAICON VENES PEREIRA**

**INFLUÊNCIA DA CARGA TRIBUTÁRIA ESTADUAL NA IMPLANTAÇÃO DE UMA  
USINA GERADORA FOTOVOLTAICA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Graduação em  
Engenharia Elétrica da Universidade  
Federal do Pampa, como requisito parcial  
para obtenção do Título de Bacharel em  
Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Energias  
Renováveis

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 26 de junho de 2018.

Banca examinadora:



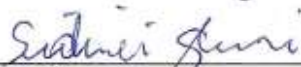
---

Prof. Dr. Fladimir Fernandes dos Santos  
Orientador  
Unipampa



---

Prof. Dr. Roberlaine Ribeiro Jorge  
Unipampa



---

Prof. Dr. Sidinei Ghisoni  
Unipampa



Dedico à minha família e aos meus amigos, que foram e são o grande suporte para que tudo isso fosse possível, pois estiveram ao meu lado a todo instante, incentivando, acreditando e respeitando minhas escolhas e decisões.

## AGRADECIMENTO

Agradeço aos meus “veios”! Pela criação, caráter e por estarem sempre presentes! Agradeço aos meus irmãos Hendrigo, Rharis e Hannah Clara (pancinha), novamente aos “veios” e a toda família, pelo amor incondicional, paciência e entendimento nos momentos de ausência. Ainda, aos incentivos pra não desistir no caminho, arroz de leite/bolos da “veia”, ao empenho e dedicação à família do “veio” saindo de madrugada pra campanha garantir a “boia”. Obrigado por este importante suporte a todos nós. Cada um, ao seu modo, incentivou, acreditou e respeitou meu tempo, minhas decisões e ideais, sendo parte fundamental desta conquista!

À minha tia mãe, Sueli Menezes Pereira por acreditar, e por sempre acreditar, na capacidade de todos à sua volta, de incentivar e apoiar incondicionalmente para que possamos crescer pessoal e profissionalmente. Obrigado por não desistir de nós!

Aos preferidos, dindos Sumara e Paulo (*in memoriam*), meu agradecimento pelo apoio e carinho, pela cumplicidade e respeito que, em silêncio, sempre admirei em vocês dois. E especial, ao meu dindo e engenheiro civil, meu agradecimento pela motivação e inspiração passadas em nossas conversas lúcidas sobre nossa crise política nacional e engenharia. Nestes momentos, mesmo sem se dar conta, estava me motivando a continuar com meus ideais. Não tiramos nossa foto “de engenheiros” como pretendia, mas estarei pensando em ti quando, pela primeira vez, me chamarem de engenheiro. Como disse o Hendrigo no último natal juntos, “Nós engenheiros!”.

Agradecimento também aos primos Luis Otávio, Paulo (toco), Marcio e Bia, Betina e Thiago pela camaradagem, apoio, também pelas heinekens, passeios, viagens e cineminhas. Um agradecimento especial à Dedinha, pelo carinho, conversas e risadas, geralmente após sua reunião. Um saudoso agradecimento à minha querida tia Suzana (*in memoriam*), que nos deixou de forma repentina e prematura, pela significativa contribuição que teve (e ainda tem) para todos nós.

Um muito obrigado aos demais primos, primas, tios e tias que de alguma forma contribuíram nessa jornada, em especial às tias Betinha (tchocla), Neca e Liziane que mesmo na distância sempre torceram e incentivaram. Agradeço à prima Julliane Venes Rüdisser e a tia-prima-irmã Liziane Noetzold Venes pelo apoio, torcida e vários convites e incentivos para estudar fora, ainda vão me aguentar aí, seja na Áustria (juca), ou mesmo em Portugal (lica). Um mestrado por essas bandas aí não está

descartado. Andreia, Carlos, Caroline agradeço pelos momentos de divã e pelos planos de “um dia vamos tomar aquele trago pra espaiar” e digo, ainda vamos!

Meu especial muito obrigado ao meu querido avô Gentil Venes (*in memoriam*), essa pessoa humilde que tive o prazer de conviver em meus tempos de “piá”. Guardo comigo suas palavras e ensinamentos na oportunidade de nossas conversas, sempre ressaltando a importância do estudo, da leitura, do aprender, do zelar e do viver.

Ao meu orientador, professor Fladimir Fernandes, meu muito obrigado! Não apenas por ter aceitado meu convite para orientação, mas principalmente por ter acreditado neste tema, neste trabalho, em mim! Obrigado por toda a atenção, por todo o tempo a mim dedicado, por todos os ensinamentos transmitidos, confiança e por ter oportunizado o desenvolvimento deste trabalho.

Aos motoristas, porteiros, vigilantes, pessoal da limpeza, dos serviços gerais, colegas, professores e técnicos administrativos que tive o prazer de conviver em todos estes anos e que se tornaram amigos, pessoas especiais que ao seu modo, mesmo sem perceber estavam ajudando e incentivando na minha formação. Muito obrigado!

Ao pessoal da secretaria acadêmica, que incomodo desde que entrei na universidade, em especial, Adriana Rodrigues, Maria Cristina Marchezan e Valeria Ramos (sim, ela era da secretaria), vocês foram muito importantes, sempre de boa vontade e prestativas me auxiliaram nas vezes que precisei. Muito obrigado!

Especial agradecimento aos amigos Adir Ferreira, Émerson Rizzatti, Frank Pahim, Jocelaine Garaialdi, Gerson Sena, Têlvio Liscano, Leandro Segalla, Thiago Gomes, Gustavo Bernet, Alessandra Lima, Fernando Munhoz, Rogéria Guttier, José Wagner, Marcos Heckler, Wilber Chambi e Marcia Cera (*in memoriam*). Cada um de vocês tem seu grau de contribuição nesta empreitada. Muito obrigado!

Agradecimento especial aos colegas de luta do movimento estudantil, Diretórios e Centros Acadêmicos, aos guerreiros do pró-DCE, do CONSUNI, cada um de nós sabe a importância que nosso trabalho e dedicação em prol da representação estudantil comprometida e engajada teve na construção da nossa unipampa. Fica meu muito obrigado ao companheirismo e ensinamentos que me proporcionaram.

Meu muito obrigado aos pioneiros por tornar a unipampa uma realidade, professora Maria Beatriz Luce, professor Norberto Hoppen, pró-reitores e diretores, que se dedicaram para sua criação e implementação. Vocês construíram uma universidade que nasceu multicampi, enfrentando as dificuldades da multicampia,

buscaram administrar de forma descentralizada, respeitando cada campus e as dificuldades de cada cidade sede para que todos os dez campi e reitoria fossem, da mesma forma, importantes e pudessem crescer e se tornar o que são hoje.

Aos queridos amigos, professor Carlos Dilli e sua esposa Irene, Diego Kreutz, Alessandro Girardi, Roberlaine Jorge, Sidinei Ghissoni, Jumar Russi, Guilherme Silva, Ana Mello, Sandro Burgos, Ricardo Carpes, Maristela Cortez, Mauricio Aires, Nádia Bucco, Luis Hamilton e Gustavo Santiago fica o agradecimento pelo carinho e amizade que a unipampa proporcionou e que se fortaleceu nestes anos de convívio.

Agradeço aos amigos que tive o privilégio de conhecer, que não estão mais na unipampa, mas tiveram contribuição ímpar em passagem aqui, professores Vinícius Garcia, Daniel Bernardon, Gihad Mohamad, Vinícius Montagner, Jorge Matos, João Plínio Juchem, Luiz Osório Rocha dos Santos e Luciano Pfitscher.

Bruno Martinato, amigo de longa data, sempre presente, muito obrigado pelo apoio, por ter me recebido tantas vezes na tua casa nos meus cursos de férias ou reuniões em Bagé, muito obrigado pelos momentos de alegria, parceria, conversas, viagens, pelo carinho, por tua amizade e, é claro, pelos tragos (xD).

Meu amigo Bruno Medeiros, obrigado pelo carinho e amizade, por estar presente, pela parceria e conversas, regadas a Lágrimas de Uva, também obrigado pelo incentivo aos intercâmbios e academias, um dia ainda vou em algum desses.

Querida amiga Sara Tarasuk, que incomodei por anos no Conselho Superior Universitário, obrigado pelos ensinamentos, paciência, conselhos e parceria!

Especial agradecimento aos amigos que proporcionaram meu primeiro estágio na área de engenharia elétrica, Adão Garcia (e família) e Itamir Ferreira. Ao amigo Itamir, sua mãe e irmãs, ao pequeno grande Dudu, à Nico, Denise e Vanessa. A todos vocês meu reconhecimento e agradecimento pelo carinho e acolhimento. “Bj lokonas”!

Aos “meus gordinhos”, queridos amigos e companheiros Luciana Rodrigues, Rodrigo D’Arays saibam que não tem um dia que não sinto saudades de vocês e do que vocês representam! Alegrete não é o mesmo sem vocês! Muito obrigado por tudo!

Ao amigo, entusiasta da robótica, Michel Rodrigues meu muito obrigado pela amizade e parceria, por não deixar eu desistir da robótica! Muito obrigado amigo veio!

A todo corpo docente do campus Alegrete, em especial aos docentes do curso de engenharia elétrica, agradeço pelo apoio, pelo seu empenho em prol da boa formação dos futuros engenheiros eletricitas deste país, pela dedicação em sala de

aula, pela oportunidade de aprendizado nos grupos de pesquisa e projetos, e pela motivação, incentivo e inspiração a todos nós acadêmicos. Muito obrigado!

Agradeço aos professores John Jefferson Saldanha e Eduardo Machado, pela oportunidade de participar do Grupo de Energia e Sistemas Elétricos de Potência – GESEP, significou bastante esta breve participação, espero voltar! Obrigado!

Aos amigos Rogério Gonçalves, Flávio Da Silva e família, Gavião e família, Roberto Corvello, Carlos Guex, Igor e Lucas Arbiza, Arian Fagundes, André Anton, Alex Itczak, Fernanda Cazabonet, Jarlan Soares, Gerson Sena, Davi Heinz, Theodoro Rodrigues, Marcel Stalter, Bruno Borges, Thiago Krug, Lucas Limberger, Dieizon Oliveira, Saulo Eich, Luiz Felipe Oliveira, Yves Teixeira, Yuan Baltazar, Ricardo Schneiders, Jefferson Pires, Deivid Forgiarini, Annie Kostulski, Lisiele Tronco, Anderson Ávila, João Otávio Freitas, Emilene Oliveira, Cássio Tândolo, Sandro Pantcho, Wéslei Bairros, Francis Zanella, Lais Barroques, Gabriel Sperandio, Caroline Witt, Luis Adriano Salles, Isadora Ferrão, Romário Laltany, Eduardo Borges, Dyordson e Gionathan Tristaci, Simone “minha china” Fernandes, Aniele Silveira, Emily Alende, Cláudio “pit” Júnior, Thalles Fagundes, Ibraima Silva, Alex Zonner e Ivo “Samuel” Moraes, o agradecimento pela força, amizade e parceria nesses anos e para a vida.

Muito obrigado ao amigo Nilson Gomes pela amizade e parceria nesses longos anos. Parabéns pelo trabalho sério e comprometido em nossa cidade e região!

Meu muito obrigado aos amigos Devonise, Jorge Adão, Cecília, Thiago e ao pequenino JP pelo acolhimento, pelo carinho e confiança depositados em mim. Muito obrigado pela força e pelo apoio ao longo dessa empreitada, e de muitas que virão.

Meu bom amigo, Nereu de Mattos! Agradeço a parceria, as longas horas de conversa sobre nosso amado setor elétrico, pelas tentativas de me conseguir estágio e pelo incentivo e apoio. À Claudinha Quincozes, meu muito obrigado e parabéns pelo lindo trabalho que realiza! Siga firme! Um abraço e muito obrigado!

Agradeço a empresa NORR Energia, aos engenheiros Renan Stangherlin, Theodoro Rodrigues e Filipe Henrique pela oportunidade de aprendizado. Em especial ao amigo engenheiro Theodoro por sua dedicação em me auxiliar no estágio e pela parceria de todos os anos juntos na unipampa. Ao amigo engenheiro Filipe pela ajuda e orientações na ocasião dos projetos da empresa e neste trabalho.

Agradeço a todos e todas que de alguma forma contribuíram e incentivaram, cada um, e cada uma, teve sua importância e seu significado nessa caminhada.

“Eu temo o dia que a tecnologia  
ultrapasse nossa interação humana.  
E o mundo terá uma geração de idiotas”.  
(Albert Einstein)

## RESUMO

O presente trabalho versa sobre um estudo de caso sobre o impacto da isenção do ICMS como atrativo de investimento considerando as bandeiras tarifárias de energia elétrica. Para tal análise, foi delineada uma usina geradora de energia solar fotovoltaica de forma simulada, não se tratando de um projeto real, porém considerando parâmetros e dados reais para seu dimensionamento. Neste contexto, se utilizando de ferramentas de análise da engenharia econômica, é analisada a isenção do ICMS como medida de incentivo governamental para geração distribuída, neste estudo, a fotovoltaica, analisando o quanto a isenção do ICMS pode impactar no retorno do investimento. Como metodologias adotadas para a apropriação dos dados foram utilizados indicativos de retorno de investimento como TIR, VPL e Payback simples, onde foram analisadas com base no projeto fotovoltaico delineado para este estudo. A pesquisa neste trabalho faz uso de duas provas, na qual se pode observar que a engenharia participa no ciclo de decisões de um projeto, envolvendo a análise de viabilidade técnica e a análise de viabilidade econômica de projetos. A primeira possibilitou mensurar o sistema, delineamento do projeto, considerando fatores técnicos como localização da região de estudo, temperatura média, índice de irradiação solar, etc.; já a segunda prova proporcionou conhecer os fatores que interferiram no desempenho da econômico e retorno de investimento. Após a análise dos dados, os mesmos foram comparados e analisados. Após esta análise foi possível concluir que todos os cenários apresentados neste trabalho são viáveis e merecem investimento, pois para todos os casos considerados com a isenção do ICMS o retorno do investimento é mais rápido.

Palavras chaves: geração distribuída; solar; fotovoltaica; engenharia econômica; TIR; payback; VPL; ICMS;

## **ABSTRACT**

This work presents a case study about the impact of ICMS exemption as an attractive investment considering the electric energy tariffs. In order to accomplish it, a photovoltaic solar power plant was delineated in a simulated way, not being a real project, but considering real data and parameters for its design. In this context the ICMS exemption is analyzed, using economic engineering analysis tools, as a measure of governmental incentive for distributed generation, the photovoltaic, analysing how much the ICMS exemption may impact the return of investment. The indicative of return of investment as IRR, NPV and simple Payback were used as methodologies for the appropriation of the data, where they were analyzed based on the photovoltaic project outlined for this study. The research in this work makes use of two tests, in which it can be observed that the engineering participates in the cycle of decisions of a project, involving the analysis of technical viability and the economic feasibility analysis of projects. The first test made it possible to measure the system, designing the project, considering technical factors such as location of the study region, average temperature, solar radiation index, etc. The second test allowed to know the factors that interfered in the performance of the economic and the return of investment. After the data analysis, they were compared and analyzed. After this analysis it was possible to conclude that all the scenarios presented in this work are feasible and deserve investment, since that for all the cases considered with the ICMS exemption the return of investment is faster.

Keywords: distributed generation; solar; photovoltaic; economic engineering; TIR; payback; NPV; ICMS;



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Os 10 melhores países para instalações de sistemas fotovoltaicos e capacidade total instalada em 2017 .....	24
Figura 2 – Oferta interna de energia elétrica por fonte.....	24
Figura 3 – Projeção do consumo de energia elétrica até 2030 .....	25
Figura 4 – Radiação solar global horizontal média anual.....	26
Figura 5 – Irradiação solar terrestre .....	27
Figura 6 – Intercâmbio de energia elétrica entre as regiões do SIN em 2016 – (MW médio) .....	28
Figura 7 – Engenheiro da Bell Labs testando uma célula solar em 1954.....	29
Figura 8 – Junção P-N .....	30
Figura 9 – Efeito fotovoltaico em um semicondutor.....	31
Figura 10 – Sistema interligado à rede elétrica .....	32
Figura 11 – Sistema isolado .....	33
Figura 12 – Estrutura de um painel fotovoltaico com suas diferentes camadas.....	34
Figura 13 – Controlador de carga do tipo ON-OFF série .....	35
Figura 14 – Controlador de carga do tipo ON-OFF paralelo .....	36
Figura 15 – Representação dos ângulos para determinação da inclinação do PV ..	38
Figura 16 – Processo de pesquisa .....	51
Figura 17 – Participação da Engenharia no ciclo de decisões de um projeto .....	53
Figura 18 – Etapas da pesquisa.....	54
Figura 19 – Tela do weather file SAM exibindo os dados da região.....	59
Figura 20 – Tela do SAM exibindo dados do módulo do projeto .....	60
Figura 21 – Tela do SAM exibindo dados do inversor do projeto.....	61
Figura 22 – Tela do SAM exibindo design do sistema .....	65

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Evolução das tarifas de energia elétrica e IPCA .....	49
Tabela 2 – Irradiação solar média mesorregiões de Santa Catarina.....	60
Tabela 3 – Consumo de fatura de energia elétrica para o projeto considerado .....	62
Tabela 4 – Fluxo de caixa do cenário da bandeira verde sem isenção.....	66
Tabela 5 – Valores de VPL, TIR e Payback simples para o cenário da bandeira verde sem isenção .....	67
Tabela 6 – Fluxo de caixa do cenário da bandeira verde com isenção.....	68
Tabela 7 – Valores de VPL, TIR e Payback simples para o cenário da bandeira verde com isenção .....	69
Tabela 8 – Fluxo de caixa do cenário da bandeira amarela sem isenção.....	70
Tabela 9 – Valores de VPL, TIR e Payback simples para o cenário da bandeira amarela sem isenção .....	71
Tabela 10 – Fluxo de caixa do cenário da bandeira amarela com isenção.....	73
Tabela 11 – Valores de VPL, TIR e Payback simples para o cenário da bandeira amarela com isenção .....	74
Tabela 12 – Fluxo de caixa do cenário da bandeira vermelha patamar 1 sem isenção .....	75
Tabela 13 – Valores de VPL, TIR e Payback simples para o cenário da bandeira vermelha patamar 1 sem isenção .....	76
Tabela 14 – Fluxo de caixa do cenário da bandeira vermelha patamar 1 com isenção .....	77
Tabela 15 – Valores de VPL, TIR e Payback simples para o cenário da bandeira vermelha patamar 1 com isenção .....	78
Tabela 16 – Fluxo de caixa do cenário da bandeira vermelha patamar 2 sem isenção .....	79
Tabela 17 – Valores de VPL, TIR e Payback simples para o cenário da bandeira vermelha patamar 2 sem isenção .....	80
Tabela 18 – Fluxo de caixa do cenário da bandeira vermelha patamar 2 com isenção .....	81
Tabela 19 – Valores de VPL, TIR e Payback simples para o cenário da bandeira vermelha patamar 2 com isenção .....	82

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas  
AIE – Agência Internacional de Energia  
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica  
BEN – Balanço Energético Nacional  
BMS – Battery Management System  
BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social  
CA – Corrente alternada  
CC – Corrente contínua  
CC-CV – Constant current – constant voltage  
CELESC – Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A.  
CNPJ – Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica  
COFINS – Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social  
CP – Chamada Pública  
CPF – Cadastro de Pessoa Física  
DPS – Dispositivo de Proteção contra Surto  
EE – Eficiência Energética  
EPE – Empresa de Pesquisas Energéticas  
EPIA – European Photovoltaic Industry Association  
GD – Geração Distribuída  
GW – Gigawatt (medida de potência)  
GWh – Gigawatt-hora  
ICMS – Imposto Sobre Circulação De Mercadorias E Serviços  
IEA – Agência Internacional de Energia  
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
IPCA – Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo  
IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada  
IPI – Imposto Sobre Produtos Industrializados  
KWh – Quilowatt-hora  
m<sup>2</sup> – Metro quadrado (área)  
MME – Ministério de Minas e Energia  
MW – Megawatt

NBR – Norma Brasileira  
NREL – National Renewable Energy Laboratory  
O&M – Operação e Manutenção  
PASEP – Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público  
PIS – Programa de Integração Social  
PNE – Plano Nacional de Energia  
PROGD – Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída  
PV – Fotovoltaic  
PVF – Polyvinyl Fluoride (material de fabricação)  
REN – Resolução Normativa  
SAM – System Advisor Model  
SFCR – Sistema fotovoltaico conectado à rede  
SIN – Sistema Interligado Nacional  
SWERA – Solar and Wind Energy Resource Assessment  
TIR – Taxa Interna de Retorno  
TMA – Taxa Mínima de Atratividade  
TUSD – Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição  
TUST – Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão  
TWh – Terawatt-hora  
VPL – Valor Presente Líquido  
W – Watt (unidade de potência)  
Wp – Watt-pico

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>20</b>
<b>1.1 Contextualização do tema e do problema de pesquisa .....</b>	<b>20</b>
<b>1.2 Objetivos .....</b>	<b>21</b>
<b>1.2.1 Objetivo geral .....</b>	<b>21</b>
<b>1.2.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>21</b>
<b>1.3 Limitações da pesquisa .....</b>	<b>22</b>
<b>1.4 Estrutura do trabalho .....</b>	<b>22</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>23</b>
<b>2.1 Panorama da energia fotovoltaica no mundo.....</b>	<b>23</b>
<b>2.2 Panorama da energia fotovoltaica no Brasil.....</b>	<b>24</b>
<b>2.3 Histórico da energia solar fotovoltaica .....</b>	<b>28</b>
<b>2.4 O efeito fotovoltaico.....</b>	<b>29</b>
<b>2.5 Tipos de conexão à rede elétrica.....</b>	<b>31</b>
<b>2.5.1 Sistemas interligados à rede - On-Grid .....</b>	<b>31</b>
<b>2.5.2 Sistemas isolados ou autônomos - Off-Grid.....</b>	<b>32</b>
<b>2.5.3 On/Off-grid .....</b>	<b>33</b>
<b>2.6 Componentes do sistema fotovoltaico.....</b>	<b>33</b>
<b>2.6.1 Módulo fotovoltaico .....</b>	<b>33</b>
<b>2.6.2 Inversor fotovoltaico .....</b>	<b>34</b>
<b>2.6.3 Controlador de carga .....</b>	<b>35</b>
<b>2.6.4 Banco de baterias.....</b>	<b>36</b>
<b>2.6.5 Proteções CC e CA.....</b>	<b>37</b>
<b>2.7 Características de locais para geração de energia fotovoltaica.....</b>	<b>37</b>
<b>2.7.1 Definição do ângulo de inclinação.....</b>	<b>37</b>
<b>2.7.2 Influência da temperatura e irradiação no rendimento do PV .....</b>	<b>38</b>
<b>2.7.2.1 Variação de temperatura.....</b>	<b>38</b>
<b>2.7.2.2 Variação de irradiação .....</b>	<b>38</b>
<b>2.7.3 Sombreamentos .....</b>	<b>39</b>
<b>2.8 Políticas públicas de incentivo à geração fotovoltaica.....</b>	<b>39</b>
<b>2.8.1 Resolução Normativa - REN 482/12 .....</b>	<b>40</b>
<b>2.8.2 Resolução Normativa – REN 697/15 .....</b>	<b>41</b>

2.8.3 Isenção de ICMS.....	42
2.8.4 Isenção de PIS/Cofins .....	42
2.9 Indicadores de viabilidade econômica do projeto .....	43
2.9.1 Fluxo de caixa.....	43
2.9.2 Investimento total.....	44
2.9.3 Custos .....	44
2.9.4 Preço Watt-pico .....	45
2.9.5 Valor Presente Líquido (VPL) .....	45
2.9.6 Taxa Interna de Retorno (TIR) .....	46
2.9.7 Taxa Mínima de Atratividade (TMA).....	47
2.9.8 Payback.....	48
2.9.9 Tarifa de Energia Elétrica .....	49
3 METODOLOGIA .....	51
3.1 Caracterização da pesquisa .....	51
3.2 Etapas da Pesquisa.....	52
3.2.1 Necessidade do cliente.....	54
3.2.2 Solução proposta .....	54
3.2.3 Primeira prova .....	55
3.2.4 Segunda prova .....	55
3.2.5 Avaliação.....	56
4 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	57
4.1 Primeira prova – delineamento da usina geradora fotovoltaica .....	57
4.1.1 System Advisor Model - SAM.....	57
4.1.2 Caracterização dos dados da região de estudo .....	58
4.1.3 Módulo e inversor fotovoltaico .....	60
4.1.4 Definição da potência instalada.....	61
4.2 Segunda prova – análise de viabilidade econômica do investimento.....	64
4.2.1 Resultados para bandeira verde sem isenção de ICMS.....	65
4.2.2 Resultados para bandeira verde com isenção de ICMS .....	68
4.2.3 Resultados para bandeira amarela sem isenção de ICMS.....	70
4.2.4 Resultados para bandeira amarela com isenção de ICMS .....	72
4.2.5 Resultados para bandeira vermelha patamar 1 sem isenção de ICMS.....	74
4.2.6 Resultados para bandeira vermelha patamar 1 com isenção de ICMS .....	76

<b>4.2.7 Resultados para bandeira vermelha patamar 2 sem isenção de ICMS.....</b>	<b>78</b>
<b>4.2.8 Resultados para bandeira vermelha patamar 2 com isenção de ICMS .....</b>	<b>80</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>83</b>
<b>5.1 Conclusões .....</b>	<b>84</b>
<b>5.2 Sugestões para trabalhos futuros .....</b>	<b>85</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>86</b>
<b>APÊNCIDES .....</b>	<b>91</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>96</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Contextualização do tema e do problema de pesquisa

Na busca por uma melhor qualidade de vida em um mundo cada vez mais dinâmico, o planeta Terra sofre com as consequências de um uso desenfreado de combustíveis fósseis não renováveis largamente utilizados como fonte de energia, e que impactam em um custo muito alto, que já começou a ser cobrado e pode ser observado pelas significativas mudanças climáticas.

A demanda de energia é cada vez maior em função do crescimento populacional, a sociedade está evoluindo e se conscientizando de que o meio ambiente está sendo prejudicado e preocupantemente modificado pelo uso de fontes de recursos não renováveis para geração de energia, o que acarreta maiores impactos ambientais.

Nesse contexto, surge uma nova tendência mundial no sentido de explorar fontes de energia elétrica alternativas, que minimizem os impactos ambientais e promovam a preservação dos tipos e espécies de vida na Terra, e a energia solar fotovoltaica se destaca, sendo a principal forma de geração de energia limpa, com vantagens em comparação às formas tradicionais.

O crescimento da demanda energética mundial, em razão da melhoria dos padrões de vida nos países em desenvolvimento, traz a preocupação com alguns aspectos essenciais para a política e planejamento energético de todas as economias emergentes; dentre eles podemos citar a segurança no suprimento de energia necessária para o desenvolvimento social e econômico de um país e os custos ambientais para atender esse aumento no consumo de energia (NOGUEIRA, 2009, p.19).

A energia elétrica de origem fotovoltaica é gerada por um processo chamado de efeito fotovoltaico e apresenta um potencial gigantesco para ser estimulada e aproveitada, pois, diariamente incide sobre a superfície da Terra mais energia vinda do sol do que a demanda total de todos os habitantes do planeta, em todo um ano (RÜTHER, 2004). Ainda, de acordo com Rütther (2004), a potência solar instantânea que incide sobre a Terra é de  $1,75 \times 10^{17} \text{W}$ , o que representa toda a demanda energética mundial anual sendo suprida em aproximadamente 12 minutos de incidência de energia do sol sobre a Terra.

Diante o exposto, este trabalho aborda o impacto da isenção e da não isenção do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) como fator de incentivo à implantação de usinas geradoras de energia elétrica fotovoltaica no Estado



de Santa Catarina, que até o início deste trabalho (2018) não constava na lista do Convênio ICMS nº 16/2015. Desta forma, no presente trabalho se constitui como um estudo de caso sobre a condição de incentivo, abrangendo a implantação simulada de uma usina de geração de energia fotovoltaica considerando o mesmo local, as mesmas condições físicas e capacidade instalada, apenas diferenciando com o quesito impacto da isenção e da não isenção do ICMS neste projeto.

A motivação para este estudo decorre do potencial existente no Brasil para desenvolvimento da energia solar, que é maior do que outros países que atualmente são líderes no uso dessa fonte de energia. O entendimento dos obstáculos tributários para o desenvolvimento dessa fonte de energia tem despertando o interesse em pesquisadores, empresas, governos e países, por isso, a incidência do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) na viabilidade de utilização de energias renováveis torna-se um importante assunto para discussão na atualidade.

Ademais, o conhecimento do estágio de desenvolvimento da energia solar no Brasil, principalmente quanto aos efeitos dos incentivos existentes em diferentes cenários, possibilitará verificar se os incentivos governamentais propiciam novos investimentos na geração distribuída, em especial, na geração fotovoltaica.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

Analisar o impacto econômico do ICMS na geração de energia elétrica fotovoltaica em um Estado brasileiro que não isentou ICMS, com a simulação de cenários baseada no Sistema de Bandeiras Tarifárias, que entrou em vigor no ano de 2015.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- delinear um projeto de uma usina geradora fotovoltaica para ser implementado no estado;
- calcular os custos do projeto simulado, as receitas e despesas obtidas para os diferentes cenários (com e sem ICMS), bem como simular as variações de

despesas e receitas destes cenários com base no Sistema de Bandeiras Tarifárias;

- determinar análise econômica para todos os cenários.

### **1.3 Limitações da pesquisa**

Entende-se – com base no Convênio ICMS nº 16/2015, do Conselho Nacional de Política Fazendária (Confaz) – que a cobrança de ICMS deve incidir sobre os créditos de energia elétrica ativa injetada da geração do cliente na rede da distribuidora, ou seja, sobre a quantidade que o cliente "acumula".

Todavia, como não se têm dados históricos, e nem estudos, que demonstrem a quantidade de créditos que o cliente “acumula”, optou-se por considerar que o incentivo de isenção do ICMS não entra neste estudo considerando tais créditos com a CELESC, ou seja, a diferença do que é gerado na usina particular e o que é consumido da CELESC. Para este estudo, de forma a facilitar o entendimento do impacto do ICMS na viabilidade econômica, é considerado que o ICMS incide em 100% da geração.

### **1.4 Estrutura do trabalho**

O trabalho está estruturado em cinco capítulos. No primeiro capítulo tem-se uma breve introdução, apresentando o tema e a contextualização sobre o assunto, a motivação para a realização da pesquisa, bem como os objetivos estabelecidos. O segundo capítulo traz a revisão bibliográfica, com panorama da energia solar no Brasil e no Mundo, explicando o funcionamento dos materiais utilizados para captação da irradiação solar e sua conversão em eletricidade, bem como os indicadores de análise de viabilidade do projeto e incentivos governamentais.

A metodologia do trabalho é demonstrada no terceiro capítulo, explicando de que forma foi realizado o trabalho, para chegar à análise dos resultados obtidos, que são demonstrados no capítulo 4 com as comparações sobre o impacto da isenção do ICMS, considerando cenários para as diferentes bandeiras tarifárias. Já o quinto e último capítulo apresenta as considerações finais sobre o tema, bem como são apresentadas sugestões para trabalhos futuros.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Panorama da energia fotovoltaica no mundo

Nas últimas décadas, em busca de uma melhor qualidade de vida, com o desenvolvimento da indústria e da tecnologia, houve um aumento muito grande na quantidade e variedade de equipamentos eletroeletrônicos, naturalmente ocasionando significativo aumento na demanda energética.

No final de 2009, a potência instalada em sistemas de energia solar fotovoltaica na Terra era de 23 GW, equivalente a aproximadamente 15 termoelétricas a carvão de médio porte (SOLAR GENERATION 6 – Full Report, EPIA, 2011). Já no final de 2017, a capacidade instalada em sistemas de energia solar fotovoltaica no mundo era de aproximadamente 402,5 GW (AIE, 2017, p. 6), o que demonstra o imenso crescimento neste setor. Ainda, de acordo com a Agência Internacional de Energia (2015), em 2013 a produção mundial de energia foi de 23.391 TWh, um crescimento de 2,9% em comparação com a produção de 2012 e uma média de crescimento de 3,4% desde 1973, sendo que 67.2% deste total foi produzido a partir de combustíveis fósseis (AIE, 2015).

Pode-se observar que, no ano de 2015, foram implementados em todo mundo uma média de 50 GW de capacidade de geração de energia solar fotovoltaica, um aumento de 25% com relação ao ano 2014 (NASCIMENTO, 2017). No entanto, houve uma evolução de investimentos em energia solar fotovoltaica no mundo, e a capacidade instalada total, em 2017, chegou a 402,5 GW, conforme pode ser visualizado em IEA, BE e JP (2018).

A Figura 1 mostra, respectivamente, os melhores países para instalação de sistemas fotovoltaicos e a capacidade total instalada até 2017, com destaque para a China que possui diversas usinas instaladas, com uma capacidade instalada de aproximadamente 131 GW, sendo assim, a China é o país que está em primeiro lugar no ranqueamento dos países com mais energia solar fotovoltaica instalada, seguida pelos Estados Unidos com 51 GW e em terceira posição o Japão com 49 GW. A China ainda tem destaque, ocupando a primeira posição entre os 10 melhores países promissores para investimentos em sistemas de geração fotovoltaica, com aproximadamente 53 GW, e o Brasil aparece nesta lista ocupando a décima posição, com aproximadamente 1 GW.

Figura 1 – Os 10 melhores países para instalações de sistemas fotovoltaicos e capacidade total instalada em 2017

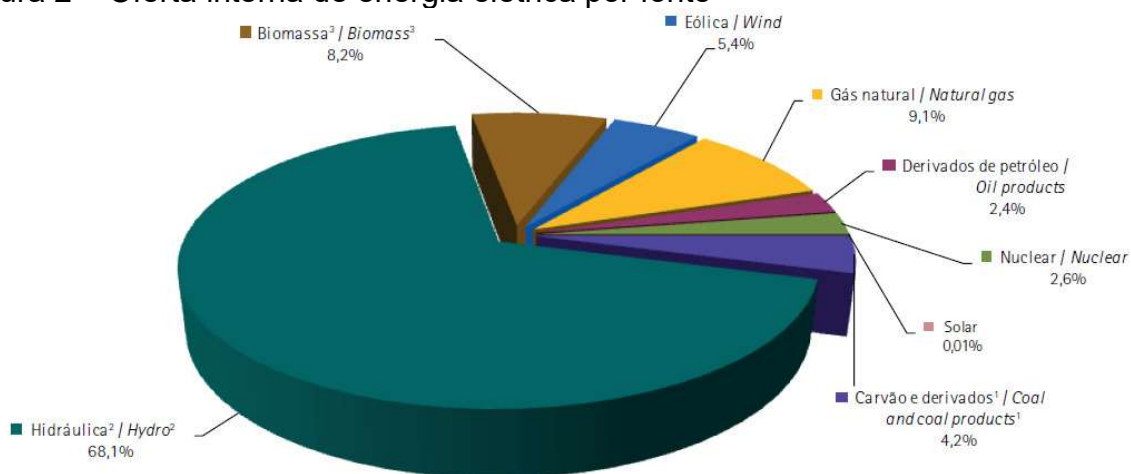
1		China	53 GW	1		China	131 GW
2		USA	10,6 GW	2		USA	51 GW
3		India	9,1 GW	3		Japan	49 GW
4		Japan	7 GW	4		Germany	42 GW
5		Turkey	2,6 GW	5		Italy	19,7 GW
6		Germany	1,8 GW	6		India	18,3 GW
7		Australia	1,25 GW	7		UK	12,7 GW
8		Korea	1,2 GW	8		France	8 GW
9		UK	0,9 GW	9		Australia	7,2 GW
10		Brazil	0,9 GW	10		Spain	5,6 GW

Fonte: IEA; BE; JP (2018, p. 10)

## 2.2 Panorama da energia fotovoltaica no Brasil

Muito embora a matriz energética brasileira seja predominantemente composta por fontes renováveis hídricas (Figura 2), cada vez está mais difícil a construção de novas usinas, tendo em vista que as regiões com potenciais hídricos de alta capacidade estão se esgotando e os impactos ambientais e sociais causados pela sua implantação são cada vez mais considerados (HINATA, 2016).

Figura 2 – Oferta interna de energia elétrica por fonte



Notas / Notes:

1. Inclui gás de coqueria / Includes coke oven gas

2. Inclui importação de eletricidade / Includes electricity imports

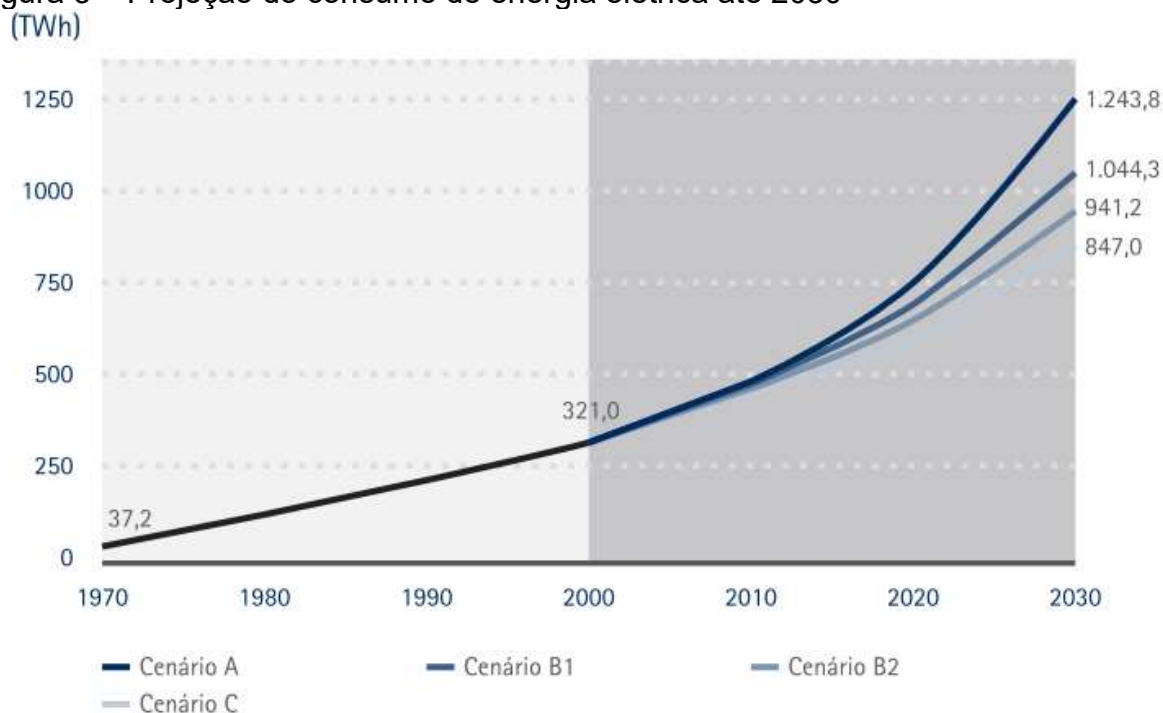
3. Inclui lenha, bagaço de cana, lixívia e outras recuperações / Includes firewood, sugarcane bagasse, black-liquor and other primary sources

Fonte: Adaptado de EPE-BEN (2017, p.16)

No Brasil, entre 1995 e 2016, houve um aumento de aproximadamente 89% no consumo de energia (EPE, 2017). O Ministério de Minas e Energia (MME) e a

Empresa de Pesquisa Energética (EPE) estimam que o consumo de energia aumente em 70% até 2030, como pode ser observado na Figura 3.

Figura 3 – Projeção do consumo de energia elétrica até 2030



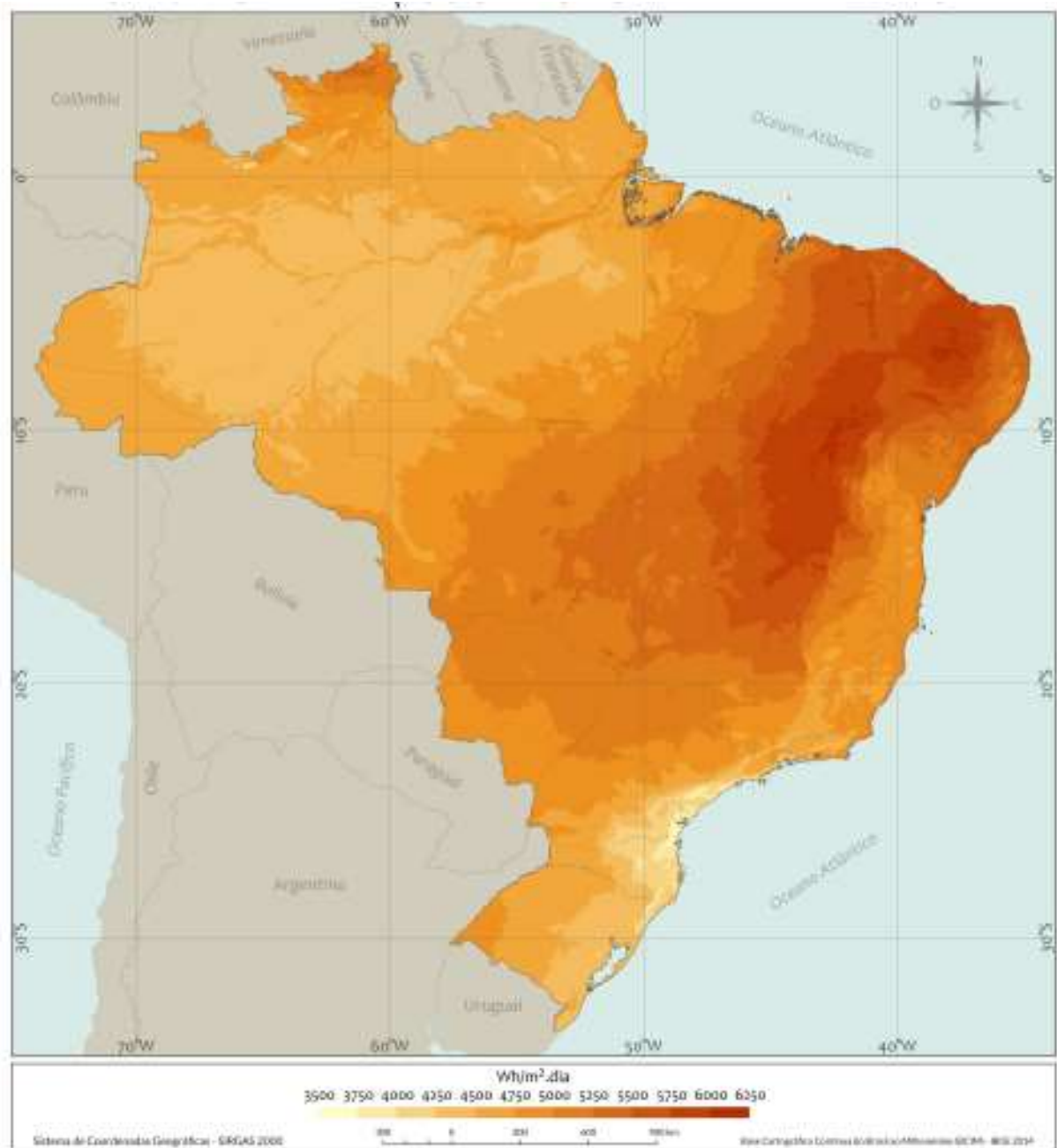
Fonte: Plano Nacional de Energia 2030 – EPE (2006, p. 180)

Os estados brasileiros com maior geração de energia solar e maiores usinas instaladas são, respectivamente: Pernambuco (Fontes Solar 1 e 2 com potência instalada de 5 MW em cada uma delas); Santa Catarina (Nova Aurora com 3,07 MW de potência instalada); Bahia (Sol Morada Salitre com 2,1 MW), que compõem as três maiores usinas de energia solar fotovoltaica instaladas no Brasil (ENERGIA, 2015).

Os maiores números de irradiação são encontrados na região central da Bahia, cerca de  $6,5 \text{ KWh/dia/m}^2$ , sendo que tais regiões têm climas apropriados para instalações de usinas solares, com clima bastante seco e pouca nebulosidade, além de um nível elevado de irradiação solar. A irradiação média no Brasil é em torno de  $1500\text{-}2500 \text{ KWh/m}^2$ .

Pode-se observar a grande incidência de irradiação solar no Brasil através do Atlas Brasileiro de Energia Solar (PEREIRA et al., 2006). Na Figura 4 percebe-se que a região nordeste do Brasil é a que possui um dos melhores índices de irradiação solar já registrado no mundo e uma das menores médias de oscilação anual.

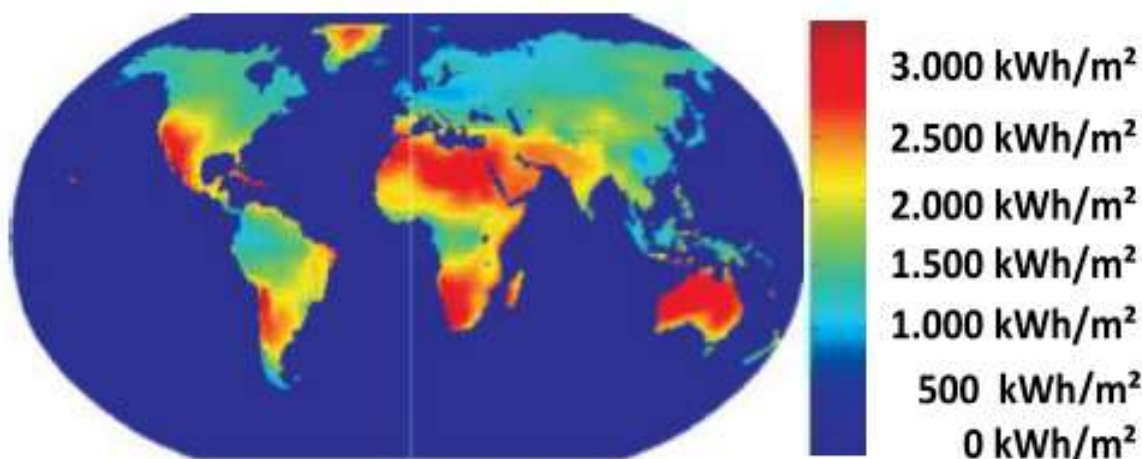
Figura 4 – Radiação solar global horizontal média anual



Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar (2017, p. 36)

Ao comparar esses valores com grandes países na União Europeia, é possível perceber, por exemplo, que os melhores índices de irradiação solar na Alemanha (900-1250 kWh/m<sup>2</sup>) são inferiores aos menores índices no Brasil. Esse comparativo mostra o quanto existe potencial para crescer e explorar neste setor, uma vez que países com menores índices de irradiação solar estão entre os maiores em geração de energia solar. A Figura 5 mostra a irradiação solar no Brasil e os outros países do planeta terra (ENERGIA, 2015).

Figura 5 – Irradiação solar terrestre



Fonte: ENERGIA (2017, p. 5)

Em 2016, de acordo com o MME 2017, o país tinha aproximadamente 81 MW de energia fotovoltaica instalada, equivalente a 0,05% da geração total de energia elétrica instalada no Brasil. Desse total de energia solar fotovoltaica, 57 MW é de geração distribuída e 24 MW de geração centralizada (NASCIMENTO, 2017).

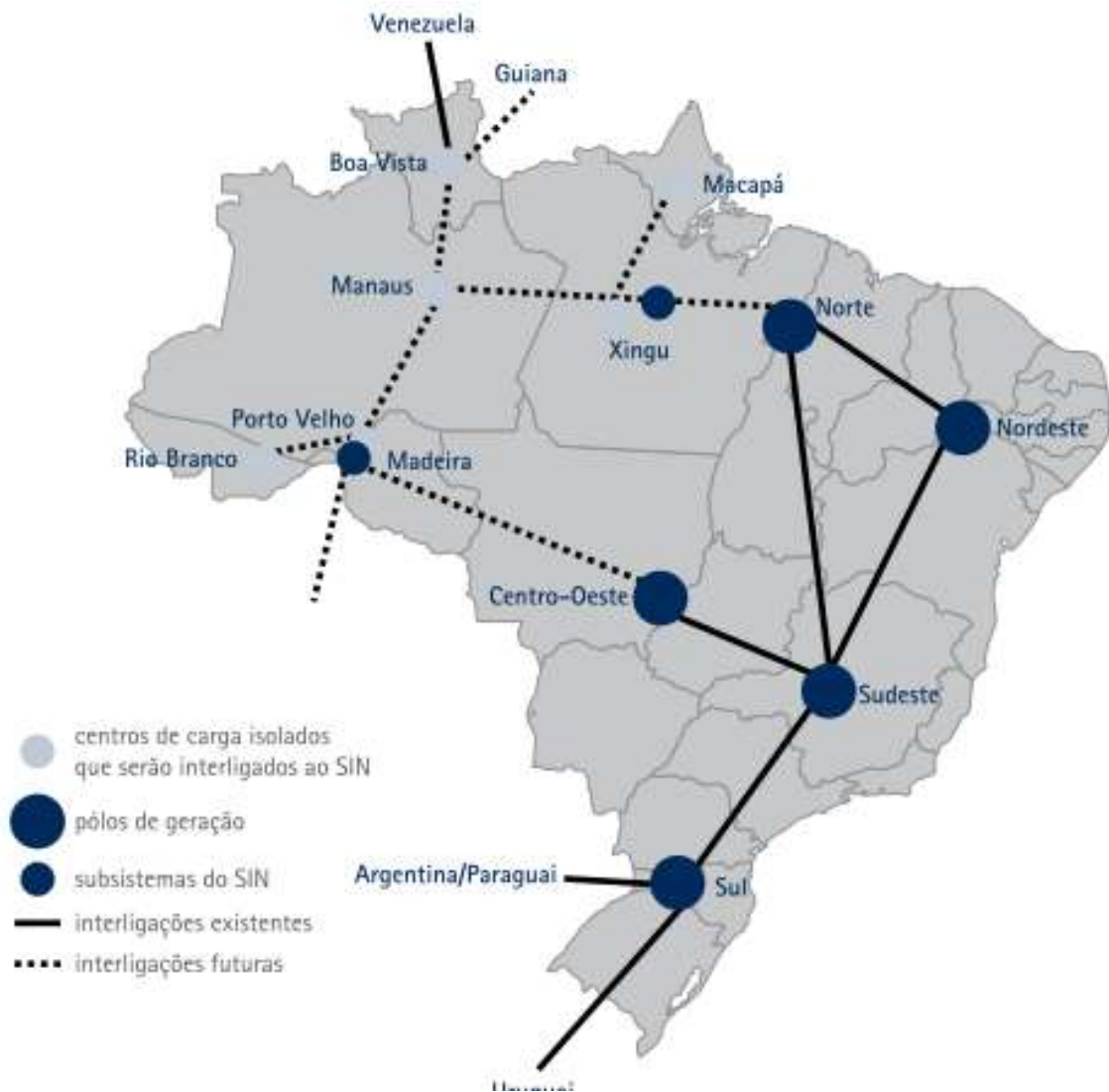
De acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) 2024, o Brasil vem acompanhando o crescimento mundial de aproveitamento da energia solar, que projeta que, em 2018, o país estará entre os vinte maiores países com potência instalada de energia solar, contando com cerca de 2,6 GW. Há também a perspectiva de que, no ano de 2024, a potência instalada no Brasil será de 8300 MW, sendo 1300 MW de geração distribuída e 7000 MW de descentralizada, correspondendo a 1% da matriz energética nacional (BRASIL, 2015).

A geração de energia no Brasil é caracterizada por geração centralizada de grande porte, o que acaba tornando as linhas de transmissão um elemento de grande importância no sistema, pois, por meio delas a energia gerada é levada aos consumidores deste país com proporções continentais, como pode ser observado na Figura 6.

Este sistema de transmissão possui perdas que, em 2016, segundo a (EPE, 2017), chegaram em 19,3%. A geração distribuída, caracterizada pela geração de energia próxima ao consumo, se apresenta como uma excelente alternativa para aliviar o Sistema Interligado Nacional (SIN) e acrescentar robustez à matriz energética nacional (ZILLES, 2012).



Figura 6 – Intercâmbio de energia elétrica entre as regiões do SIN em 2016 – (MW médio)



Fonte: EPE (2017, p.198)

### 2.3 Histórico da energia solar fotovoltaica

Em 1839, Alexandre Becquerel, físico e cientista francês, constatou uma pequena diferença de potencial entre eletrodos de metal imersos em uma solução ácida após a incidência de luz. Em 1876, um efeito similar foi observado em um material sólido formado pela junção de selênio e platina pelos cientistas ingleses W.G Adams e R. E. Day (ZILLES et al., 2017).

Czochralski desenvolveu, em 1918, um método de fabricação de cristais de silício que são a base para os materiais semicondutores utilizados nas células fotovoltaicas. Em 1950, pesquisadores dos Laboratórios Bell (Bell Labs) conseguiram



introduzir impurezas em cristais de silício, tornando-os materiais semicondutores e, constatou-se que esse silício dopado também reagia à luminosidade (ZILLES et al., 2017).

Na Figura 7 pode ser observada uma das primeiras células fotovoltaicas a utilizar o silício como semicondutor, desenvolvida no Bell Labs em 1954. O fenômeno de conversão fotovoltaica remete ao século XIX, quando alguns cientistas observaram fenômenos físicos que permitiam a conversão da luz em energia elétrica (ZILLES et al., 2017).

Figura 7 – Engenheiro da Bell Labs testando uma célula solar em 1954



Fonte: The Porticus Centre (2001, não paginado)

## 2.4 O efeito fotovoltaico

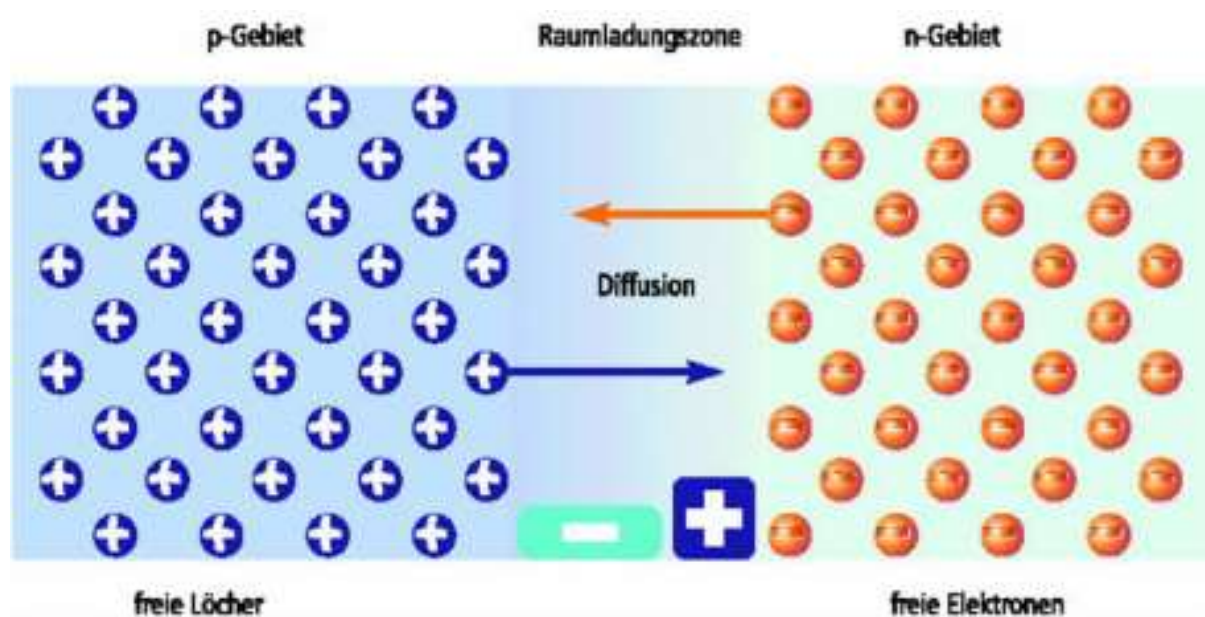
O efeito fotovoltaico é a emissão de elétrons por um material semicondutor quando exposto a luz visível, em outras palavras, é um fenômeno físico que permite a transformação direta da radiação solar em energia elétrica. Dentre a gama de materiais semicondutores atualmente disponíveis e apropriados para a conversão fotovoltaica, o silício se destaca por ser o segundo elemento mais abundante no planeta, e por ter o melhor custo-benefício (VILLALVA, 2012).

Para que o silício seja um material semicondutor sensível à luz, é preciso que suas características elétricas sejam alteradas. Segundo Villalva (2015) e Zilles (2017),

para tornar o silício sensível à luz, o cristal de silício puro é dopado com um material receptor de elétrons (deficiência de elétrons), chamada de lacunas, e criando uma região de densidade de carga positiva, a região do tipo P.

Da mesma forma, outro material dopante, com característica de doador (excesso de elétrons) é introduzido e cria-se uma região de densidade de carga negativa, conhecida como região do tipo N. Entre essas duas regiões forma-se a junção P-N. Os elétrons da região N tendem a migrar para a região P e as lacunas da região P tendem a migrar para a região N. Quando um elétron ou uma lacuna trocam de região, remanesce um íon positivo na região N e um íon negativo na região P. Esses íons formam um campo elétrico com origem nos íons positivos e término nos íons negativos e com direção oposta à direção original de difusão das cargas levando o material semiconductor a um equilíbrio elétrico. Essa região formada pelos íons e com um campo elétrico é chamada de região de depleção. Tal estado é mostrado de forma resumida na Figura 8.

Figura 8 – Junção P-N

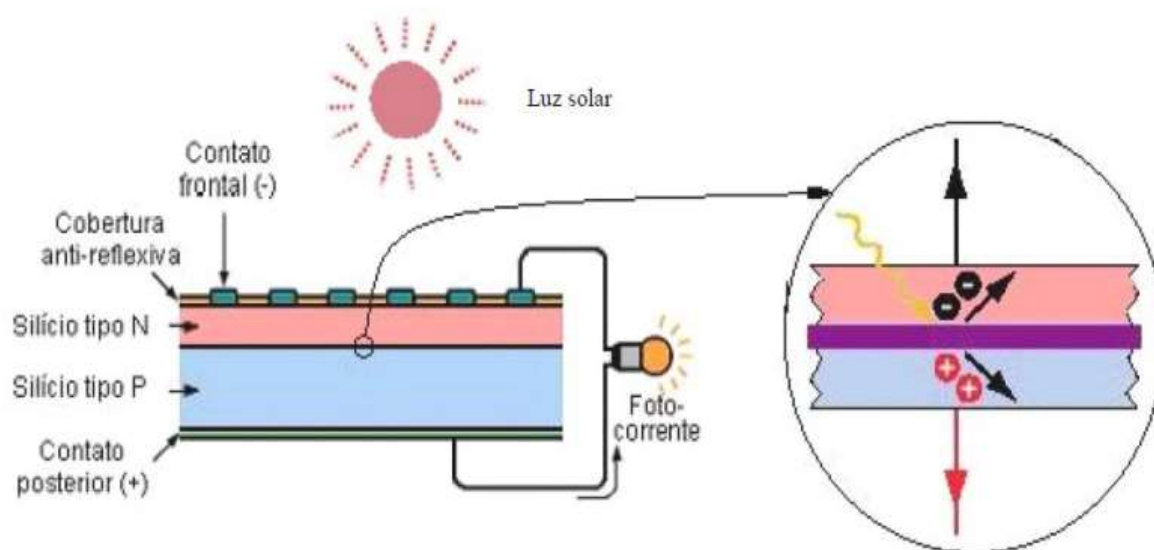


Fonte: Blue-sol (2016, p. 29)

Ainda, segundo Villalva (2015) e Zilles (2017), a região superior do semiconductor é a do tipo N. Essa região permite que a radiação solar atinja a junção P-N e transfira a energia para os elétrons da banda de valência. Se a energia incidente for suficiente para libertar o elétron da sua ligação química, ele passa para a banda de condução e cria-se um par elétron-lacuna.

Devido ao campo elétrico na região de depleção, o elétron é atraído para região N e a lacuna para a região P, estabelecendo uma diferença de potencial entre cada lado da junção. Quando são conectados os terminais de uma carga em cada lado da junção, se estabelece uma corrente elétrica, caracterizando o efeito fotovoltaico, em que a energia contida na radiação solar é transformada em energia elétrica. A Figura 9 ilustra o efeito fotovoltaico.

Figura 9 – Efeito fotovoltaico em um semicondutor



Fonte: Vera (2004, p.38)

## 2.5 Tipos de conexão à rede elétrica

Para realizar a conexão da usina fotovoltaica à rede elétrica existem três diferentes possibilidades: On-grid, Off-Grid e On/off-Grid.

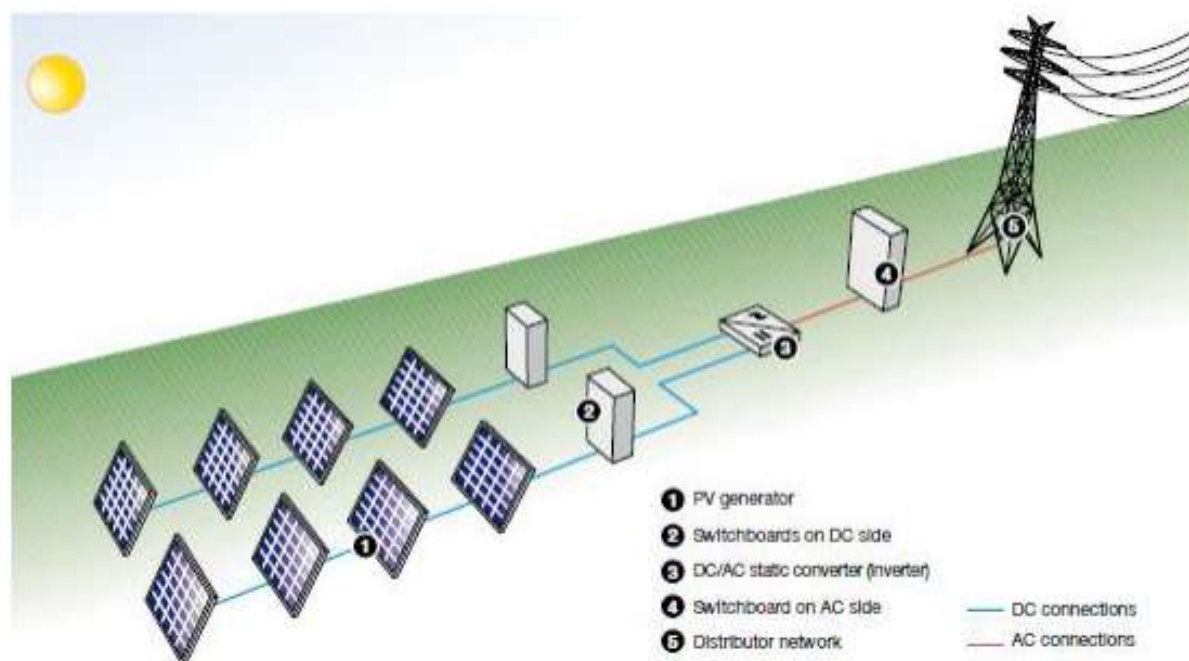
### 2.5.1 Sistemas interligados à rede - On-Grid

Os sistemas *on grid* são ligados diretamente à rede elétrica de distribuição de energia. O sistema fotovoltaico opera de forma conjunta com a rede, sendo que, quando o gerador fotovoltaico não consegue produzir a energia necessária, a rede supre a carga, caso contrário, se o sistema fotovoltaico produzir energia excedente, esta é injetada na rede, não necessitando de acumuladores.

A grande vantagem é a geração ser distribuída, ou seja, sua energia é produzida nas áreas de consumo não apresentando perdas com transmissão (ABB,

2010). Uma grande vantagem desse sistema é o fato de dispensar as baterias, o que reduz seu custo de instalação em cerca de 30% (SOLARTERRA, 2011). A rede elétrica de distribuição pública aceita certo limite de potência intermitente, para não causar problemas relacionados à estabilidade do sistema, que depende da configuração da rede e do grau de conexão com esta. A Figura 10 apresenta o esquema de ligação simplificado de um sistema interligado à rede elétrica.

Figura 10 – Sistema interligado à rede elétrica



Fonte: ABB (2010, p. 16)

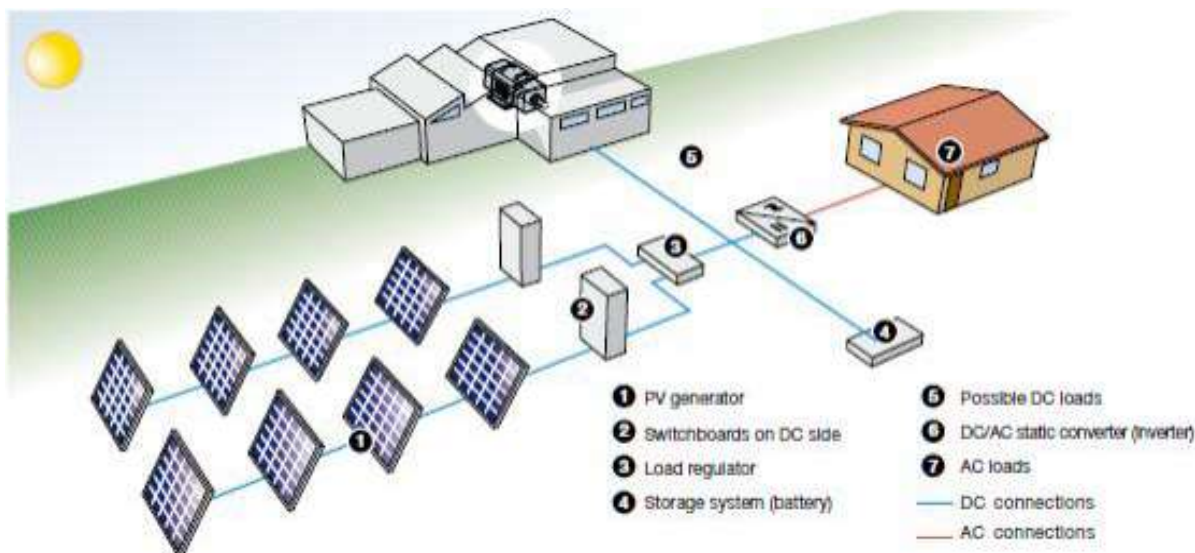
### 2.5.2 Sistemas isolados ou autônomos - Off-Grid

São sistemas *off grid*, que devem possuir um sistema de armazenamento de energia e, caso haja a necessidade de corrente alternada, deve-se fazer uso de um inversor. São sistemas puramente fotovoltaicos que se tornam vantajosos, de forma técnica e financeira, em pontos isolados do sistema elétrico tradicional, como áreas rurais afastadas.

Para a instalação de tal sistema é necessário que o local possua condições climáticas extremamente favoráveis, ou seja, radiação solar elevada, poucas nuvens para evitar sombreamentos, entre outros. As aplicações mais comuns são: equipamentos de bombeamento de água, rádios de observação do tempo, sistemas

de luzes em estradas, portos e aeroportos, abastecimento de campos, anúncios, lugares de alta altitude. A Figura 11 exemplifica um sistema isolado.

Figura 11 – Sistema isolado



Fonte: ABB (2010, p. 15)

### 2.5.3 On/Off-Grid

Sistema conectado à rede de distribuição elétrica e a um sistema de armazenamento, onde atua de maneira bilateral carregando e exportando o excedente de energia produzida.

## 2.6 Componentes do Sistema Fotovoltaico

### 2.6.1 Módulo Fotovoltaico

Segundo a NBR 5410 (ABNT, 2012), o módulo fotovoltaico é uma unidade básica formada por um conjunto de células feitas principalmente de silício, material com capacidade de absorver partículas dos raios solares e converter em corrente contínua, que pode conter de 36 a 216 células em conjunto, em série ou em paralelo, dependendo da aplicação e dos parâmetros elétricos como tensão corrente e potência.

Essas células são agrupadas com soldas e encapsuladas, isso para uma proteção do painel de umidades e também de temperaturas muito elevadas como os raios UV. Basicamente, os painéis são formados por cobertura frontal,



encapsulamento, células fotovoltaicas, interconexões elétricas e caixas de bornes, cobertura posterior e moldura metálica (SHAH et al., 1999).

O encapsulamento é feito por um material conhecido como polímero termoplástico transparente, que é resistente a umidade, um isolante elétrico e também resistente à radiação solar (raios UV). As células fotovoltaicas, interconexões elétricas e caixas de bornes é um conjunto elétrico do módulo. A moldura posterior é feita, geralmente, do material PVF (fluoreto de polivinil), mas dependendo da aplicação é utilizado um segundo vidro, e a moldura metálica para facilitar a fixação é feita de alumínio anodizado que ajuda também na rigidez mecânica dos módulos (VILLALVA et al., 2010).

É muito importante levar em consideração as geometrias das células, pois, atualmente existem no mercado células quadradas e redondas. A célula redonda tem uma vantagem por não apresentar desperdício de material porque o crescimento de silício é cilíndrico, mas elas não se encaixam perfeitamente na placa, dessa forma, perde-se espaço. Já as células quadradas se encaixam perfeitamente no espaço, ocupando toda a placa (ASSUNÇÃO, 2014).

Figura 12 – Estrutura de um painel fotovoltaico com suas diferentes camadas



Fonte: Botega (2017, p. 20)

### 2.6.2 Inversor Fotovoltaico

O inversor é um conversor CC-CA que processa a energia gerada nos módulos fotovoltaicos. Ele é de uso obrigatório nos SFCR e de uso opcional nos sistemas off-grid, dependendo das características da carga. Assim, é através do inversor que

ocorre a conversão da energia em corrente contínua, gerada nos módulos, para corrente alternada.

Para realizar essa conversão, o inversor recebe a potência em corrente contínua e, por meio da comutação de interruptores, através de estratégias de modulação, ele converte essa corrente em corrente alternada, de modo a obter na saída uma onda senoidal com os mesmos parâmetros da onda senoidal da concessionária de energia, no caso dos SFCR.

### 2.6.3 Controlador de carga

O controlador de carga é um dispositivo utilizado em sistemas fotovoltaicos autônomos a fim de proteger a bateria de danos irreversíveis causados por cargas e descargas excessivas, o que também auxilia no prolongamento da vida útil das baterias (PINHO; GALDINO, 2014). O controlador de carga deve ser específico para cada tipo de bateria devido ao perfil de carga de cada tipo.

Existe mais de um tipo de controlador de carga e eles diferem entre si pela estratégia de controle utilizada, método de desconexão do arranjo fotovoltaico e parâmetro elétrico utilizado para o controle. O controlador mais comum e de menor custo é do tipo ON/OFF série ou paralelo, mostrados nas Figura 13 e Figura 14, respectivamente. No controlador 56 série, quando a tensão da bateria está abaixo da máxima, a chave  $S_1$  é fechada e o arranjo fotovoltaico fornece energia para recarregar a bateria.

Figura 13 – Controlador de carga do tipo ON-OFF série

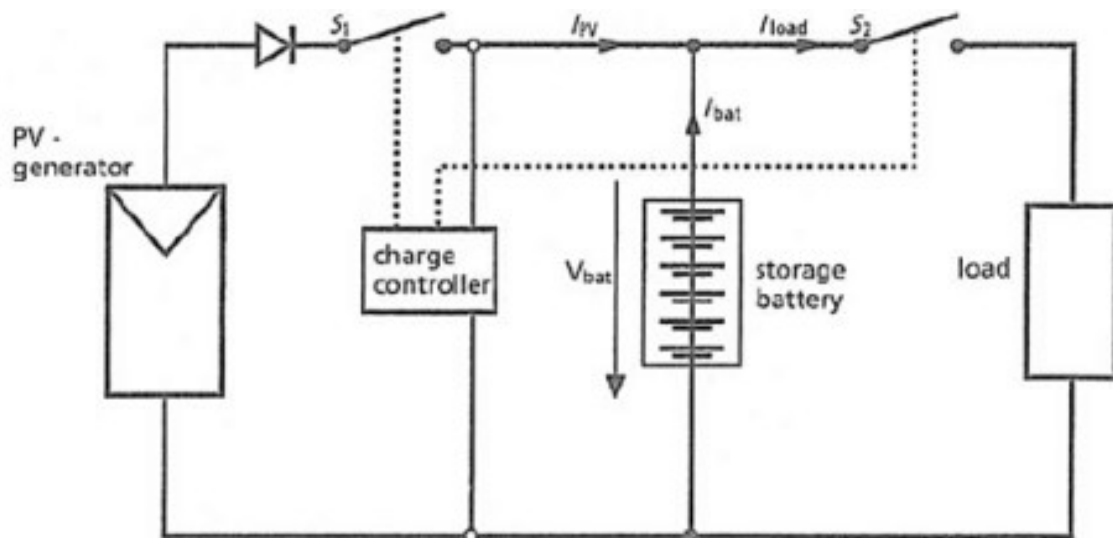
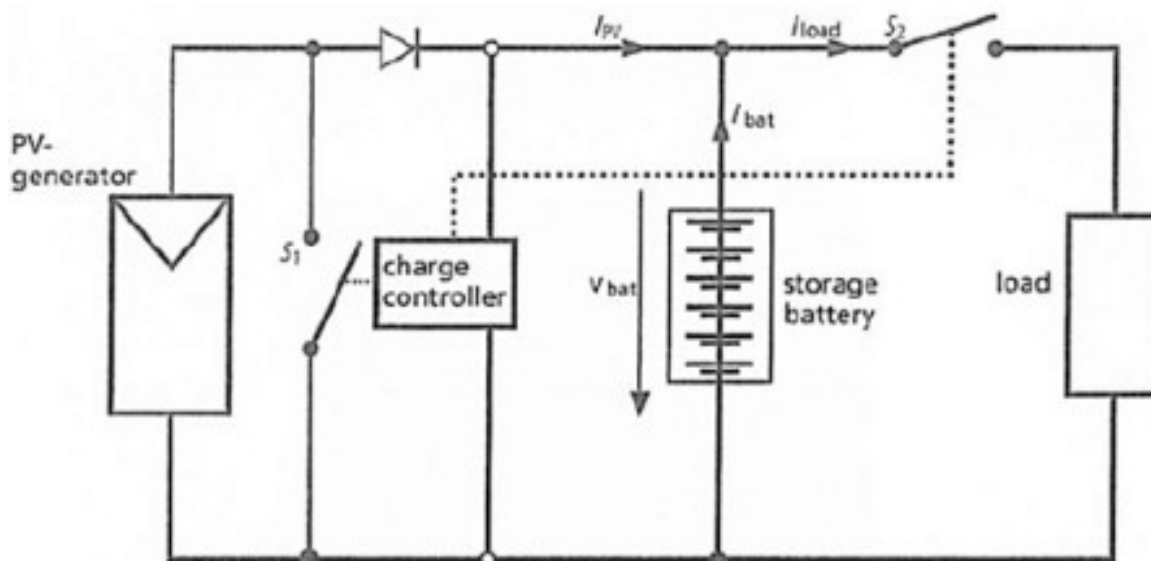


Figura 14 – Controlador de carga do tipo ON-OFF paralelo



Fonte: Blue-sol (2016, p.92)

#### 2.6.4 Banco de baterias

A bateria é um componente presente nos sistemas híbridos e autônomos e são elas as responsáveis por armazenar o excedente de energia para ser utilizado em momentos em que a geração fotovoltaica não é o suficiente para suprir a carga.

As baterias são elementos de alto custo e sensíveis à sobretensão, sobrecorrente, subtensão e sobretemperatura, portanto, a menos que o banco de baterias possua uma eletrônica própria para monitorar esses parâmetros, o uso de um controlador de carga é imprescindível para preservar o banco de baterias.

O tipo de bateria mais utilizada nos sistemas fotovoltaicos autônomos é a de chumbo ácido devido ao seu menor custo. Esse tipo de bateria apresenta uma baixa densidade de energia em relação as baterias de lítio. As baterias de lítio-íon apresentam algumas vantagens, em relação às baterias de chumbo ácido, expostas a seguir:

- menor tempo de carregamento;
- algoritmo de carregamento simples;
- alta densidade de energia e de potência;
- maior ciclo de vida;
- livre de manutenção, se utilizar um BMS;
- baixa resistência interna;



- baixa taxa de auto-descarga.

Em meio a tantas vantagens, a sua principal desvantagem continua sendo seu custo elevado. Entretanto, para aplicações onde a confiabilidade do sistema deve ser alta, as baterias de lítio-íon são excelentes candidatas.

### **2.6.5 Proteções CC e CA**

Apesar de apresentarem um custo a mais no projeto, as proteções acrescentam confiabilidade e robustez ao sistema. Os inversores para SFCR já possuem algumas proteções integradas como: anti-ilhamento, polaridade invertida, falta de fase, curto-circuito entre outras. Entretanto, algumas proteções adicionais são necessárias, tanto para os SFCR, quanto para os sistemas isolados.

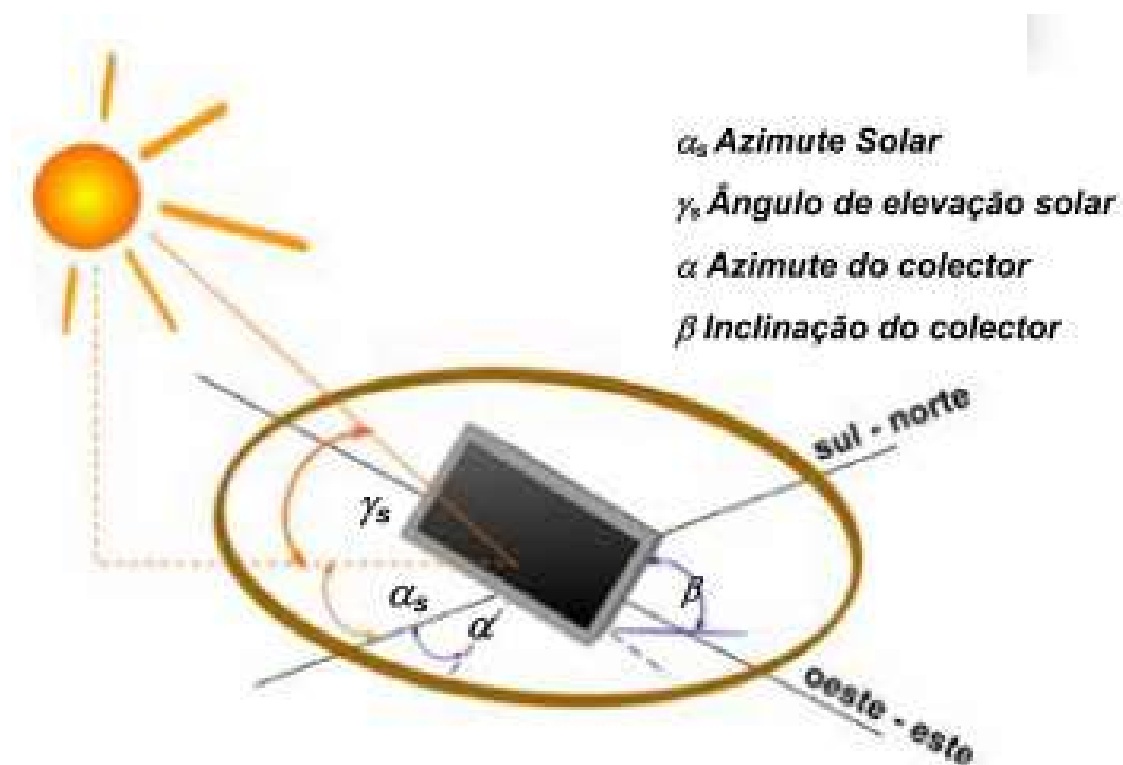
As proteções adicionais fundamentais são: disjuntor para corrente contínua e corrente alternada, dispositivo de proteção contra surto (DPS) para corrente contínua e corrente alternada, e sistema de aterramento. O DPS tem a função de proteger a instalação e os equipamentos de sobretensões elevadas, como as causadas, por exemplo, por descarga atmosférica. O sistema de aterramento tem que ser eficiente, de modo a garantir o correto funcionamento do DPS e permitir a condução de correntes de fuga para a terra, diminuindo a probabilidade de ocorrer um choque elétrico no operador do sistema fotovoltaico.

## **2.7 Características locais para geração de energia fotovoltaica**

### **2.7.1 Definição do ângulo de inclinação**

É necessário que haja um conhecimento do posicionamento do sol durante o decorrer do dia, determinando em primeiro lugar a latitude a ser instalada o PV. Isso faz com que a inclinação do painel seja feita com a finalidade de receber uma maior irradiação solar diária. Para isso, utiliza-se as orientações de direção da rosa dos ventos, norte, sul, leste e oeste, onde cada um representa uma componente angular com relação ao sol. Adotando  $\alpha = 0^\circ$  para a direção Sul e Norte,  $\alpha = -90^\circ$  para leste e  $\alpha = 90^\circ$  para oeste. Essa decomposição é demonstrada na Figura 15.

Figura 15 - Representação dos ângulos para determinação da inclinação do PV



Fonte: GREENPRO (2004, p. 2.11)

## 2.7.2 Influência da temperatura e irradiação no rendimento do PV

### 2.7.2.1 Variação de temperatura

Diferentemente do que acontece com a radiação solar, a temperatura da célula interfere muito pouco com suas variações, em relação a corrente gerada pelo módulo fotovoltaico, no entanto, com o aumento de temperatura ocorre um decaimento da tensão do circuito aberto do módulo fotovoltaico, e significa que o aumento de temperatura faz com que sua potência fique menor (CAMPOS, 2013).

### 2.7.2.2 Variação de irradiação

A irradiação sobre a terra não é constante por existir vários fatores climáticos, e essa variação no PV, proporciona uma variação na corrente gerada por este painel. A tensão do circuito aberto quase não existe alteração, caso a irradiação for muito baixa, o rendimento de geração de energia do PV vai ser afetada bruscamente e, no caso de alta irradiação solar, a geração do PV terá um ótimo rendimento (CAMPOS, 2013).

### 2.7.3 Sombreamentos

Quando se tem um sistema de placas fotovoltaica com algumas células com sombreamento, ocorre perda de energia, por ter uma redução de energia gerada e um aumento de perda nas células sombreadas.

Alguns tipos de sombreamento são (LOPES, 2013):

- Sombreamentos temporários: sombreamento que permanece por pouco tempo e logo desaparece como, por exemplo, o sombreamento causado por folhas que caem no PV, alguma sujeira no vidro ou até mesmo nuvens passageiras;
- Sombreamento de construção: ocorre por algum tipo de interferência do próprio edifício como, por exemplo, chaminés, estruturas de para raios, antenas, etc;
- Sombreamento pela posição: causado por árvores construções como edifícios, ou qualquer construção alta que, dependendo do horário, causa sombra sobre os PV.

### 2.8 Políticas públicas de incentivo à geração fotovoltaica

A Agencia Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), visando incentivar a produção independente de energia solar lançou no ano de 2012 a Resolução Normativa 482 (ANEEL, 2012), que foi atualizada pela Resolução Normativa 687 (ANEEL, 2015) – em vigor desde 01 de março de 2016 –, que estabelece uma compensação de energia, que permite ao consumidor gerar sua própria energia elétrica e injetar o seu excedente diretamente à rede elétrica de distribuição (ANEEL, 2012).

Somam-se aos incentivos do Governo brasileiro à geração fotovoltaica programas como o ProGD (Programa de Desenvolvimento da Geração de Energia Elétrica; as Chamadas Públicas (CP) da ANEEL – com arranjos técnicos e comerciais para instalação de energia solar fotovoltaica; a Isenção de IPI; a Isenção de ICMS, PIS e CONFINS na geração distribuída; descontos na TUST e TUSD; inclusão no programa Mais Alimentos e também apoio BNDES com plano de inovação energia (ENERGIA, 2015).

Atualmente, a maioria dos estados já oferece algumas vantagens, como isenção de impostos para quem opta em investir em geração distribuída de energia. Alguns desses incentivos foram consolidados, em forma de política pública de fomento para o setor, no Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD), lançado pelo Governo Federal em dezembro de 2015.

### 2.8.1 Resolução Normativa - REN 482/12

A Resolução 482/12 da ANEEL, de 17 de abril de 2012 (ANEEL, 2012) pode ser considerada como um marco do segmento da geração distribuída. Ela estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída (sistemas de energia solar e outros geradores de energia renovável) aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação (créditos de energia). Também é conhecida por lei de incentivo à energia solar. Com base nesta REN, é permitido o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica nacionais (redes elétricas das concessionárias. Isso permite que o consumidor ativamente cadastrado no Ministério da Fazenda (CPF ou CNPJ) tenha concessão para conectar um sistema gerador de energia elétrica próprio, oriundo de fontes renováveis (hidráulica, Solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada), paralelamente às redes de distribuição das concessionárias.

É importante esclarecer que no Art. 2º da REN 482/12 constam as seguintes definições (ANEEL, 2012, p. 1-3):

I - microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras; (REN ANEEL 482, 2012, p. 01)

II - minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5 MW para cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou para as demais fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras; (REN ANEEL 482, 2012, p. 01)

III - sistema de compensação de energia elétrica: sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa; (REN ANEEL 482, 2012, p. 02)

IV - melhoria: instalação, substituição ou reforma de equipamentos em instalações de distribuição existentes, ou a adequação destas instalações, visando manter a prestação de serviço adequado de energia elétrica; (REN ANEEL 482, 2012, p. 02)

V - reforço: instalação, substituição ou reforma de equipamentos em instalações de distribuição existentes, ou a adequação destas instalações, para aumento de capacidade de distribuição, de confiabilidade do sistema de distribuição, de vida útil ou para conexão de usuários; (REN ANEEL 482, 2012, p. 02)

VI - 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; (REN ANEEL 482, 2012, p. 02)

VII - 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; (REN ANEEL 482, 2012, p. 03)

VIII - 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. (REN ANEEL 482, 2012, p. 03)

A Resolução 482/12 da ANEEL também traz algumas medidas importante, quais sejam (ANEEL, 2012):

- compensação de créditos por posto horário;
- quanto a demanda contratada;
- validade dos créditos de energia solar é de 60 meses;
- o novo relógio bi-direcional medidor de consumo e geração de energia.

### **2.8.2 Resolução Normativa – REN 687/15**

A Resolução 482/12 da ANEEL sofreu atualizações em 01 de março de 2016, quando entrou em vigor a Resolução Normativa 687, de 24 de novembro de 2015, (ANEEL 2015), na qual esta última traz grande impacto diretamente sobre o mercado de energia elétrica para microgeração e minigeração distribuídas.

A REN 687/15 diminui a burocracia para a inserção das centrais geradoras junto às concessionárias de energia elétrica, beneficiando também de forma direta, a mão de obra capacitada, com o surgimento de novos postos de trabalho (ANEEL 2015).

Destacam-se, na supracitada Resolução, algumas alterações importantes como o aumento no prazo para uso dos créditos energéticos (antes de 36 meses, agora de 60 meses); o período para a aprovação do sistema fotovoltaico junto à concessionária teve uma significativa mudança, de 82 para 34 dias, e a potência limite para microgeração e minigeração distribuída também sofreu alteração, compreendida por:

- Microgeração – Sistema gerador de energia elétrica através de fontes renováveis, com potência instalada inferior ou igual a 75 kW (era de até 100 kW);
- Minigeração – Sistema gerador de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW (para fonte hídrica) e menor ou igual a 5 MW para as demais fontes renováveis (solar, eólica, biomassa e cogeração qualificada).

Um dos principais destaques da atualização da Resolução 482/12 da ANEEL, é que fica vedada a concessão do acesso à rede por parte de concessionária local quando caracterizada a venda de créditos energéticos por parte dos consumidores geradores a outrem e, no caso de geração remota em áreas locais, que caracterize a relação de cobrança de mensalidade em proporção a energia gerada (ANEEL, 2015).

### **2.8.3 Isenção de ICMS**

Regulamentada pelo Convênio ICMS nº 16/2015, do Conselho Nacional de Política Fazendária (Confaz), já possui a adesão de 23 estados mais o Distrito Federal. Apenas Amazonas, Paraná e Santa Catarina ainda estão fora do acordo, que prevê a isenção da cobrança desse imposto sobre a energia inserida pelo consumidor na rede da distribuidora.

Para os estados que ainda não isentaram (Amazonas, Paraná e Santa Catarina), o imposto de ICMS vai incidir sobre os créditos, assim reduzindo um pouco a quantidade que o cliente "acumula". Por exemplo, em um estado com ICMS de 15%, para cada 1 kWh de energia injetado na rede gera um crédito de 0,85 kWh. Ou seja, o ICMS, quando incide sobre a energia solar nos estados que ainda não aderiram à decisão do Ministério da Fazenda, reduz os créditos de energia do cliente.

### **2.8.4 Isenção de PIS/Cofins:**

Além de não pagar ICMS, também ficará isenta do PIS/Pasep e da Cofins a energia injetada pelo consumidor na rede elétrica e não compensada. Esse incentivo foi formalizado pela Lei nº 13.169, de 6 de outubro de 2015 (BRASIL, 2015).

O Governo Federal, através da Lei nº 13.169, isentou o PIS e COFINS a energia solar injetada na rede.

Art. 8º Ficam reduzidas a zero as alíquotas da Contribuição para o PIS/Pasep e da Contribuição para Financiamento da Seguridade Social – COFINS incidentes sobre a energia elétrica ativa fornecida pela distribuidora à unidade consumidora, na quantidade correspondente à soma da energia elétrica ativa injetada na rede de distribuição pela mesma unidade consumidora com os créditos de energia ativa originados na própria unidade consumidora no mesmo mês, em meses anteriores ou em outra unidade consumidora do mesmo titular, nos termos do Sistema de Compensação de Energia Elétrica para microgeração e minigeração distribuída, conforme regulamentação da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (BRASIL, 2015).

## **2.9 Indicadores de viabilidade econômica do projeto**

Para implementar um projeto, é importante elaborar a análise de viabilidade econômica e, nesta seção, serão apresentados alguns métodos que, como sugere Casarotto Filho (2011), são importantes nas tomadas de decisão, como o fluxo de caixa (investimento, custos e receitas), a Taxa Mínima de Atratividade (TMA), o Valor Presente Líquido (VPL), o Payback, preço Watt-pico e a tarifa de energia elétrica.

### **2.9.1 Fluxo de caixa**

Segundo Marion (1998), a Demonstração de Fluxo de Caixa (DFC) indica a origem de todo o dinheiro que entrou no caixa, bem como a aplicação de todo o dinheiro que saiu do caixa em determinado período, e, ainda o resultado do fluxo financeiro.

O fluxo de caixa representa, de acordo com Ferreira (2009), a sistematização das entradas (receitas) e saídas (custos, despesas, investimentos) de uma empresa em cada ano do ciclo de vida do produto.

Na construção do fluxo de caixa é importante determinar a variável relacionada ao custo inicial do projeto (investimento e capital de giro), bem como, estimar as receitas e os custos operacionais (fixos e variáveis). Ao se realizar o investimento, espera-se que o retorno, em valores monetários atuais, consiga remunerar o custo do capital acrescido de um adicional relativo ao risco do negócio (CLEMENTE, 2008).

Segundo Laponni (2000), a elaboração do fluxo de caixa de um projeto de investimento apresenta como procedimento mais prático, considerar somente as estimativas relevantes, de forma incremental, ou seja, as mudanças que o projeto trará para os resultados da empresa e, ainda, que a análise do projeto deve considerar três atividades, a seguir demonstradas:

- Data zero: data que ocorre o investimento;

- Data terminal: data em que há a recuperação do capital de giro (integral) e do investimento (parcial);
- Da data um até a data terminal: Fluxo de caixa operacional gerado pelo investimento durante o prazo de análise do projeto.

Para uma melhor visão do projeto e ter uma viabilidade mais correta, deve-se comparar com outros investimentos, mas um grande problema do fluxo de caixa é que não contabiliza o dinheiro conforme no tempo (BRITO, 2000).

Em outras palavras, um fluxo de caixa genérico depende diretamente da viabilidade econômica da geração de energia solar, que depende da energia gerada pelo sistema, tarifa e impostos da energia elétrica, características do sistema de geração e investimentos para a instalação do sistema (NAKABAYASHI, 2015).

### **2.9.2 Investimento total**

O investimento total refere-se à totalidade de recursos a serem investidos na implantação e/ou expansão da empresa. Para Rosa (2007), a composição do investimento total está relacionada à soma dos investimentos fixos (equipamentos, máquinas, móveis, utensílios, entre outros), com o capital de giro (recursos necessários para o funcionamento normal da empresa) e com os investimentos pré-operacionais (reformas, divulgação, despesas de legalização, entre outros).

Após a definição do investimento total deve-se avaliar se o capital necessário será disponibilizado a partir de recursos próprios ou de terceiros, identificando-se a proporcionalidade.

Para Casarotto Filho (2002), o dimensionamento do investimento fixo, a adequação do capital de giro e as amortizações de despesas pré-operacionais devem ter tratamento distintos, ou seja, cada item corresponderá a lançamentos individuais na elaboração do estudo de viabilidade econômico-financeira do projeto.

### **2.9.3 Custos**

Considera-se como custos fixos todos aqueles que, periodicamente, oneram a empresa, e isso independe do nível de atividade. Já os custos e as despesas variáveis são aqueles que variam proporcionalmente ao nível de atividade (CLEMENTE, 2008).

Para Lapponi (2000, p. 278), “no fluxo de caixa do projeto de investimento devem ser incluídos os custos completos e relevantes provocados pela aprovação do



projeto”. Este autor entende que os custos relacionados à produção e vendas não são difíceis de detectar e mensurar, sejam eles fixos ou variáveis.

#### **2.9.4 Preço Watt-pico**

Para obter uma estimativa do que vai ser gasto com o projeto, leva-se em conta preços dos equipamentos importados como módulos e inversores, assim como é importante considerar custos de frete, taxa, seguro, tributos e importação. Consideram custos de matérias extras, cabos, projeto e instalação para obter o preço do Watt-pico instalado. Segundo Nakabayashi (2015) as premissas usadas para o dinheiro gasto nacionalizado são:

- Incidência de Imposto de Importação de 12% sobre módulos e 14% sobre inversores; alíquota do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI), incidente sobre módulos fotovoltaicos, de 0%;
- a incidência de ICMS para inversores em 12% (embora a alíquota varie por estado);
- a incidência de PIS (1,65%) e COFINS (7,6%) sobre os módulos e inversores
- utilização de valores representativos de serviços aduaneiros.

O preço do Watt-pico considerado para este estudo, e delineamento do projeto é R\$ 3,9964, que é o valor calculado com base nas tabelas do Anexo 4. Considerando já os impostos sobre os produtos utilizados, se pode ter uma estimativa de custos para o sistema de geração de energia fotovoltaicas neste projeto, de acordo com a capacidade instalada.

#### **2.9.5 Valor Presente Líquido (VPL)**

De acordo com Hoji (2010), o Valor Presente Líquido (VPL) consiste em determinar o valor no instante inicial, descontando o fluxo de caixa líquido de cada período futuro gerado durante a vida útil do investimento, segundo uma taxa de juros  $i$ , obtendo o valor atualizado dos custos e receitas de uma alternativa.

O VPL maior ou igual a zero indica a viabilidade econômica do empreendimento, uma vez que geram retorno igual ou maior que o custo de capital investido. Quando um projeto apresenta o VPL menor que zero, seu retorno é inferior a seu custo de capital e ele deixa de ser viável.

$$VPL = -FC_0 + \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} \quad \dots(1)$$

Onde:

$FC_j$ : fluxo de caixa referente a cada ano no horizonte de planejamento;

$FC_0$ : investimento inicial;

$j$ : período do horizonte de planejamento;

$i$ : Taxa mínima de atratividade do projeto.

Como critério de decisão para a aplicação desse método, o projeto deverá ser aceito se o VPL foi maior ou igual a zero e, se o VPL for menor que zero, automaticamente o projeto vai ser rejeitado (BORDEAUX-REGO, 2015).

Em outras palavras, de maneira resumida, o Valor Presente Líquido (VPL) é a atualização de fluxos de caixa representativos de receitas, custos e lucros operacionais, para certo horizonte de planejamento, empregando como taxa de desconto a taxa mínima de atratividade (FERREIRA, 2009, p. 60).

### **2.9.6 Taxa Interna de Retorno (TIR)**

Segundo Rebelatto (2004), a Taxa Interna de Retorno (TIR) é a taxa de desconto que torna o valor atual líquido do investimento igual a zero, e deve ser comparada com a Taxa Mínima de Atratividade (TMA), para aceitação ou não do projeto. É a taxa que torna equivalente o investimento inicial ao fluxo de caixa subsequente, ou seja, torna nulo o VPL do projeto dentro de um período de tempo estipulado (SANTOS, 1999).

Em outras palavras, a taxa interna de retorno é um método que compara valores de investimento com os valores atuais das entradas, conforme demonstrado na Equação 2. Ou ainda, a Taxa Interna de Retorno (TIR) representa a taxa de rentabilidade interna ou de lucro de uma proposta de investimento fornecida pelo seu fluxo de caixa (FERREIRA, 2009, p. 87).

Esse método interfere diretamente no valor presente líquido, fazendo com que ele seja igual a zero, assim, consegue reverter decisões tomadas sobre o projeto proposto (BORDEAUX-REGO, 2015).

$$\sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} = FC_0 \quad \dots(2)$$

Onde:

$FC_t$  : Fluxo de caixa referente a cada ano no horizonte de planejamento;

$FC_0$  : Investimento inicial;

t: período do horizonte de planejamento;

Este método consiste numa comparação da taxa interna de retorno com a taxa mínima de atratividade, se  $(TIR) > (TMA)$  mostra que o projeto é econômico e atrativo, no caso de igualdade nesses métodos o projeto tem uma situação de indiferença e se for  $(TIR) < (TMA)$  o projeto mostra que não é econômico, se tornando não muito atrativo (BRITO, 2000).

Mas cabe dizer, conforme Motta e Calôba (2010, p.119), que a TIR, isoladamente, não pode ser utilizada como uma medida de atratividade do investimento. Dessa forma, entende-se que não pode ser “usada diretamente como critério de seleção ou ordenação entre oportunidades de investimento, a não ser que todas elas tenham investimentos iguais, caso em que a opção de maior TIR deve ser escolhida”.

### **2.9.7 Taxa Mínima de Atratividade (TMA)**

Casarotto Filho (2011) salienta que na análise da proposta de investimento, deverá ser considerado que se está deixando de obter retornos sobre o mesmo capital em outros projetos. E acrescenta que, para ser atrativa, a proposta deve render, no mínimo, a taxa de juros equivalente à rentabilidade das aplicações correntes e de pouco risco, sendo esta, portanto, a Taxa Mínima de Atratividade (TMA). Para Clemente (2008), a TMA está associada ao custo de oportunidade do capital para a empresa.

É a taxa a partir da qual o investidor considera que está obtendo ganhos financeiros. É uma taxa associada a um baixo risco, ou seja, qualquer sobra de caixa pode ser aplicada, na pior das hipóteses na TMA. Uma das formas de se analisar um investimento é confrontar a TIR com a TMA do investidor (CASAROTTO; KOPITTKKE, 1998).

Ferreira (2009) esclarece que a taxa de juros faz toda a análise comparativa da viabilidade do projeto nas suas formas de atuação, onde, a TMA representa a taxa de

juros do capital próprio empregada na atualização do fluxo de caixa; a Taxa Interna de Retorno (TIR) é a taxa de lucro esperada pelo investidor e, a taxa interna realizada seria a taxa de lucro efetivada ao final da vida útil do projeto.

Wernke (2008, p. 95) acrescenta que “como padrão de TMA costuma ser utilizada uma taxa de baixo grau de risco no mercado financeiro para o volume de dinheiro que se pretende investir (como o Certificado de Depósito Bancário – CDB)”.

Degen (1989) entende que a referida taxa deve ser maior que as taxas de aplicações colocadas à disposição pelo mercado financeiro para os investimentos da empresa e, também, maior que o custo de captação de financiamentos disponíveis, objetivando compensar o risco envolvido na implantação ou expansão de um negócio.

### **2.9.8 Payback**

Segundo Assaf Neto (2009), o payback consiste na determinação do tempo necessário para que o dispêndio de capital seja recuperado por meio de fluxos de caixas promovidos pelo investimento. Este método não considera os fluxos de caixa gerados durante a vida útil do investimento após o período e, portanto, não permite comparar o retorno entre dois investimentos.

O payback nada mais é que um sistema que mostrará quando o investimento se pagará e quando vai começar a obter lucro ao investidor. Existe o payback simples e o descontado. No modelo simples só vai ser considerado o dinheiro investido, já no descontado o dinheiro investido será analisado no decorrer do tempo, medirá o tempo que levará para recuperar o capital investido (SANTOS; SOUZA; DALFIOR, 2016).

Este método mostra que, quanto mais longo for o investimento feito, se torna menos proveitoso para o investidor. O Payback é um método que é usado como uma referência para ver uma atratividade do investimento, e deve ser visto apenas como um indicador, que não serve para seleção entre alternativas de investimento, pois não avalia adequadamente o valor do dinheiro no tempo. Quanto mais amplo for o horizonte de tempo considerado, maior será o grau de incerteza nas previsões. É considerado um importante indicador do nível de risco de um investimento.

De forma resumida, o Payback é período de tempo necessário para recuperação do investimento inicial (FREZATTI, 2008), e o período do *payback* é o tempo necessário para que esses benefícios totalizem o valor do investimento feito (ABREU FILHO, 2007);

No caso de um investimento de grande porte, como por exemplo (estradas de rodagem, siderúrgicas, hidroelétricas), pode ser feito um prazo alongado do capital investido, com Payback superior a 10 anos (MOTTA; CALÔBA, 2002).

### 2.9.9 Tarifa de Energia Elétrica

Para realizar uma análise no fluxo de caixa é preciso levar em conta as tarifas vigentes, com análise atual e perspectivas para próximo anos. Na Tabela 1 demonstra-se a evolução tarifarias anuais.

Tabela 1 – Evolução das tarifas de energia elétrica e IPCA

	1995 – 2004	2005 – 2012	2012 – 2013	2013 – 2014	1995 - 2014
Residencial	19,4%	2,5%	-15,3%	16,9%	10,3%
Comercial	15,4%	2,3%	-13,1%	19,3%	8,7%
Industrial	13,5%	4,8%	-13,3%	24,5%	9,7%
Tarifa Média Brasil (sem impostos)	12,9%	2,7%	-13,2%	19,8%	7,9%
<b>Tarifa Média Brasil (com impostos)</b>	<b>16,0%</b>	<b>3,3%</b>	<b>-13,2%</b>	<b>17,8%</b>	<b>9,6%</b>
<b>IPCA</b>	<b>7,6%</b>	<b>5,1%</b>	<b>5,9%</b>	<b>6,4%</b>	<b>6,4%</b>

Fonte: Adaptado de Nakabayashi (2014, p. 29)

Neste trabalho foram consideradas as tarifas de acordo com a CELESC, o que pode ser visualizado na fatura da conta de energia utilizada para delinear este projeto no Anexo 1. Para projeção de aumento de tarifa de energia elétrica para o período de 25 anos do projeto foi utilizada a média IPCA de 6,5% acompanhando a média projetada pela Tabela 3.

O Sistema de Bandeiras Tarifárias entrou em vigor no ano de 2015 com o objetivo de reduzir a demanda de energia elétrica e apresenta as seguintes modalidades: verde, amarela e vermelha, que indicam se haverá ou não acréscimo no valor da energia a ser repassada ao consumidor final, em função das condições de geração de eletricidade.

Cada modalidade apresenta as seguintes características:

**Bandeira verde:** A tarifa não sofre nenhum acréscimo em razão de condições favoráveis de geração de energia;

**Bandeira amarela:** A tarifa sofre acréscimo de R\$ 1,00 para cada 100 quilowatt-hora ou R\$ 0,010 para cada quilowatt-hora (kWh) consumidos em razão das condições de geração serem menos favoráveis;

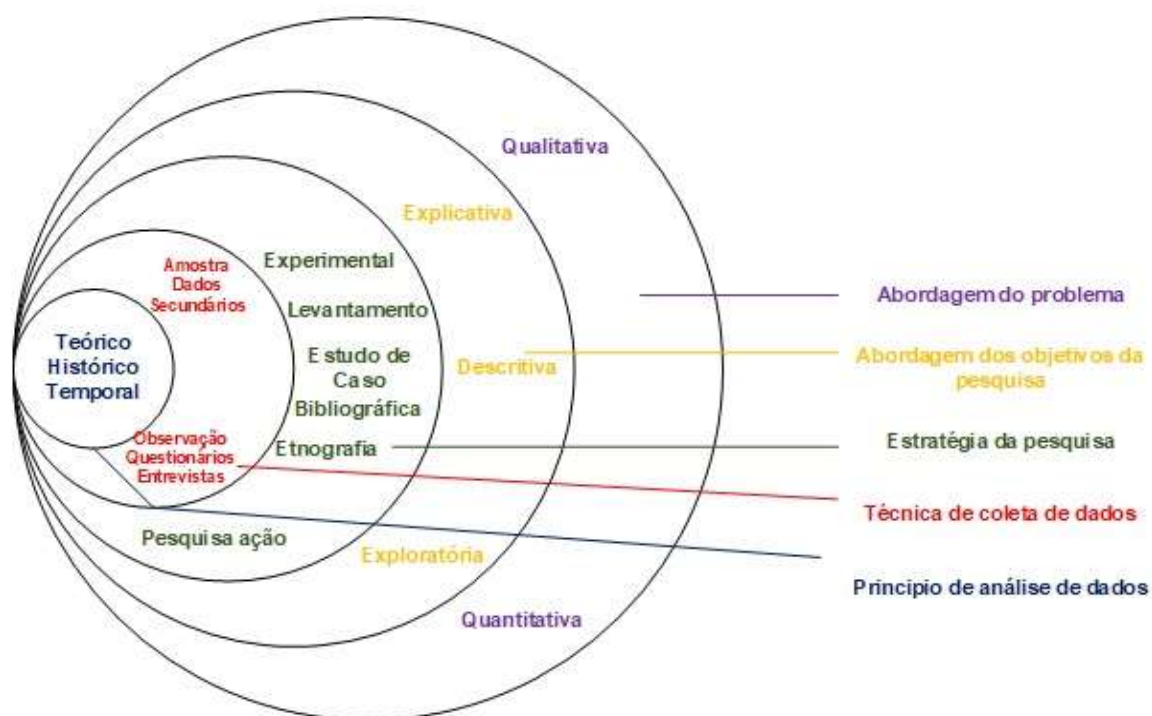
**Bandeira vermelha - Patamar 1:** A tarifa sofre acréscimo de R\$ 3,00 para cada 100 quilowatt-hora ou R\$ 0,030 para cada quilowatt-hora kWh consumido em condições mais custosas para geração;

**Bandeira vermelha - Patamar 2:** A tarifa sofre acréscimo de R\$ 5,00 para cada 100 quilowatt-hora ou R\$ 0,050 para cada quilowatt-hora (kWh) consumido. É o pior cenário, sendo utilizada em condições ainda mais custosas para a geração.

### 3 METODOLOGIA

As etapas do processo desta pesquisa seguem a abordagem de Saunders, Lewis e Thornhill (2003), podendo ser observadas na Figura 16, no qual os autores apresentam a seqüência de procedimentos metodológicos a serem utilizados em uma pesquisa.

Figura 16 – Processo de pesquisa



Fonte: Adaptado de Saunders, Lewis e Thornhill (2003)

#### 3.1 Caracterização da pesquisa

A presente pesquisa é caracterizada como quantitativa (abordagem do problema), na qual se caracteriza como uma maneira de medir ou avaliar as coisas por meio de valores matemáticos, tendo como vantagem envolver o estudo de valores precisos.

Esta pesquisa também é caracterizada como bibliográfica, exploratória e descritiva (abordagem dos objetivos da pesquisa). O levantamento bibliográfico serviu para auxiliar na compreensão do problema pesquisado, ampliando e elucidando conceitos. A pesquisa exploratória proporcionou a familiarização com o objeto de

estudo. Com a pesquisa descritiva se observa, registra, analisa e correlaciona fatos ou fenômenos, sem manipulá-los (CERVO; BERVIAN, 2002).

O estudo de caso foi escolhido como estratégia de pesquisa, uma vez que possibilita a descrição e explicação de casos avaliativos, “[...] proporcionando informações para produzir julgamentos” (GIL, 2009, p. 50). O presente estudo tem como objeto de análise a simulação de um projeto de implementação de um sistema fotovoltaico no Estado de Santa Catarina.

Como dito neste trabalho, para verificar a atratividade da isenção de ICMS na implantação de usinas fotovoltaicas. Não é um caso real, ou um projeto real, visto que não foi contratado por nenhum cliente, apenas usa dados de uma determinada região do estado de Santa Catarina para realizar o estudo.

Com dados sobre o desempenho técnico-econômico do sistema fotovoltaico a ser projetado, foi feita a operacionalização do estudo de caso, utilizando-se de dados quantitativos.

Optou-se por consultar fontes primárias e secundárias como técnica de coleta de dados,

Para a coleta de dados, foi gentilmente cedida pela empresa NORR Energia uma fatura de energia elétrica de um consumidor (não identificado) na cidade de Joinville no estado de Santa Catarina. Todos os dados tanto de cliente ou internos da empresa foram ocultados para preservar a identidade do usuário e estratégia de mercado da empresa. Todo o projeto foi feito considerando os dados de consumo e localização geográfica da fatura supracitada para obtenção de dados referentes a incidência solar.

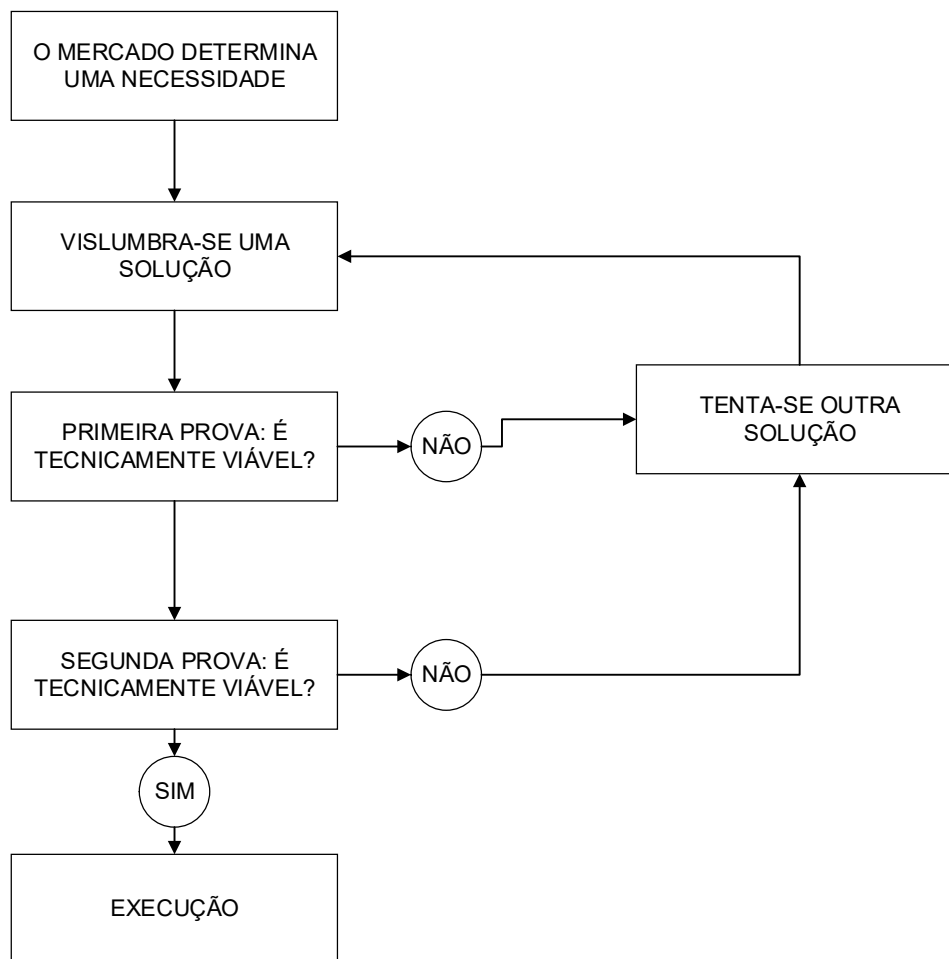
Tendo em vista que a análise de viabilidade do investimento envolve ferramentas da engenharia econômica, para a análise e tratamento dos dados (princípio de análise de dados), utilizou-se os métodos básicos baseados no fluxo de caixa e na Taxa Mínima Atrativa (TMA), calculando-se o *payback*, a taxa interna de retorno (TIR) e o valor presente líquido (VPL).

### **3.2 Etapas da pesquisa**

Buarque (1994) destaca que, quando se tem a ideia de elaboração de um projeto, a engenharia é elaborada, ao mesmo tempo em que outras etapas (provas) também importantes são executadas, como pode ser visto na Figura 17.



Figura 17 – Participação da Engenharia no ciclo de decisões de um projeto



Fonte: Buarque (1994, p.31)

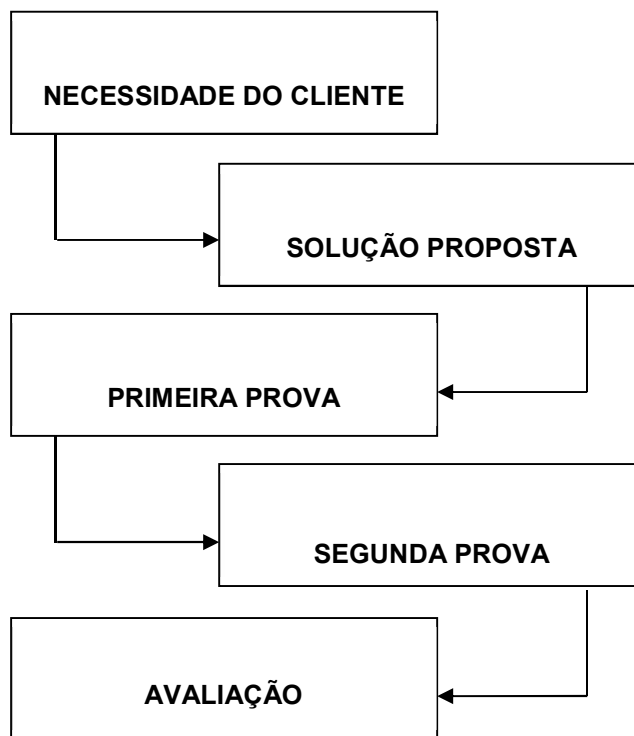
A pesquisa neste trabalho faz uso das duas provas propostas na Figura 17, na qual se pode observar que a engenharia participa no ciclo de decisões de um projeto, envolvendo a análise de viabilidade técnica e a análise de viabilidade econômica de projetos.

A análise técnica envolveu investigações abrangendo determinação da potência, temperatura, índice de irradiação solar na região, e delineamento do projeto. Quanto a viabilidade econômica, foi elencado um conjunto de informações, abrangendo entradas e saídas de caixa, cálculo do payback, VPL e TIR, possibilitando a tomada de decisão.

Como já informado neste trabalho, as etapas do processo desta pesquisa estão baseadas na abordagem de Saunders, Lewis e Thornhill (2003). Diante o exposto, na

sequência tem-se a apresentação de cada etapa. A Figura 18 ilustra a sequência de execução desta pesquisa.

Figura 18 – Etapas da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.2.1 Necessidade do cliente

Neste caso não existe uma necessidade específica de um cliente, mas sim um estudo sobre o impacto da isenção do ICMS como atrativo para o investimento na implementação de usina geradora fotovoltaica. Dessa forma, foi simulado um projeto para que se possa, a partir deste, mensurar valores e verificar se é ou não um atrativo válido para que possa ter uma ideia sobre a eficácia deste incentivo de isenção.

### 3.2.2 Solução proposta

A fim de poder realizar uma análise comparativa sobre o impacto da isenção do ICMS como incentivo à geração distribuída fotovoltaica, foi delineado um projeto apenas para fins de análise econômica, não se tratando de um projeto real.

Neste sentido, o estudo está dividido em duas provas: sendo a primeira prova para análise técnica do projeto, como dimensionamento do sistema fotovoltaico, índice de irradiação solar, temperatura média na região escolhida para projetar a usina, etc.;

e, a segunda prova, por meio da análise econômica, buscou-se analisar dados como payback, TIR e VPL, a fim de elucidar se o incentivo governamental torna o projeto mais atrativo para o investidor, considerando, ainda, o Sistema de Bandeiras Tarifárias que entrou em vigor no ano de 2015: verde, amarela, vermelha patamar 1 e vermelha patamar 2.

### **3.2.3 Primeira prova**

Esta etapa do trabalho trata sobre as questões técnicas relacionadas com o delineamento do sistema de geração fotovoltaico que serviu de base para que pudessem ser analisadas, na segunda prova, a viabilidade econômica do projeto.

Os cálculos técnicos neste trabalho foram realizados utilizando uma fatura de energia elétrica da cidade de Joinville-SC, gentilmente cedida pela empresa NORR Energia. Com o propósito de colaborar com a presente pesquisa, a referida empresa também autorizou o uso dos softwares e planilhas de custos internas para que este projeto simulado pudesse ser realizado. Convém ressaltar que os dados de clientes e dados de gestão da empresa não foram fornecidos como forma de proteger o anonimato dos mesmos.

Neste sentido, utilizou-se uma fatura de consumo de energia elétrica para que, a partir desta, pudesse ser delineado um projeto. Após análise do histórico de consumo do cliente na fatura, foi utilizado o software SAM para projetar uma usina para atender uma demanda do cliente para realizar uma análise de viabilidade econômica em diferentes cenários, considerando a isenção do ICMS e não considerando isenção do ICMS para as diferentes bandeiras tarifárias: verde, amarela, vermelha patamar 1 e vermelha patamar 2.

### **3.2.4 Segunda prova**

Para verificar a viabilidade econômica do projeto e auxiliar na tomada de decisão, foram utilizadas ferramentas da engenharia econômica como o VPL (Equação 1), TIR (Equação 2) e Payback simples (tempo necessário para recuperar o que foi investido, tendo como base as entradas e saídas de caixa, e o investimento inicial do projeto).

Ademais, representou-se em um fluxo de caixa as entradas (receitas, referente a economia em valores monetários gerada pelo sistema) e saídas de caixa (dos custos

com investimento inicial e despesas de manutenção). Na representação do fluxo de caixa tem-se a variável relacionada ao custo inicial do projeto (investimento), os custos com manutenção e a estimativa de receitas a partir dos valores que não seriam efetuados no pagamento de faturas de consumo de energia elétrica, sendo todos os valores apresentados em planilhas do Excel, nos apêndices deste trabalho.

Entende-se, conforme Casarotto Filho (2011), que a proposta para ser atrativa, deve render, no mínimo, a taxa de juros equivalente à rentabilidade das aplicações correntes e de pouco risco, neste caso, a TMA. Utilizou-se como TMA a Taxa Selic de 7% ao ano, verificada na data de 07 de fevereiro de 2018 (IPEA, 2018). A análise da viabilidade econômica teve como base os métodos de engenharia econômica (VPL, TIR e Payback simples), sendo que as formas de cálculo que foram utilizadas foram apresentadas na seção 2.

### **3.2.5 Avaliação**

A avaliação foi estabelecida conforme representada na Figura 17, na qual, entende-se, segundo Buarque (1994), que a engenharia participa no ciclo de decisões de um projeto, utilizando-se as ferramentas da Engenharia Econômica, que tem papel importante como suporte na análise de viabilidade econômica de projetos, no momento em que se realiza a segunda prova, ao verificar se um projeto é economicamente viável.

Os critérios de análise de decisão baseados nos métodos de avaliação econômica utilizados na pesquisa foram os seguintes:

- se  $VPL(i) > 0$ , a alternativa é economicamente viável;
- se  $VPL(i) < 0$ , a alternativa é economicamente inviável;
- se  $VPL(i) = 0$ , é indiferente investir ou não, mas a alternativa ainda é considerada viável;
- se  $TIR > TMA$  – projeto economicamente viável;
- se  $TIR < TMA$  – projeto economicamente inviável;
- se  $TIR = TMA$  – é indiferente investir os recursos no projeto ou deixá-los rendendo juros à taxa mínima de atratividade;

O payback foi utilizado para verificar o tempo necessário para recuperar o que foi investido, tendo como base as entradas e saídas de caixa, e o investimento inicial do projeto, portanto, trata-se apenas de um indicador complementar.

## **4 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Neste capítulo constam os resultados e as discussões da presente pesquisa, na qual envolve a análise do impacto econômico do ICMS na geração de energia elétrica fotovoltaica em um Estado brasileiro que não isentou ICMS, considerando ainda diferentes cenários baseados no Sistema de Bandeiras Tarifárias, que entrou em vigor no ano de 2015, no qual tem as seguintes modalidades: bandeira verde, bandeira amarela, bandeira vermelha patamar 1 e bandeira vermelha patamar 2.

Diante o exposto, com base na metodologia proposta para o desenvolvimento deste trabalho, é apresentada a primeira prova, na qual abrange a análise técnica do projeto e, na sequência, a segunda prova, que se constitui na análise de viabilidade econômica do projeto considerando os dois cenários (com e sem ICMS) e as diferentes bandeiras tarifárias.

### **4.1 Primeira prova – delineamento da usina geradora fotovoltaica**

Muito embora não seja objetivo construir a usina de geração fotovoltaica aqui apresentada, foi necessária a análise técnica como se tratasse de um projeto real, para tal, a primeira prova envolveu o delineamento da usina de geração de energia elétrica fotovoltaica, tendo como base o histórico de consumo de uma fatura de energia elétrica do município de Joinville no estado de Santa Catarina.

#### **4.1.1 System Advisor Model – SAM**

A ferramenta utilizada neste trabalho para o dimensionamento do sistema solar fotovoltaico é o System Advisor Model (SAM), desenvolvido originalmente em 2005 pelo National Renewable Energy Laboratory (NREL), em colaboração com Sandia National Laboratories, inicialmente utilizado pelo Departamento de Energia Solar dos Estados Unidos para análises de sistemas baseados em tecnologias solares.

Em 2007 foi lançada a Solar Advisor Model Version 1 (primeira versão ao público), nome modificado para System Advisor Model – SAM (em 2010), em consequência de novas tecnologias renováveis de outras fontes terem sido adicionadas, como eólica e termelétrica baseada em biomassa. O SAM está disponível gratuitamente e tem como objetivo facilitar o estudo e a execução de projetos de energia renovável.

Para criar um projeto no SAM, primeiramente deve ser realizada a escolha do modelo de desempenho para o sistema de potência. Além das demais opções, existem dois modelos fotovoltaicos: o Photovoltaic (detailed) e o Photovoltaic (PVWatts). O Photovoltaic (detailed) é mais apropriado para projetos nos quais o usuário possui informações detalhadas, como o tipo de módulos e inversores que serão utilizados no sistema, além de especificações em relação ao design. As informações mínimas que devem ser fornecidas ao programa são: recurso solar do local, modelo do módulo, modelo do inversor, design do sistema, sombreamento e perdas. O Photovoltaic (PVWatts) é utilizado para situações com menos detalhes, casos em que se dispõe do local e área de instalação, sendo necessário somente entrar com o recurso solar e o design do sistema.

Para o presente trabalho, foi utilizado o modelo Photovoltaic (detailed) por se tratar da opção mais completa e também pela disponibilidade dos dados iniciais necessários para sua utilização.

#### **4.1.2 Caracterização dos dados da região de estudo**

Após escolher o modelo de desempenho foi necessário informar ao software a localização do projeto e fornecer as informações climáticas do local através de um arquivo chamado *weather file*. O SAM acessa estes dados da planilha para executar os cálculos inerentes à simulação e já possui um banco de dados com informações de radiação solar em diversas localidades. Caso a biblioteca padrão do programa não apresente os dados para a região de interesse, é possível obter arquivos de fonte externa.

Carregado o *weather file*, que pode ser observado na Figura 19, é possível acessar os seguintes dados:

- irradiância Global, Irradiância Direta e Normal à superfície do módulo;
- irradiância difusa;
- irradiância no plano do módulo fotovoltaico;
- velocidade do vento/Direção do vento;
- umidade relativa, pressão, etc.

Figura 19 – Tela do weather file SAM exibindo os dados da região

**NREL National Solar Radiation Database (NSRDB)**  
 Download the latest weather files from the NSRDB to add to your solar resource library: Download a typical-year (TMY) file for most long-term cash flow analyses, or choose files to download for single-year or P50/P90 analyses. See Help for details.

Download a TMY file for Americas... TMY or Single-year for Americas and Asia... [Map on NSRDB website](#)  
[International Data Sources](#)

**Solar Resource Library**  
 Use the buttons above to download the latest NSRDB files and add them to your solar resource library. Click Folder Settings to add your own weather files to the library. The default library contains legacy weather files. See Help for details.

Weather file: C:\SAM\2017.9.5\solar\_resource\Brazil BRA Joinvile\_SC (INTL).csv

**Header Data from Weather File**

City: Joinvile\_SC Time zone: GMT -3 Latitude: -26.3087 °N \*N Folder settings...  
 State: BRA Elevation: 908 m Longitude: -48.979 °E \*E Refresh library  
 Country: Brazil Data Source: SWERA Station ID: 838400 Open default library folder...

**Annual Averages Calculated from Weather File Data**

Global horizontal: NaN kWh/m<sup>2</sup>/day Average temperature: 17.2 °C View weather file data...  
 Direct normal (beam): 3.35 kWh/m<sup>2</sup>/day Average wind speed: 3.0 m/s  
 Diffuse horizontal: 1.98 kWh/m<sup>2</sup>/day Maximum snow depth: NaN cm

**Files in Library**

Search for:  Name

Name	Station ID	Latitude	Longitude	Time zone	Elevation
Brazil BRA Garuva (INTL)	838400	-26.38	-48.84	-3	908
Brazil BRA Jacareacanga (INTL)	826400	-6.27	-57.73	-4	98
Brazil BRA Jaguarao - RS (INTL)	839361	-32.4	-53.32	-3	114
Brazil BRA Joinvile_SC (INTL)	838400	-26.3087	-48.979	-3	908
Brazil BRA Joinvile_SC	838400	-26.3087	-48.979	-3	908

**Choose a Weather File from Your Computer**

C:\SAM\2017.9.5\solar\_resource\Brazil BRA Joinvile\_SC (INTL).csv Browse...

Check the box and click Browse to choose a weather file stored on your computer without adding it to the solar resource library. Supported solar weather file formats are SAM CSV, TMY2, TMY3, and EPW.

Fonte: Adaptado SAM

Pela fatura pode-se afirmar que o sistema simulado utilizado para o estudo foi projetado para ser conectado à rede de distribuição da concessionária vigente na região de Joinville - SC, no caso CELESC.

Para dar início a análise de viabilidade técnica foram obtidos dados referentes a latitude e longitude do local de instalação do sistema. Para tal, foi configurado no software SAM a latitude e longitude da cidade de Joinville - SC e utilizado o ângulo de inclinação considerado ótimo (ângulo = latitude), que é calculado pelo próprio software com base nos dados solares do projeto SWERA, que são acessados e atualizados toda vez que o software é iniciado e tenha conexão com a Internet.

A Tabela 2 apresenta dados de irradiação solar em diferentes pontos do estado de Santa Catarina considerando que a base de dados do projeto SWERA também é utilizada pelo INPE.

Tabela 2 – Irradiação solar média mesorregiões de Santa Catarina

Região Catarinense	Irradiação Solar Média (kWh/m <sup>2</sup> /dia)
Norte Catarinense	4,83
Grande Florianópolis	4,96
Oeste Catarinense	5,49
Região Serrana	5,20
Sul Catarinense	5,18
Vale do Itajaí	4,85
<b>Média</b>	<b>5,085</b>

Fonte: Adaptado (INPE)

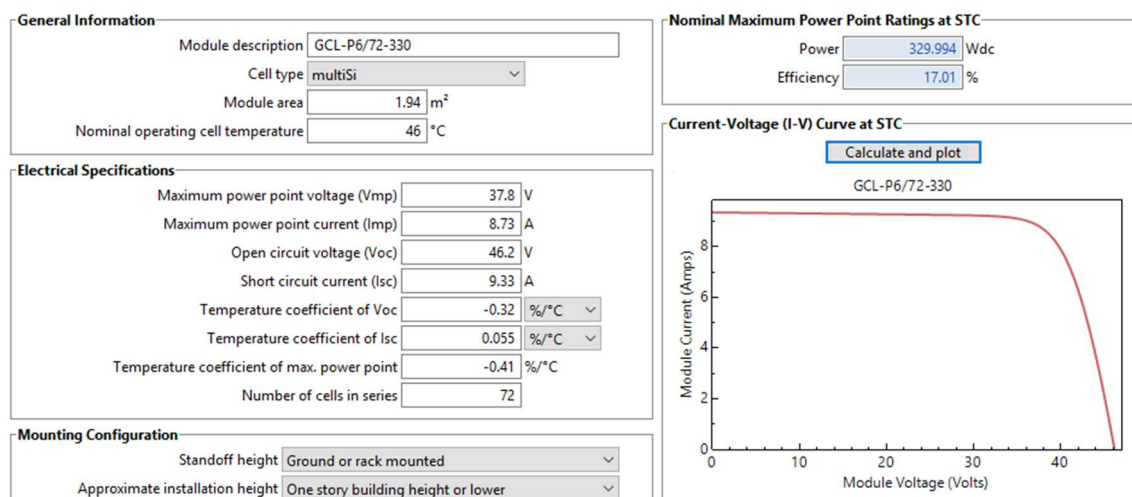
Com base na Tabela 2, com uma média diária de irradiação solar de aproximadamente 5 kWh/m<sup>2</sup>/dia, neste projeto foi adotado um valor ligeiramente inferior igual a 4,9 kWh/m<sup>2</sup>/dia e todo dimensionamento foi realizado utilizando este valor.

#### 4.1.3 Módulo e inversor fotovoltaico

Após a escolha do weather file, é necessário escolher o módulo fotovoltaico que será utilizado no projeto. O software supõe que o arranjo fotovoltaico é composto por módulos iguais.

O módulo GCL-P6/72 310-330 Watt foi escolhido para a simulação deste projeto e, para que se possa fazer uma representação simplificada que demanda a área do módulo e uma série de valores de eficiência de conversão, é necessário que se carregue o datasheet deste modelo no software SAM. A Figura 20 exibe os dados do módulo utilizado no dimensionamento do projeto e o datasheet do módulo pode ser observado no Anexo 2.

Figura 20 – Tela do SAM exibindo dados do módulo do projeto



Fonte: Adaptado SAM



O inversor escolhido foi o SG60KTL 60K 380V e, da mesma forma que o módulo, para que se possa fazer uma representação simplificada de parâmetros é necessário que se carregue o datasheet deste modelo no software SAM. A Figura 21 exibe os dados do inversor carregado no SAM, utilizado no dimensionamento do projeto, e o datasheet do inversor pode ser observado no Anexo 3.

Figura 21 – Tela do SAM exibindo dados do inversor do projeto

**Inverter Datasheet** ▾

Power Ratings		
Maximum AC output power	<input type="text" value="60000"/>	Wac
<input checked="" type="radio"/> Weighted efficiency	<input type="text" value="98.7"/>	
<input type="radio"/> Manufacturer efficiency	<input type="text" value="96"/>	
Maximum DC input power	<input type="text" value="60790.3"/>	Wdc

You can specify either a weighted or nominal efficiency. The weighted efficiency can be either CEC or European. The manufacturer efficiency can be either peak or nominal. See Help for details.

Operating Ranges		
Nominal AC voltage	<input type="text" value="380"/>	Vac
Maximum DC voltage	<input type="text" value="1000"/>	Vdc
Maximum DC current	<input type="text" value="120"/>	Adc
Minimum MPPT DC voltage	<input type="text" value="570"/>	Vdc
Nominal DC voltage	<input type="text" value="710"/>	Vdc
Maximum MPPT DC voltage	<input type="text" value="950"/>	Vdc

Losses		
Power consumption during operation	<input type="text" value="0"/>	Wdc
Power consumption at night	<input type="text" value="1"/>	Wac
	<b>Suggested value</b>	
	<input type="text" value="0"/>	Wdc
	<input type="text" value="15"/>	Wac

If the datasheet does not specify loss values, you can use the suggested values to approximate the losses. See Help for details.

Fonte: Adaptado SAM

A escolha do módulo fotovoltaico e do inversor levou em consideração alguns fatores como a presença da marca e do modelo de equipamentos no mercado brasileiro, o que facilita a sua obtenção e manutenção.

#### 4.1.4 Definição da potência instalada

Inicialmente cabe ressaltar que o dimensionamento não foi realizado para suprir toda a carga do cliente, mas sim limitado à área disponível para o projeto, que é de aproximadamente 900 m<sup>2</sup> e também, principalmente, a demanda contratada, que é de 125 kW (valor que pode ser observado na Tabela 3 e no Anexo 1).

Tabela 3 – Consumo de fatura de energia elétrica para o projeto considerado

Dados de consumo		
Mês	Consumo	
Janeiro	78343,00	kWh
Fevereiro	78564,00	kWh
Março	70674,00	kWh
Abril	58142,00	kWh
Maio	51253,00	kWh
Junho	49743,00	kWh
Julho	46709,00	kWh
Agosto	51203,00	kWh
Setembro	51563,00	kWh
Outubro	46036,00	kWh
Novembro	49659,00	kWh
Dezembro	55020,00	kWh
<b>Média Mês do Ano</b>	<b>57242,42</b>	<i>kWh/mês</i>
Demanda	125	kW
<b>Consumo anual</b>	<b>686909,00</b>	<i>kWh/ano</i>

Fonte: Elaborado pelo autor

O software SAM, utilizado para o projeto, realiza todos os cálculos supracitados no momento em que são carregados os arquivos com parâmetros de localização e datasheet do módulo e inversor, mas, para melhor visualização e entendimento, será realizada uma breve explicação acerca do dimensionamento do sistema.

O painel solar utilizado para este estudo é o GCL-P6/72 310-330 Watt da empresa GCL e sua informação técnica pode ser visualizada no Datasheet do módulo (Anexo 2). A área de cada painel fotovoltaico pode ser calculada através das dimensões e, uma vez calculada, pode-se calcular o número de painéis a serem utilizados e, conseqüentemente, a potência a ser instalada.

O cálculo da área, com as dimensões obtidas do Anexo 2, pode ser facilmente realizado por:

$$\text{Área} = \text{Altura} \times \text{Comprimento} \quad \dots(3)$$

$$\text{Área} = (1956 \times 992) \text{mm}$$

$$\text{Área} = 1940352 \text{ mm}^2 = 1,9403 \text{ m}^2$$

Dessa forma, o número de painéis fotovoltaicos a ser instalado neste projeto é obtido dividindo a área total disponível pela área calculada de cada painel fotovoltaico, calculada por:

$$N_p = \frac{A_t}{A_p} = \frac{900 \text{ m}^2}{1,9403 \text{ m}^2} \cong 460 \text{ paineis} \quad \dots(4)$$

Onde:

$N_p$ : número de painéis;

$A_t$ : área total disponível;

$A_p$ : área de cada painel.

A partir do cálculo do número de painéis pode-se calcular o quanto será gerado por mês e verificar se a potência gerada não ultrapassa o valor da demanda contratada.

Para determinar a potência instalada, mais uma vez é necessário consultar o datasheet do módulo (Anexo 2) para verificar a potência de geração, que para o módulo escolhido é de 330W, com eficiência de 17%. Logo, ao multiplicarmos o número de painéis obtidos na Equação (4) pelo índice de irradiação solar média considerado para este estudo, que é de 4,9 kWh/m<sup>2</sup>/dia, multiplicando, ainda, por 365 dias, teremos o total gerado de energia pelo sistema em um ano. É conveniente ressaltar que nos meses de inverno a produção de energia diminui, e que para compensar os meses de menor produção, é considerado um rendimento de 83%. A capacidade instalada para o sistema considerado é dada por:

$$C_p = 330 \text{ W} \times 4,9 \text{ kWh/m}^2/\text{dia} \times 365 \text{ dias} \times 460 \text{ paineis}$$

$$C_p = 271.494,3 \text{ kW} \times 0,83 \times 0,83 = 187.034,42 \text{ kW/ano}$$

Dessa forma, o sistema a ser projetado tem uma capacidade instalada de aproximadamente 187.034,42 kW/ano. Ao compararmos o consumo anual do cliente em análise, já apresentado na Tabela 3, com a capacidade instalada, pode-se perceber que o sistema supre aproximadamente 27% do consumo.

## 4.2 Segunda prova – análise de viabilidade econômica do investimento

A cobrança ou a isenção ICMS como modo de incentivar a geração distribuída, como já explicado no capítulo 2.8 deste trabalho, incide no que é injetado da geração do cliente para a rede, ou seja, na diferença do que é gerado na usina e o consumido da rede da CELESC, por exemplo:

- *cenário sem isenção (ICMS de 25%)*: o cliente produz 300 kWh, consome 200 kWh, então injeta o excedente na rede e desses 100 kWh injetado na rede, 75% apenas é creditado na sua conta, ou seja, 75 kWh, pois 25 kWh é o pagamento dos 25% do ICMS;
- *cenário com isenção (ICMS de 25%)*: o cliente produz os mesmos 300 kWh do exemplo anterior, consome 200 kWh, então injeta o excedente na rede, e desses 100 kWh injetado na rede, 100% é creditado na sua conta, ou seja, os mesmos 100 kWh, pois neste caso, o ICMS não é cobrado.

Mas cabe ressaltar, que o incentivo de isenção do ICMS não entra neste estudo considerando o que é deixado de ser consumido diretamente da CELESC, ou seja, a diferença do que é gerado na usina particular e o que é consumido da CELESC.

Para este estudo, de forma a facilitar o entendimento do impacto do ICMS na viabilidade econômica, é considerado que o ICMS incide em 100% da geração. E neste cenário, para fins de apresentação dos resultados, foram utilizadas planilhas do software Microsoft Excel que contém fórmulas e equações, previamente configuradas que calcularam os parâmetros e geraram os gráficos de estimativa de retorno de investimento, utilizando indicadores como VPL (Equação 1), TIR (Equação 2) e Payback (tempo necessário para recuperar o que foi investido, tendo como base as entradas e saídas de caixa, e o investimento inicial do projeto).

Com relação ao custo do investimento inicial, o valor utilizado foi obtido através de uma planilha da empresa NORR Energia, que após calcular os custos de acordo com os valores de seus fornecedores, considera o custo do Wp como 3,9964 R\$/Wp, para potência instalada entre 150 e 200 kWp, conforme pode ser observado no Anexo 4.

Após estabelecido o custo do kWp foram analisados módulos, inversores, cabos e conexões, mão de obra, entre outros elementos, que proporcionou identificar

a necessidade de um investimento inicial de R\$ 606.653,52, que pode ser entendido analisando a Figura 22, que exibe os valores obtidos do software SAM como o tamanho do sistema de geração, a capacidade do sistema, que é de 151,8 kWp. Com a capacidade do sistema basta multiplicar pelo valor do Wp, porém, deve-se deixar na mesma unidade, para tal, multiplica-se o valor do Wp por 1000, para que ambos fiquem na unidade kWp.

Figura 22 – Tela do SAM exibindo design do sistema

The screenshot displays the 'System Sizing' window in SAM. It is divided into two main sections: 'System Sizing' and 'Configuration at Reference Conditions'.

**System Sizing:**

- Specify desired array size
- Specify modules and inverters
- Desired array size: 150 kWdc
- DC to AC ratio: 1.20
- Modules per string: 20
- Strings in parallel: 23
- Number of inverters: 2

**Configuration at Reference Conditions:**

Modules		Inverters	
Nameplate capacity	151.797 kWdc	Total capacity	120.000 kWac
Number of modules	460	Total capacity	121.581 kWdc
Modules per string	20	Number of inverters	2
Strings in parallel	23	Maximum DC voltage	1,000.0 Vdc
Total module area	892.4 m <sup>2</sup>	Minimum MPPT voltage	570.0 Vdc
String Voc	924.0 V	Maximum MPPT voltage	950.0 Vdc
String Vmp	756.0 V	Battery maximum power	0.000 kWdc

**Sizing messages (see Help for details):**

Actual DC/AC ratio is 1.26.

Voltage and capacity ratings are at module reference conditions shown on the Module page.

Fonte: Adaptado SAM

Com base na média do consumo mensal obtida pelo histórico de consumo do cliente (Tabela 3), que é de 57328,75 kW/mês, com demanda contratada de 125 kW/mês (Tabela 3), para uma instalação trifásica conectada à rede de distribuição da CELESC, identificou-se que o preço do kW/h tem o valor correspondente de R\$ 0,453348.

O estudo sobre impacto do ICMS foi analisado para cada bandeira tarifária, e considerando cenários com e sem isenção, demonstrados para cada caso, como pode ser observado na sequência do trabalho.

#### 4.2.1 Resultados para bandeira verde sem isenção de ICMS

Foram calculados os resultados para um sistema de bandeira verde sem isenção de ICMS, utilizando os dados apresentados em Reais (R\$), em uma planilha do Excel, apresentada na Tabela 4.

A Taxa Mínima de Atratividade utilizada é de 7% ao ano, o investimento inicial considerado foi de R\$ 606.653,52 (célula B, Ano 0), as demais saídas de caixa (custos com O&M e ICMS) compreendem os valores constantes, respectivamente, nas células C e D (Ano 1 à Ano 25), e as entradas de caixa (receita obtida com a economia de pagamento da fatura de energia) os valores estão demonstrados na célula E (Ano 1 à Ano 25) e a vida útil do projeto é de 25 anos. Cabe dizer, que o custo de operação e manutenção (O&M) é de 1% do valor do investimento inicial, com atualização anual de 4,5%, e que a receita (economia de energia) tem uma atualização anual de 6,5%. Ademais, para fins de esclarecimento, na célula F consta o saldo da diferença entre entradas e saídas de caixa, valores utilizados, juntamente com o investimento inicial, para os cálculos de viabilidade econômica (VPL e TIR). Já na célula G estão acumulados os valores da célula E, descontando-se o valor do investimento inicial, sendo tal procedimento realizado até o período em que esses benefícios recuperaram o valor do investimento inicial, de forma a determinar o Payback simples.

Tabela 4 – Fluxo de caixa do cenário da bandeira verde sem isenção

Células						
A	B	C	D	E	F	G
	Saídas de caixa			Entrada de caixa	Saldo do fluxo de caixa	Fluxo de caixa acumulado
Ano	Investimento inicial	O & M	ICMS	Receita obtida com a economia de pagamento da fatura de energia elétrica	Diferença entre entradas e saídas de caixa	Valor acumulado até recuperar o investimento inicial sem considerar o valor do dinheiro no tempo
0	- 606.653,52				- 606.653,52	- 606.653,52
1		- 6.066,54	- 15.863,04	63.452,17	41.522,59	- 565.130,93
2		- 6.339,53	- 16.725,20	66.900,80	43.836,07	- 521.294,86
3		- 6.624,81	- 17.723,28	70.893,10	46.545,02	- 474.749,84
4		- 6.922,92	- 18.780,91	75.123,65	49.419,81	- 425.330,02
5		- 7.234,46	- 19.901,66	79.606,65	52.470,53	- 372.859,49
6		- 7.560,01	- 21.089,30	84.357,18	55.707,88	- 317.151,61
7		- 7.900,21	- 22.347,80	89.391,20	59.143,19	- 258.008,42
8		- 8.255,72	- 23.681,40	94.725,61	62.788,49	- 195.219,93
9		- 8.627,22	- 25.094,59	100.378,37	66.656,55	- 128.563,38
10		- 9.015,45	- 26.592,11	106.368,44	70.760,88	- 57.802,49
11		- 9.421,14	- 28.179,00	112.715,98	75.115,84	17.313,35

12		- 9.845,10	- 29.860,58	119.442,31	79.736,64	
13		- 10.288,12	- 31.642,51	126.570,03	84.639,40	
14		- 10.751,09	- 33.530,77	134.123,09	89.841,23	
15		- 11.234,89	- 35.531,72	142.126,89	95.360,28	
16		- 11.740,46	- 37.652,08	150.608,31	101.215,77	
17		- 12.268,78	- 39.898,97	159.595,86	107.428,12	
18		- 12.820,87	- 42.279,94	169.119,75	114.018,93	
19		- 13.397,81	- 44.802,99	179.211,97	121.011,16	
20		- 14.000,72	- 47.476,61	189.906,44	128.429,11	
21		- 14.630,75	- 50.309,78	201.239,11	136.298,58	
22		- 15.289,13	- 53.312,01	213.248,05	144.646,91	
23		- 15.977,14	- 56.493,41	225.973,63	153.503,08	
24		- 16.696,11	- 59.864,65	239.458,60	162.897,84	
25		- 17.447,44	- 63.437,07	253.748,30	172.863,78	

Fonte: Elaborado pelo autor

Diante dos dados apresentados na Tabela 4, e da utilização de equações registradas na planilha em Excel para cálculo do VPL, TIR (respectivamente, Equação 1, Equação 2) e do Payback simples (tempo necessário para recuperar o que foi investido, tendo como base as entradas e saídas de caixa, e o investimento inicial do projeto), obteve-se os resultados apresentados na Tabela 5 para o cenário da bandeira verde sem isenção.

Tabela 5 – Valores de VPL, TIR e Payback simples para o cenário da bandeira verde sem isenção

<b>TMA</b>	<b>7%</b>
<b>VPL</b>	<b>R\$ 272.479,79</b>
<b>Payback simples</b>	<b>11 anos</b>
<b>TIR</b>	<b>10,43%</b>

Fonte: Autor

Na planilha referida na Tabela 5, a TIR do empreendimento foi calculada em 10,43% ao ano e, o VPL do projeto em R\$ 272.479,79. Verifica-se, neste caso, que a TIR do projeto é maior que a TMA indicada no trabalho, que foi de 7% a. a., sendo assim, considera-se o investimento rentável e passível de execução. Ademais, o VPL previsto para o projeto é maior que zero, indicando que o projeto deverá ser aceito. Quanto ao Payback simples, verifica-se que o investimento é recuperado em aproximadamente 11 anos, sem considerar o valor do dinheiro no tempo.

#### 4.2.2 Resultados para bandeira verde com isenção de ICMS

Foram calculados os resultados para um sistema de bandeira verde com isenção de ICMS, utilizando os dados apresentados em Reais (R\$), em uma planilha do Excel, apresentada na Tabela 6.

A Taxa Mínima de Atratividade utilizada é de 7% ao ano, o investimento inicial considerado foi de R\$ 606.653,52 (célula B, Ano 0), as demais saídas de caixa (custos com O&M e ICMS) compreendem os valores constantes, respectivamente, nas células C e D (Ano 1 à Ano 25), e as entradas de caixa (receita obtida com a economia de pagamento da fatura de energia) os valores estão demonstrados na célula E (Ano 1 à Ano 25) e a vida útil do projeto é de 25 anos. Cabe dizer, que o custo de operação e manutenção (O&M) é de 1% do valor do investimento inicial, com atualização anual de 4,5%, e que a receita (economia de energia) tem uma atualização anual de 6,5%. Ademais, para fins de esclarecimento, na célula F consta o saldo da diferença entre entradas e saídas de caixa, valores utilizados, juntamente com o investimento inicial, para os cálculos de viabilidade econômica (VPL e TIR). Já na célula G estão acumulados os valores da célula E, descontando-se o valor do investimento inicial, sendo tal procedimento realizado até o período em que esses benefícios recuperaram o valor do investimento inicial, de forma a determinar o Payback simples.

Tabela 6 – Fluxo de caixa do cenário da bandeira verde com isenção

Células						
A	B	C	D	E	F	G
	Saídas de caixa			Entrada de caixa	Saldo do fluxo de caixa	Fluxo de caixa acumulado
Ano	Investimento inicial	O & M	ICMS	Receita obtida com a economia de pagamento da fatura de energia elétrica	Diferença entre entradas e saídas de caixa	Valor acumulado até recuperar o investimento inicial sem considerar o valor do dinheiro no tempo
0	- 606.653,52				- 606.653,52	- 606.653,52
1		- 6.066,54	-	63.452,17	57.385,64	- 549.267,88
2		- 6.339,53	-	66.900,80	60.561,27	- 488.706,61
3		- 6.624,81	-	70.893,10	64.268,30	- 424.438,32
4		- 6.922,92	-	75.123,65	68.200,73	- 356.237,59
5		- 7.234,46	-	79.606,65	72.372,20	- 283.865,40
6		- 7.560,01	-	84.357,18	76.797,17	- 207.068,22



7		- 7.900,21	-	89.391,20	81.490,99	- 125.577,23
8		- 8.255,72	-	94.725,61	86.469,90	- 39.107,34
9		- 8.627,22	-	100.378,37	91.751,14	52.643,81
10		- 9.015,45	-	106.368,44	97.353,00	
11		- 9.421,14	-	112.715,98	103.294,84	
12		- 9.845,10	-	119.442,31	109.597,21	
13		- 10.288,12	-	126.570,03	116.281,90	
14		- 10.751,09	-	134.123,09	123.372,00	
15		- 11.234,89	-	142.126,89	130.892,00	
16		- 11.740,46	-	150.608,31	138.867,85	
17		- 12.268,78	-	159.595,86	147.327,08	
18		- 12.820,87	-	169.119,75	156.298,87	
19		- 13.397,81	-	179.211,97	165.814,15	
20		- 14.000,72	-	189.906,44	175.905,72	
21		- 14.630,75	-	201.239,11	186.608,36	
22		- 15.289,13	-	213.248,05	197.958,92	
23		- 15.977,14	-	225.973,63	209.996,49	
24		- 16.696,11	-	239.458,60	222.762,49	
25		- 17.447,44	-	253.748,30	236.300,86	

Fonte: Elaborado pelo autor

Diante dos dados apresentados na Tabela 6, e da utilização de equações registradas na planilha em Excel para cálculo do VPL, TIR (respectivamente, Equação 1, Equação 2) e do Payback simples (tempo necessário para recuperar o que foi investido, tendo como base as entradas e saídas de caixa, e o investimento inicial do projeto), obteve-se os resultados apresentados na Tabela 7 para o cenário da bandeira verde com isenção.

Tabela 7 – Valores de VPL, TIR e Payback simples para o cenário da bandeira verde com isenção

<b>TMA</b>	<b>7%</b>
<b>VPL</b>	<b>R\$ 601.620,21</b>
<b>Payback simples</b>	<b>9 anos</b>
<b>TIR</b>	<b>13,93%</b>

Fonte: Autor

Na planilha referida na Tabela 7, a TIR do empreendimento foi calculada em 13,93% ao ano e, o VPL do projeto em R\$ 601.620,21. Verifica-se, neste caso, que a TIR do projeto é maior que a TMA indicada no trabalho, que foi de 7% a. a., sendo assim, considera-se o investimento rentável e passível de execução. Ademais, o VPL previsto para o projeto é maior que zero, indicando que o projeto deverá ser aceito.

Quanto ao Payback simples, verifica-se que o investimento é recuperado em aproximadamente 9 anos, sem considerar o valor do dinheiro no tempo.

#### 4.2.3 Resultados para bandeira amarela sem isenção de ICMS

Foram calculados os resultados para um sistema de bandeira amarela sem isenção de ICMS, utilizando os dados apresentados em Reais (R\$), em uma planilha do Excel, apresentada na Tabela 8.

A Taxa Mínima de Atratividade utilizada é de 7% ao ano, o investimento inicial considerado foi de R\$ 606.653,52 (célula B, Ano 0), as demais saídas de caixa (custos com O&M e ICMS) compreendem os valores constantes, respectivamente, nas células C e D (Ano 1 à Ano 25), e as entradas de caixa (receita obtida com a economia de pagamento da fatura de energia) os valores estão demonstrados na célula E (Ano 1 à Ano 25) e a vida útil do projeto é de 25 anos. Cabe dizer, que o custo de operação e manutenção (O&M) é de 1% do valor do investimento inicial, com atualização anual de 4,5%, e que a receita (economia de energia) tem uma atualização anual de 6,5%. Ademais, para fins de esclarecimento, na célula F consta o saldo da diferença entre entradas e saídas de caixa, valores utilizados, juntamente com o investimento inicial, para os cálculos de viabilidade econômica (VPL e TIR). Já na célula G estão acumulados os valores da célula E, descontando-se o valor do investimento inicial, sendo tal procedimento realizado até o período em que esses benefícios recuperaram o valor do investimento inicial, de forma a determinar o Payback simples.

Tabela 8 – Fluxo de caixa do cenário da bandeira amarela sem isenção

Células						
A	B	C	D	E	F	G
	Saídas de caixa			Entrada de caixa	Saldo do fluxo de caixa	Fluxo de caixa acumulado
Ano	Investimento inicial	O & M	ICMS	Receita obtida com a economia de pagamento da fatura de energia elétrica	Diferença entre entradas e saídas de caixa	Valor acumulado até recuperar o investimento inicial sem considerar o valor do dinheiro no tempo
0	- 606.653,52				- 606.653,52	- 606.653,52
1		- 6.066,54	- 16.021,67	64.086,69	41.998,49	- 564.655,03
2		- 6.339,53	- 16.892,45	67.569,81	44.337,83	- 520.317,21

3		- 6.624,81	- 17.900,51	71.602,03	47.076,72	- 473.240,49
4		- 6.922,92	- 18.968,72	75.874,89	49.983,24	- 423.257,25
5		- 7.234,46	- 20.100,68	80.402,72	53.067,58	- 370.189,67
6		- 7.560,01	- 21.300,19	85.200,75	56.340,56	- 313.849,11
7		- 7.900,21	- 22.571,28	90.285,11	59.813,62	- 254.035,49
8		- 8.255,72	- 23.918,22	95.672,87	63.498,94	- 190.536,55
9		- 8.627,22	- 25.345,54	101.382,15	67.409,39	- 123.127,16
10		- 9.015,45	- 26.858,03	107.432,13	71.558,65	- 51.568,51
11		- 9.421,14	- 28.460,79	113.843,14	75.961,21	24.392,70
12		- 9.845,10	- 30.159,18	120.636,73	80.632,45	
13		- 10.288,12	- 31.958,93	127.835,73	85.588,67	
14		- 10.751,09	- 33.866,08	135.464,32	90.847,15	
15		- 11.234,89	- 35.887,04	143.548,16	96.426,23	
16		- 11.740,46	- 38.028,60	152.114,39	102.345,34	
17		- 12.268,78	- 40.297,96	161.191,82	108.625,09	
18		- 12.820,87	- 42.702,74	170.810,94	115.287,33	
19		- 13.397,81	- 45.251,02	181.004,09	122.355,25	
20		- 14.000,72	- 47.951,38	191.805,51	129.853,41	
21		- 14.630,75	- 50.812,87	203.251,50	137.807,88	
22		- 15.289,13	- 53.845,13	215.380,53	146.246,27	
23		- 15.977,14	- 57.058,34	228.233,36	155.197,88	
24		- 16.696,11	- 60.463,30	241.853,19	164.693,78	
25		- 17.447,44	- 64.071,45	256.285,78	174.766,90	

Fonte: Elaborado pelo autor

Diante dos dados apresentados na Tabela 8, e da utilização de equações registradas na planilha em Excel para cálculo do VPL, TIR (respectivamente, Equação 1, Equação 2) e do Payback simples (tempo necessário para recuperar o que foi investido, tendo como base as entradas e saídas de caixa, e o investimento inicial do projeto), obteve-se os resultados apresentados na Tabela 9 para o cenário da bandeira amarela sem isenção.

Tabela 9 – Valores de VPL, TIR e Payback simples para o cenário da bandeira amarela sem isenção

<b>TMA</b>	<b>7%</b>
<b>VPL</b>	<b>R\$ 282.354,00</b>
<b>Payback simples</b>	<b>11 anos</b>
<b>TIR</b>	<b>10,54%</b>

Fonte: Autor

Na planilha referida na Tabela 9, a TIR do empreendimento foi calculada em 10,54% ao ano e, o VPL do projeto em R\$ 282.354,00. Verifica-se, neste caso, que a

TIR do projeto é maior que a TMA indicada no trabalho, que foi de 7% a. a., sendo assim, considera-se o investimento rentável e passível de execução. Ademais, o VPL previsto para o projeto é maior que zero, indicando que o projeto deverá ser aceito. Quanto ao Payback simples, verifica-se que o investimento é recuperado em aproximadamente 11 anos, sem considerar o valor do dinheiro no tempo.

#### **4.2.4 Resultados para bandeira amarela com isenção de ICMS**

Foram calculados os resultados para um sistema de bandeira amarela com isenção de ICMS, utilizando os dados apresentados em Reais (R\$), em uma planilha do Excel, apresentada na Tabela 10.

A Taxa Mínima de Atratividade utilizada é de 7% ao ano, o investimento inicial considerado foi de R\$ 606.653,52 (célula B, Ano 0), as demais saídas de caixa (custos com O&M e ICMS) compreendem os valores constantes, respectivamente, nas células C e D (Ano 1 à Ano 25), e as entradas de caixa (receita obtida com a economia de pagamento da fatura de energia) os valores estão demonstrados na célula E (Ano 1 à Ano 25) e a vida útil do projeto é de 25 anos. Cabe dizer, que o custo de operação e manutenção (O&M) é de 1% do valor do investimento inicial, com atualização anual de 4,5%, e que a receita (economia de energia) tem uma atualização anual de 6,5%. Ademais, para fins de esclarecimento, na célula F consta o saldo da diferença entre entradas e saídas de caixa, valores utilizados, juntamente com o investimento inicial, para os cálculos de viabilidade econômica (VPL e TIR). Já na célula G estão acumulados os valores da célula E, descontando-se o valor do investimento inicial, sendo tal procedimento realizado até o período em que esses benefícios recuperaram o valor do investimento inicial, de forma a determinar o Payback simples.

Tabela 10 – Fluxo de caixa do cenário da bandeira amarela com isenção

Células						
A	B	C	D	E	F	G
	Saídas de caixa			Entrada de caixa	Saldo do fluxo de caixa	Fluxo de caixa acumulado
Ano	Investimento inicial	O & M	ICMS	Receita obtida com a economia de pagamento da fatura de energia elétrica	Diferença entre entradas e saídas de caixa	Valor acumulado até recuperar o investimento inicial sem considerar o valor do dinheiro no tempo
0	- 606.653,52				- 606.653,52	- 606.653,52
1		- 6.066,54	-	64.086,69	58.020,16	- 548.633,36
2		- 6.339,53	-	67.569,81	61.230,28	- 487.403,08
3		- 6.624,81	-	71.602,03	64.977,23	- 422.425,86
4		- 6.922,92	-	75.874,89	68.951,96	- 353.473,90
5		- 7.234,46	-	80.402,72	73.168,26	- 280.305,63
6		- 7.560,01	-	85.200,75	77.640,75	- 202.664,89
7		- 7.900,21	-	90.285,11	82.384,90	- 120.279,99
8		- 8.255,72	-	95.672,87	87.417,15	- 32.862,83
9		- 8.627,22	-	101.382,15	92.754,93	59.892,09
10		- 9.015,45	-	107.432,13	98.416,68	
11		- 9.421,14	-	113.843,14	104.422,00	
12		- 9.845,10	-	120.636,73	110.791,64	
13		- 10.288,12	-	127.835,73	117.547,60	
14		- 10.751,09	-	135.464,32	124.713,23	
15		- 11.234,89	-	143.548,16	132.313,27	
16		- 11.740,46	-	152.114,39	140.373,94	
17		- 12.268,78	-	161.191,82	148.923,04	
18		- 12.820,87	-	170.810,94	157.990,07	
19		- 13.397,81	-	181.004,09	167.606,27	
20		- 14.000,72	-	191.805,51	177.804,79	
21		- 14.630,75	-	203.251,50	188.620,75	
22		- 15.289,13	-	215.380,53	200.091,40	
23		- 15.977,14	-	228.233,36	212.256,22	
24		- 16.696,11	-	241.853,19	225.157,08	
25		- 17.447,44	-	256.285,78	238.838,34	

Fonte: Elaborado pelo autor

Diante dos dados apresentados na Tabela 10, e da utilização de equações registradas na planilha em Excel para cálculo do VPL, TIR (respectivamente, Equação

1, Equação 2) e do Payback simples (tempo necessário para recuperar o que foi investido, tendo como base as entradas e saídas de caixa, e o investimento inicial do projeto), obteve-se os resultados apresentados na Tabela 11 para o cenário da bandeira amarela com isenção.

Tabela 11 – Valores de VPL, TIR e Payback simples para o cenário da bandeira amarela com isenção

<b>TMA</b>	<b>7%</b>
<b>VPL</b>	<b>R\$ 614.785,82</b>
<b>Payback simples</b>	<b>9</b>
<b>TIR</b>	<b>14,06%</b>

Fonte: Autor

Na planilha referida na Tabela 11, a TIR do empreendimento foi calculada em 14,06% ao ano e, o VPL do projeto em R\$ 614.785,82. Verifica-se, neste caso, que a TIR do projeto é maior que a TMA indicada no trabalho, que foi de 7% a. a., sendo assim, considera-se o investimento rentável e passível de execução. Ademais, o VPL previsto para o projeto é maior que zero, indicando que o projeto deverá ser aceito. Quanto ao Payback simples, verifica-se que o investimento é recuperado em aproximadamente 9 anos, sem considerar o valor do dinheiro no tempo.

#### **4.2.5 Resultados para bandeira vermelha patamar 1 sem isenção de ICMS**

Foram calculados os resultados para um sistema de bandeira vermelha patamar 1 sem isenção de ICMS, utilizando os dados apresentados em Reais (R\$), em uma planilha do Excel, apresentada na Tabela 12.

A Taxa Mínima de Atratividade utilizada é de 7% ao ano, o investimento inicial considerado foi de R\$ 606.653,52 (célula B, Ano 0), as demais saídas de caixa (custos com O&M e ICMS) compreendem os valores constantes, respectivamente, nas células C e D (Ano 1 à Ano 25), e as entradas de caixa (receita obtida com a economia de pagamento da fatura de energia) os valores estão demonstrados na célula E (Ano 1 à Ano 25) e a vida útil do projeto é de 25 anos. Cabe dizer, que o custo de operação e manutenção (O&M) é de 1% do valor do investimento inicial, com atualização anual de 4,5%, e que a receita (economia de energia) tem uma atualização anual de 6,5%. Ademais, para fins de esclarecimento, na célula F consta o saldo da diferença entre entradas e saídas de caixa, valores utilizados, juntamente com o investimento inicial, para os cálculos de viabilidade econômica (VPL e TIR). Já na célula G estão

acumulados os valores da célula E, descontando-se o valor do investimento inicial, sendo tal procedimento realizado até o período em que esses benefícios recuperaram o valor do investimento inicial, de forma a determinar o Payback simples.

Tabela 12 – Fluxo de caixa do cenário da bandeira vermelha patamar 1 sem isenção

Células						
A	B	C	D	E	F	G
	Saídas de caixa			Entrada de caixa	Saldo do fluxo de caixa	Fluxo de caixa acumulado
Ano	Investimento inicial	O & M	ICMS	Receita obtida com a economia de pagamento da fatura de energia elétrica	Diferença entre entradas e saídas de caixa	Valor acumulado até recuperar o investimento inicial sem considerar o valor do dinheiro no tempo
0	- 606.653,52				- 606.653,52	- 606.653,52
1		- 6.066,54	- 16.338,93	65.355,74	42.950,27	- 563.703,25
2		- 6.339,53	- 17.226,96	68.907,82	45.341,34	- 518.361,91
3		- 6.624,81	- 18.254,97	73.019,90	48.140,11	- 470.221,80
4		- 6.922,92	- 19.344,34	77.377,36	51.110,09	- 419.111,71
5		- 7.234,46	- 20.498,71	81.994,85	54.261,68	- 364.850,02
6		- 7.560,01	- 21.721,97	86.887,90	57.605,92	- 307.244,11
7		- 7.900,21	- 23.018,23	92.072,93	61.154,49	- 246.089,62
8		- 8.255,72	- 24.391,85	97.567,38	64.919,82	- 181.169,79
9		- 8.627,22	- 25.847,43	103.389,72	68.915,06	- 112.254,73
10		- 9.015,45	- 27.389,87	109.559,50	73.154,17	- 39.100,55
11		- 9.421,14	- 29.024,37	116.097,46	77.651,95	38.551,40
12		- 9.845,10	- 30.756,39	123.025,58	82.424,09	
13		- 10.288,12	- 32.591,78	130.367,13	87.487,22	
14		- 10.751,09	- 34.536,70	138.146,79	92.859,00	
15		- 11.234,89	- 36.597,67	146.390,70	98.558,13	
16		- 11.740,46	- 38.781,64	155.126,56	104.604,46	
17		- 12.268,78	- 41.095,93	164.383,74	111.019,02	
18		- 12.820,87	- 43.548,33	174.193,34	117.824,13	
19		- 13.397,81	- 46.147,08	184.588,33	125.043,43	
20		- 14.000,72	- 48.900,91	195.603,63	132.702,01	
21		- 14.630,75	- 51.819,07	207.276,28	140.826,46	
22		- 15.289,13	- 54.911,37	219.645,49	149.444,99	
23		- 15.977,14	- 58.188,21	232.752,84	158.587,49	
24		- 16.696,11	- 61.660,59	246.642,36	168.285,66	
25		- 17.447,44	- 65.340,19	261.360,75	178.573,12	

Fonte: Elaborado pelo autor

Diante dos dados apresentados na Tabela 12, e da utilização de equações registradas na planilha em Excel para cálculo do VPL, TIR (respectivamente, Equação 1, Equação 2) e do Payback simples (tempo necessário para recuperar o que foi investido, tendo como base as entradas e saídas de caixa, e o investimento inicial do projeto), obteve-se os resultados apresentados na Tabela 13 para o cenário da bandeira vermelha patamar 1 sem isenção.

Tabela 13 – Valores de VPL, TIR e Payback simples para o cenário da bandeira vermelha patamar 1 sem isenção

<b>TMA</b>	<b>7%</b>
<b>VPL</b>	<b>R\$ 302.102,43</b>
<b>Payback simples</b>	<b>11 anos</b>
<b>TIR</b>	<b>10,76%</b>

Fonte: Autor

Na planilha referida na Tabela 13, a TIR do empreendimento foi calculada em 10,76% ao ano e, o VPL do projeto em R\$ 302.102,43. Verifica-se, neste caso, que a TIR do projeto é maior que a TMA indicada no trabalho, que foi de 7% a. a., sendo assim, considera-se o investimento rentável e passível de execução. Ademais, o VPL previsto para o projeto é maior que zero, indicando que o projeto deverá ser aceito. Quanto ao Payback simples, verifica-se que o investimento é recuperado em aproximadamente 11 anos, sem considerar o valor do dinheiro no tempo.

#### 4.2.6 Resultados para bandeira vermelha patamar 1 com isenção de ICMS

Foram calculados os resultados para um sistema de bandeira vermelha patamar 1 com isenção de ICMS, utilizando os dados apresentados em Reais (R\$), em uma planilha do Excel, apresentada na Tabela 14.

A Taxa Mínima de Atratividade utilizada é de 7% ao ano, o investimento inicial considerado foi de R\$ 606.653,52 (célula B, Ano 0), as demais saídas de caixa (custos com O&M e ICMS) compreendem os valores constantes, respectivamente, nas células C e D (Ano 1 à Ano 25), e as entradas de caixa (receita obtida com a economia de pagamento da fatura de energia) os valores estão demonstrados na célula E (Ano 1 à Ano 25) e a vida útil do projeto é de 25 anos. Cabe dizer, que o custo de operação e manutenção (O&M) é de 1% do valor do investimento inicial, com atualização anual de 4,5%, e que a receita (economia de energia) tem uma atualização anual de 6,5%. Ademais, para fins de esclarecimento, na célula F consta o saldo da diferença entre



entradas e saídas de caixa, valores utilizados, juntamente com o investimento inicial, para os cálculos de viabilidade econômica (VPL e TIR). Já na célula G estão acumulados os valores da célula E, descontando-se o valor do investimento inicial, sendo tal procedimento realizado até o período em que esses benefícios recuperaram o valor do investimento inicial, de forma a determinar o Payback simples.

Tabela 14 – Fluxo de caixa do cenário da bandeira vermelha patamar 1 com isenção

Células						
A	B	C	D	E	F	G
	Saídas de caixa			Entrada de caixa	Saldo do fluxo de caixa	Fluxo de caixa acumulado
Ano	Investimento inicial	O & M	ICMS	Receita obtida com a economia de pagamento da fatura de energia elétrica	Diferença entre entradas e saídas de caixa	Valor acumulado até recuperar o investimento inicial sem considerar o valor do dinheiro no tempo
0	- 606.653,52				- 606.653,52	- 606.653,52
1		- 6.066,54	-	65.355,74	59.289,20	- 547.364,32
2		- 6.339,53	-	68.907,82	62.568,29	- 484.796,02
3		- 6.624,81	-	73.019,90	66.395,09	- 418.400,94
4		- 6.922,92	-	77.377,36	70.454,43	- 347.946,50
5		- 7.234,46	-	81.994,85	74.760,40	- 273.186,10
6		- 7.560,01	-	86.887,90	79.327,89	- 193.858,22
7		- 7.900,21	-	92.072,93	84.172,72	- 109.685,49
8		- 8.255,72	-	97.567,38	89.311,67	- 20.373,82
9		- 8.627,22	-	103.389,72	94.762,49	74.388,67
10		- 9.015,45	-	109.559,50	100.544,05	
11		- 9.421,14	-	116.097,46	106.676,32	
12		- 9.845,10	-	123.025,58	113.180,48	
13		- 10.288,12	-	130.367,13	120.079,00	
14		- 10.751,09	-	138.146,79	127.395,70	
15		- 11.234,89	-	146.390,70	135.155,81	
16		- 11.740,46	-	155.126,56	143.386,10	
17		- 12.268,78	-	164.383,74	152.114,96	
18		- 12.820,87	-	174.193,34	161.372,46	
19		- 13.397,81	-	184.588,33	171.190,51	
20		- 14.000,72	-	195.603,63	181.602,92	
21		- 14.630,75	-	207.276,28	192.645,53	
22		- 15.289,13	-	219.645,49	204.356,36	
23		- 15.977,14	-	232.752,84	216.775,69	

24		- 16.696,11	-	246.642,36	229.946,25	
25		- 17.447,44	-	261.360,75	243.913,31	

Fonte: Elaborado pelo autor

Diante dos dados apresentados na Tabela 14, e da utilização de equações registradas na planilha em Excel para cálculo do VPL, TIR (respectivamente, Equação 1, Equação 2) e do Payback simples (tempo necessário para recuperar o que foi investido, tendo como base as entradas e saídas de caixa, e o investimento inicial do projeto), obteve-se os resultados apresentados na Tabela 15 para o cenário da bandeira vermelha patamar 1 com isenção.

Tabela 15 – Valores de VPL, TIR e Payback simples para o cenário da bandeira vermelha patamar 1 com isenção

<b>TMA</b>	<b>7%</b>
<b>VPL</b>	<b>R\$ 641.117,06</b>
<b>Payback simples</b>	<b>9 anos</b>
<b>TIR</b>	<b>14,32%</b>

Fonte: Autor

Na planilha referida na Tabela 15, a TIR do empreendimento foi calculada em 14,32% ao ano e, o VPL do projeto em R\$ 641.117,06. Verifica-se, neste caso, que a TIR do projeto é maior que a TMA indicada no trabalho, que foi de 7% a. a., sendo assim, considera-se o investimento rentável e passível de execução. Ademais, o VPL previsto para o projeto é maior que zero, indicando que o projeto deverá ser aceito. Quanto ao Payback simples, verifica-se que o investimento é recuperado em aproximadamente 9 anos, sem considerar o valor do dinheiro no tempo.

#### 4.2.7 Resultados para bandeira vermelha patamar 2 sem isenção de ICMS

Foram calculados os resultados para um sistema de bandeira vermelha patamar 2 sem isenção de ICMS, utilizando os dados apresentados em Reais (R\$), em uma planilha do Excel, apresentada na Tabela 16.

A Taxa Mínima de Atratividade utilizada é de 7% ao ano, o investimento inicial considerado foi de R\$ 606.653,52 (célula B, Ano 0), as demais saídas de caixa (custos com O&M e ICMS) compreendem os valores constantes, respectivamente, nas células C e D (Ano 1 à Ano 25), e as entradas de caixa (receita obtida com a economia de pagamento da fatura de energia) os valores estão demonstrados na célula E (Ano 1 à Ano 25) e a vida útil do projeto é de 25 anos. Cabe dizer, que o custo de operação e manutenção (O&M) é de 1% do valor do investimento inicial, com atualização anual

de 4,5%, e que a receita (economia de energia) tem uma atualização anual de 6,5%. Ademais, para fins de esclarecimento, na célula F consta o saldo da diferença entre entradas e saídas de caixa, valores utilizados, juntamente com o investimento inicial, para os cálculos de viabilidade econômica (VPL e TIR). Já na célula G estão acumulados os valores da célula E, descontando-se o valor do investimento inicial, sendo tal procedimento realizado até o período em que esses benefícios recuperaram o valor do investimento inicial, de forma a determinar o Payback simples.

Tabela 16 – Fluxo de caixa do cenário da bandeira vermelha patamar 2 sem isenção

Células						
A	B	C	D	E	F	G
	Saídas de caixa			Entrada de caixa	Saldo do fluxo de caixa	Fluxo de caixa acumulado
Ano	Investimento inicial	O & M	ICMS	Receita obtida com a economia de pagamento da fatura de energia elétrica	Diferença entre entradas e saídas de caixa	Valor acumulado até recuperar o investimento inicial sem considerar o valor do dinheiro no tempo
0	- 606.653,52				- 606.653,52	- 606.653,52
1		- 6.066,54	- 16.656,20	66.624,78	43.902,05	- 562.751,47
2		- 6.339,53	- 17.561,46	70.245,84	46.344,85	- 516.406,62
3		- 6.624,81	- 18.609,44	74.437,76	49.203,51	- 467.203,11
4		- 6.922,92	- 19.719,96	78.879,83	52.236,95	- 414.966,16
5		- 7.234,46	- 20.896,75	83.586,99	55.455,78	- 359.510,38
6		- 7.560,01	- 22.143,76	88.575,04	58.871,27	- 300.639,10
7		- 7.900,21	- 23.465,19	93.860,75	62.495,36	- 238.143,74
8		- 8.255,72	- 24.865,47	99.461,90	66.340,71	- 171.803,04
9		- 8.627,22	- 26.349,32	105.397,28	70.420,74	- 101.382,30
10		- 9.015,45	- 27.921,72	111.686,87	74.749,70	- 26.632,60
11		- 9.421,14	- 29.587,95	118.351,78	79.342,69	52.710,09
12		- 9.845,10	- 31.353,61	125.414,42	84.215,72	
13		- 10.288,12	- 33.224,63	132.898,53	89.385,77	
14		- 10.751,09	- 35.207,31	140.829,25	94.870,85	
15		- 11.234,89	- 37.308,31	149.233,23	100.690,04	
16		- 11.740,46	- 39.534,68	158.138,73	106.863,59	
17		- 12.268,78	- 41.893,91	167.575,66	113.412,96	
18		- 12.820,87	- 44.393,93	177.575,73	120.360,92	
19		- 13.397,81	- 47.043,14	188.172,56	127.731,61	
20		- 14.000,72	- 49.850,44	199.401,76	135.550,61	
21		- 14.630,75	- 52.825,27	211.301,06	143.845,05	

22		- 15.289,13	- 55.977,61	223.910,45	152.643,71	
23		- 15.977,14	- 59.318,08	237.272,31	161.977,09	
24		- 16.696,11	- 62.857,88	251.431,54	171.877,54	
25		- 17.447,44	- 66.608,93	266.435,71	182.379,34	

Fonte: Elaborado pelo autor

Diante dos dados apresentados na Tabela 16, e da utilização de equações registradas na planilha em Excel para cálculo do VPL, TIR (respectivamente, Equação 1, Equação 2) e do Payback simples (tempo necessário para recuperar o que foi investido, tendo como base as entradas e saídas de caixa, e o investimento inicial do projeto), obteve-se os resultados apresentados na Tabela 17 para o cenário da bandeira vermelha patamar 2 sem isenção.

Tabela 17 – Valores de VPL, TIR e Payback simples para o cenário da bandeira vermelha patamar 2 sem isenção

<b>TMA</b>	<b>7%</b>
<b>VPL</b>	<b>R\$ 321.850,85</b>
<b>Payback simples</b>	<b>11 anos</b>
<b>TIR</b>	<b>10,98%</b>

Fonte: Autor

Na planilha referida na Tabela 17, a TIR do empreendimento foi calculada em 10,98% ao ano e, o VPL do projeto em R\$ 321.850,85. Verifica-se, neste caso, que a TIR do projeto é maior que a TMA indicada no trabalho, que foi de 7% a. a., sendo assim, considera-se o investimento rentável e passível de execução. Ademais, o VPL previsto para o projeto é maior que zero, indicando que o projeto deverá ser aceito. Quanto ao Payback simples, verifica-se que o investimento é recuperado em aproximadamente 11 anos, sem considerar o valor do dinheiro no tempo.

#### 4.2.8 Resultados para bandeira vermelha patamar 2 com isenção de ICMS

Foram calculados os resultados para um sistema de bandeira vermelha patamar 2 com isenção de ICMS, utilizando os dados apresentados em Reais (R\$), em uma planilha do Excel, apresentada na Tabela 18.

A Taxa Mínima de Atratividade utilizada é de 7% ao ano, o investimento inicial considerado foi de R\$ 606.653,52 (célula B, Ano 0), as demais saídas de caixa (custos com O&M e ICMS) compreendem os valores constantes, respectivamente, nas células C e D (Ano 1 à Ano 25), e as entradas de caixa (receita obtida com a economia de pagamento da fatura de energia) os valores estão demonstrados na célula E (Ano 1 à Ano 25) e a vida útil do projeto é de 25 anos. Cabe dizer, que o custo de operação e

manutenção (O&M) é de 1% do valor do investimento inicial, com atualização anual de 4,5%, e que a receita (economia de energia) tem uma atualização anual de 6,5%. Ademais, para fins de esclarecimento, na célula F consta o saldo da diferença entre entradas e saídas de caixa, valores utilizados, juntamente com o investimento inicial, para os cálculos de viabilidade econômica (VPL e TIR). Já na célula G estão acumulados os valores da célula E, descontando-se o valor do investimento inicial, sendo tal procedimento realizado até o período em que esses benefícios recuperaram o valor do investimento inicial, de forma a determinar o Payback simples.

Tabela 18 – Fluxo de caixa do cenário da bandeira vermelha patamar 2 com isenção

Células						
A	B	C	D	E	F	G
	Saídas de caixa			Entrada de caixa	Saldo do fluxo de caixa	Fluxo de caixa acumulado
Ano	Investimento inicial	O & M	ICMS	Receita obtida com a economia de pagamento da fatura de energia elétrica	Diferença entre entradas e saídas de caixa	Valor acumulado até recuperar o investimento inicial sem considerar o valor do dinheiro no tempo
0	- 606.653,52				- 606.653,52	- 606.653,52
1		- 6.066,54	-	66.624,78	60.558,25	- 546.095,27
2		- 6.339,53	-	70.245,84	63.906,31	- 482.188,96
3		- 6.624,81	-	74.437,76	67.812,95	- 414.376,01
4		- 6.922,92	-	78.879,83	71.956,91	- 342.419,11
5		- 7.234,46	-	83.586,99	76.352,53	- 266.066,58
6		- 7.560,01	-	88.575,04	81.015,03	- 185.051,54
7		- 7.900,21	-	93.860,75	85.960,55	- 99.091,00
8		- 8.255,72	-	99.461,90	91.206,18	- 7.884,82
9		- 8.627,22	-	105.397,28	96.770,06	88.885,24
10		- 9.015,45	-	111.686,87	102.671,42	
11		- 9.421,14	-	118.351,78	108.930,64	
12		- 9.845,10	-	125.414,42	115.569,33	
13		- 10.288,12	-	132.898,53	122.610,40	
14		- 10.751,09	-	140.829,25	130.078,16	
15		- 11.234,89	-	149.233,23	137.998,34	
16		- 11.740,46	-	158.138,73	146.398,27	
17		- 12.268,78	-	167.575,66	155.306,88	
18		- 12.820,87	-	177.575,73	164.754,86	
19		- 13.397,81	-	188.172,56	174.774,75	

20		- 14.000,72	-	199.401,76	185.401,05
21		- 14.630,75	-	211.301,06	196.670,31
22		- 15.289,13	-	223.910,45	208.621,32
23		- 15.977,14	-	237.272,31	221.295,17
24		- 16.696,11	-	251.431,54	234.735,42
25		- 17.447,44	-	266.435,71	248.988,27

Fonte: Elaborado pelo autor

Diante dos dados apresentados na Tabela 18, e da utilização de equações registradas na planilha em Excel para cálculo do VPL, TIR (respectivamente, Equação 1, Equação 2) e do Payback simples (tempo necessário para recuperar o que foi investido, tendo como base as entradas e saídas de caixa, e o investimento inicial do projeto), obteve-se os resultados apresentados na Tabela 19 para o cenário da bandeira vermelha patamar 2 com isenção.

Tabela 19 – Valores de VPL, TIR e Payback simples para o cenário da bandeira vermelha patamar 2 com isenção

<b>TMA</b>	<b>7%</b>
<b>VPL</b>	<b>R\$ 667.448,29</b>
<b>Payback simples</b>	<b>9 anos</b>
<b>TIR</b>	<b>14,58%</b>

Fonte: Autor

Na planilha referida na Tabela 19, a TIR do empreendimento foi calculada em 14,58% ao ano e, o VPL do projeto em R\$ 667.448,29. Verifica-se, neste caso, que a TIR do projeto é maior que a TMA indicada no trabalho, que foi de 7% a. a., sendo assim, considera-se o investimento rentável e passível de execução. Ademais, o VPL previsto para o projeto é maior que zero, indicando que o projeto deverá ser aceito. Quanto ao Payback simples, verifica-se que o investimento é recuperado em aproximadamente 9 anos, sem considerar o valor do dinheiro no tempo.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresentou um estudo de engenharia econômica na área de sistemas de energia elétrica, a fim de analisar o impacto da isenção do ICMS, comparado a não isenção, com relação à implementação de usinas de micro e minigeração e energia solar fotovoltaica usando como base de análise um projeto que foi delineado com auxílio do software SAM para obtenção dos parâmetros de viabilidades técnica (primeira prova) e econômica (segunda prova).

Primeiramente, foram apresentados os conceitos que serviram de base para o objeto de estudo dessa pesquisa. Foi possível abordar as características particulares de cada sistema, de forma sucinta, para um melhor entendimento de como é delineado um sistema fotovoltaico.

Logo, foi realizada uma análise de viabilidade técnica do projeto, delineando um sistema fotovoltaico apenas para geração de dados técnicos, simulando um projeto com base em uma fatura de energia e área disponível para projetar o sistema. Neste caso, o fator limitador da capacidade instalada do sistema foi a área disponível, desta forma, o projeto considerado supre aproximadamente 28% do que é consumido.

Após a análise técnica é necessária a análise econômica, para tal, foram utilizados os dados da primeira prova e utilizadas ferramentas da engenharia econômica para calcular parâmetros de retorno de investimento tais como TIR, VPL e payback simples, demonstrados no Capítulo 4, que são necessários para a análise econômica. Foram utilizadas ferramentas da engenharia econômica para analisar a rentabilidade do projeto e verificar o quanto o ICMS impacta no custo e no retorno do investimento de projetos que possuem incentivos fiscais governamentais, como o de geração distribuída. Esta análise foi realizada considerando as diferentes bandeiras tarifárias de energia elétrica.

Uma vez definido o valor do investimento inicial para o projeto adotado, através do cálculo do VPL e da TIR, foi possível observar que para todos os cenários estudados o projeto é viável.

O retorno monetário dos projetos foi calculado considerando o Sistema de Compensação de Energia Elétrica onde a energia gerada é injetada na rede e descontada da energia consumida pelo usuário. As regras desse sistema são válidas para usinas de micro e minigeração, o que oferecem uma vantagem para residências,

comércios e indústrias que desejem investir em um projeto fotovoltaico para tentar reduzir os seus custos com energia consumida.

## **5.1 Conclusões**

Com este estudo foi possível realizar análise econômica em uma usina de geração de energia solar fotovoltaica no sentido de verificar se os incentivos governamentais, neste estudo, a isenção do ICMS, cumprem o objetivo de fomentar e atrair investidores para desenvolvimento de geração distribuída no país.

Portanto, ao término deste trabalho, comparando todos os resultados obtidos e analisando a viabilidade de cada um, foi possível concluir que todos os cenários apresentados neste trabalho são viáveis e merecem investimento, pois para todos os casos considerados com a isenção do ICMS o retorno do investimento é mais rápido. Esta análise foi realizada considerando as diferentes bandeiras tarifárias de energia elétrica, e fica evidente que no pior cenário de consumo, que é a bandeira vermelha patamar 2, maior é o VPL e, conseqüentemente, o retorno do investimento.

Nos Apêndices 1 a 4, tem-se uma comparação entre a mesma bandeira, porém, um cenário com isenção de ICMS e o outro não tem isenção. Para todas as bandeiras consideradas, quando é aplicada a isenção do ICMS, o payback simples diminui de 11 anos para 9 anos, ou seja, podemos assumir que com a isenção do ICMS o tempo de retorno do investimento é aproximadamente 2 anos menor do que em um cenário sem isenção. Já no Apêndice 5 é possível verificar uma comparação entre todas as bandeiras e cenários possíveis, considerando ICMS e considerando a sua isenção.

Espera-se que este estudo possa servir de algum modo para a universidade, para estudantes e acadêmicos, bem como para os possíveis consumidores que tenham intenção de gerar sua própria energia aproveitando os incentivos fiscais. Pois este trabalho demonstrou que, mesmo não gerando 100% do consumo, o investimento é recuperado em poucos anos. Espera-se, ainda, a partir do mesmo, que seja despertado o interesse por novas pesquisas referentes ao tema proposto, visando agregar mais conhecimentos sobre o tema e minimizar o uso de fontes não renováveis para produção de energia elétrica.



## 5.2 Sugestões para trabalhos futuros

Entende-se, ao final de uma pesquisa, que outras possibilidades de trabalhos possam ser realizadas, com novos enfoques. Diante disso, recomenda-se:

- aplicar a mesma metodologia para outras cargas, com diferente demanda contratada;
- realizar o mesmo estudo considerando que a usina projetada possa suprir 100%, ou 75% do consumo, variando estas variáveis e analisando o payback;
- aplicar a mesma metodologia para regiões diferentes, comparando os resultados;
- realizar o estudo com outros métodos de engenharia econômica não citados na revisão bibliográfica desse trabalho, como os que consideram a análise de riscos de investimentos;
- analisar sistema de geração de energia solar com maiores potências a serem supridas, com outros tipos de quebras nos sistemas de geração de energia solar;
- realizar um estudo com maiores potências, que não estão enquadradas no Sistema de Compensação de Energia para fazer um comparativo de rentabilidade entre uma usina com maior potência e uma usina de minigeração de energia;
- Identificar um projeto em execução no qual já se tenha um histórico de créditos que o cliente “acumula”, para que a pesquisa possa considerar a cobrança de ICMS somente na energia elétrica ativa acumulada.

## REFERÊNCIAS

ABB, 2010, Technical Application Papers No. 10, **Photovoltaic Plants**. ASSUNÇÃO, F. C. R., 2010, Energia Solar Fotovoltaica no Brasil: Subsídios para Tomada de Decisão. Série Documentos Técnicos, CGEE, Maio.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 11704. **Sistemas fotovoltaicos** – Classificação. Rio de Janeiro, 2008.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, Resolução Normativa Nº 482 de 17 de abril de 2012. **Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências.**

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, Resolução Normativa Nº 687 de 24 de novembro de 2015. **Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST.**

ANEEL, R. N. N. 482. **Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e mineração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e da outras providencias**, v. 17, 2012.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão**. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 2009 p.

ASSUNCAO, H. D. **Degradação de módulos fotovoltaicos de silício cristalino instalados no DEE - UFC**. Universidade Federal do Ceara, 2014.

BERTUCCI, Janete Lara de Oliveira. **Metodologia básica para elaboração de trabalhos de conclusão de cursos (TCC): ênfase na elaboração de TCC de Pós-Graduação Lato Sensu**. 1ª. ed. – 3ª. reimp. – São Paulo: Atlas, 2011.

BLUESOL ENERGIA SOLAR (São Pauo). **Os Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica: Introdução aos sistemas solares**. São Paulo: Bluesol, 2017. 114 p.

BORDEAUX-RÊGO, Ricardo. **Viabilidade econômico-financeira**. 3ª. ed. - Rio de Janeiro: Editora FGV, 2010.

BRASIL, M. **Plano decenal de expansão de energia 2024**. MME (Ministério de Minas e Energia), Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro, 2015.

BRASIL, P. **Brasil deve integrar Top 20 em energia solar em 2018**. 2016. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2016/07/brasil-deve-integrar-top-20-em-energia-solar-em-2018>>.

BRITO, P. **Análise E Viabilidade de Projetos de Investimentos**. [S.l.]: Editora Atlas SA, 2000.

BUARQUE, Cristovam. **Avaliação econômica de projetos: uma apresentação didática**. Rio de Janeiro: Campus, 1984.

BOTEGA, Angelo. **Retorno de Investimento de um Sistema Fotovoltaico com a Presença de Painéis Danificados** — Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação) —Universidade Federal do Pampa, engenharia elétrica, 2017.

CAMPOS, E. L. F. **Construção de um caracterizador de curvas de painéis solares utilizando um conversor boost**. UFV, Vicososa, 2013.

CASAROTTO FILHO, Nelson. **Elaboração de Projetos Empresariais: análise estratégica, estudo de viabilidade e plano de negócio**. São Paulo: Atlas, 2011.

CASAROTTO FILHO, Nelson. **Projeto de Negócio: estratégias e estudos de viabilidade: redes de empresas, engenharia simultânea, plano de negócio**. São Paulo: Atlas, 2002.

CASAROTTO FILHO, Nelson; KOPITCKE, Bruno Hartmut. **Análise de Investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial**. 9ª. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

CASAROTTO FILHO, Nelson; KOPITCKE, Bruno Hartmut. **Planilha de Análise de Projeto em Excel. Material de apoio ao livro Análise de Investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial**. São Paulo: Atlas, 2013.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino; SILVA, Roberto da. **Metodologia científica**. 6ª. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

CLEMENTE, Ademir (organizador). **Projetos Empresariais e Públicos**. 3ª. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

CRESESB. **Componentes de um sistema fotovoltaico**, 2014. Disponível em: <[http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com\\_content&cid=tutorial\\_solar](http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&cid=tutorial_solar)>. Acesso em 05 Mai. 2018, 23:59:00.

DE FREITAS, Bruno M. R.; HOLLANDA, Lavínia. **Micro e Minigeração no Brasil: Viabilidade Econômica e Entraves do Setor**, FGV Energia, White Paper nº1, maio 2015.

DEGEN, Ronald Jean. **O empreendedor: empreender como opção de carreira**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

DEGEN, Ronald Jean. **O empreendedor: fundamentos da iniciativa empresarial**. São Paulo: Makron Books, 1989.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília: EPE, MME, 2006. 47 slides, color.

Empresa de Pesquisa Energética. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2017**: Ano base 2016. Brasília: Epe, Mme, 2017. 232 p.

Empresa de Pesquisa Energética. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2017**: Ano base 2016. Brasília: Epe, Mme, 2017. 232 p. Disponível em: <<http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuario2017vf.pdf>>. Acesso em: 11 Mar. 2018.

ENERDATA. **Global Energy Statistical Yearbook 2017**. Disponível em: <<https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-consumption-statistics.html>>. Acesso em: 11.04.2018.

ENERGIA, M. de Minas e. **Energia Solar no Brasil e Mundo**. 2016.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2016a, **Balanço Energético Nacional 2013**, Ano Base 2012. Rio de Janeiro.

FERREIRA, Roberto G. **Engenharia Econômica e avaliação de projetos de investimento: critérios de avaliação, financiamentos e benefícios fiscais, análise de sensibilidade e risco**. São Paulo: Atlas, 2009.

FREZATTI, Fábio. **Gestão da viabilidade econômico-financeira dos projetos de investimento**. São Paulo: Atlas, 2008.

GREENPRO. **Energia Fotovoltaica – Manual Sobre Tecnologias, Projeto e Instalações. União Europeia**: ALTENER, 2004.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1999.

GITMAN, Lawrence Jeffrey. **Princípios de Administração Financeira**. 10ª. ed. – Tradução técnica Antonio Zoratto Sanvicente. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2004.

HINATA, Bruno. **Usinas hidrelétricas e seus Impactos ambientais**. 2016. Disponível em: <<http://www.engenharia-sustentavel.com/usinas-hidreletricas-e-seus-impactos-ambientais/>>. Acesso em: 16 abr. 2018.

HOJI, Masakazu. **Administração Financeira e Orçamentária: matemática financeira aplicada, estratégias financeiras, orçamento empresarial**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

IEA – International Energy Agency; BE – Becquerel Institute; JP – RTS Corporation. **Snapshot of global photovoltaic markets**: Report IEA PVPS T1- 33:2018. 2018.

Disponível em: <[http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/statistics/IEA-PVPS\\_-\\_A\\_Snapshot\\_of\\_Global\\_PV\\_-\\_1992-2017.pdf](http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/statistics/IEA-PVPS_-_A_Snapshot_of_Global_PV_-_1992-2017.pdf)>. Acesso em 31 Mai. 2018, 14:35:00. ISBN: 978-3-906042-72-5

IPEA. **Taxa de juros - Selic - fixada pelo Comitê de Política Monetária (Copom)**. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>>. Acesso em 07 Fev. 2018, 14:35:00.

LAPPONI, Juan Carlos. **Projetos de Investimento: construção e avaliação do fluxo de caixa: modelos em excel**. São Paulo: Lapponi Treinamento e Editora, 2000.

LOPES, R. J. C. **Efeito do sombreamento nos painéis fotovoltaicos**. Tese (Doutorado) | Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2013.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnica de pesquisa**. 7.ed. São Paulo: Atlas, 2008.

MOTTA, Regis da Rocha, CALÔBA, Guilherme Marques. **Análise de investimentos: tomada de decisão em projetos industriais**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

NAKABAYASHI, R. Microgeração Fotovoltaica no Brasil: Viabilidade Econômica. Tese (Doutorado) | Tese de Mestrado, Instituto de Energia e Ambiente da USP, São Paulo, 2015.

Nakabayashi, Renny. **Microgeração fotovoltaica no Brasil: condições atuais e perspectivas futuras**. / Renny Nakabayashi; orientador: Roberto Zilles. – São Paulo, 2014.

NASCIMENTO, R. L. **Energia solar no brasil: situação e perspectivas**. Câmara dos Deputados, Consultoria Legislativa, 2017.

NOGUEIRA, C. U. **Utilização de sistemas solar e eólico no bombeamento de água para uso na irrigação**. 2009. 139f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2009.

PEREIRA, E. B. et al. **Atlas brasileiro de energia solar**. [S.l.]: INPE, 2006. v. 1.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antonio (Rio de Janeiro). GTES, CEPEL, DTE, CRESESB (Org.). **Manual de Engenharia para Sistemas fotovoltaicos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Cepel - Cresesb, 2014. 530p.

REBELATTO, Dayse. **Projeto de Investimento**. 1. ed. Barueri: Manole, 2004.

ROSA, Cláudio Afrânio. **Como elaborar um plano de negócio**. Brasília: SEBRAE, 2007

RÜTHER, Ricardo. **Edifícios Solares Fotovoltaicos: O potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede Elétrica Pública no Brasil**. Florianópolis: Labsolar, 2004. 114 p.

SANTOS, A. H. M. **Análise Econômico-Financeira de Centrais Termelétricas.**

SANTOS, F. A.; SOUZA, C. A. D.; DALFIOR, V. A. O. **Energia solar: um estudo sobre a viabilidade econômica de instalação do sistema fotovoltaico em uma residência em Ipatinga-MG.** 2016.

SAUNDERS, M.; LEWIS, P.; THORNHILL, A. **Research Methods for business students.** England: Prentice Hall, 2003.

SEGUEL, Julio Igor López. **Projeto de um sistema fotovoltaico autônomo de suprimento de energia usando técnica MPPT e controle digital.** 2009. 222 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

SHAH, A. et al. **Photovoltaic technology: the case for thin-Im solar cells.** science, American Association for the Advancement of Science, v. 285, n. 5428, p. 692{698, 1999.

SOLARTERRA, 2011, **Energia Solar Fotovoltaica, Guia Prático. Soluções em Energia Alternativa,** São Paulo.

SWERA. **National Renewable Energy Laboratory.** 2017. Disponível em: <<https://maps.nrel.gov/swera>>.

THE PORTICUS CENTRE. **Bell Labs The Solar Battery (Photovoltaics).** Disponível em: <[http://www.beatriceco.com/bti/porticus/bell/belllabs\\_photovoltaics.html](http://www.beatriceco.com/bti/porticus/bell/belllabs_photovoltaics.html)>. Acesso em: 23 abril 2018.

VILLALVA, Marcelo Gradella. **Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações - Sistemas isolados e conectados à rede.** 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2015. 224 p.

WERNKE, Rodney. **Gestão financeira: ênfase em aplicações e casos nacionais.** Rio de Janeiro: Saraiva, 2008.

ZILLES, Roberto et al. **Sistemas Fotovoltaicos conectados à Rede Elétrica.** São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 208 p. (Coleção aplicações da energia solar fotovoltaica).

APÊNDICE 1 – COMPARATIVO BANDEIRA VERDE

BANDEIRA VERDE SEM ISENÇÃO

BANDEIRA VERDE COM ISENÇÃO

Células							Células						
A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G
Ano	Saídas de caixa			Entrada de caixa	Saldo do fluxo de caixa	Fluxo de caixa acumulado	Ano	Saídas de caixa			Entrada de caixa	Saldo do fluxo de caixa	Fluxo de caixa acumulado
	Investimento inicial	O & M	ICMS					Investimento inicial	O & M	ICMS			
0	-	606.653,52	-	-	-	606.653,52	0	-	606.653,52	-	-	-	606.653,52
1	-	6.066,54	-	63.452,17	41.522,59	-	1	-	6.066,54	-	63.452,17	57.385,64	-
2	-	6.339,53	-	66.900,80	43.836,07	-	2	-	6.339,53	-	66.900,80	60.561,27	-
3	-	6.624,81	-	70.893,10	46.545,02	-	3	-	6.624,81	-	70.893,10	64.268,30	-
4	-	6.922,92	-	75.123,65	49.419,81	-	4	-	6.922,92	-	75.123,65	68.200,73	-
5	-	7.234,46	-	79.606,65	52.470,53	-	5	-	7.234,46	-	79.606,65	72.372,20	-
6	-	7.560,01	-	84.357,18	55.707,88	-	6	-	7.560,01	-	84.357,18	76.797,17	-
7	-	7.900,21	-	89.391,20	59.143,19	-	7	-	7.900,21	-	89.391,20	81.490,99	-
8	-	8.255,72	-	94.725,61	62.788,49	-	8	-	8.255,72	-	94.725,61	86.469,90	-
9	-	8.627,22	-	100.378,37	66.656,55	-	9	-	8.627,22	-	100.378,37	91.751,14	52.643,81
10	-	9.015,45	-	106.368,44	70.760,88	-	10	-	9.015,45	-	106.368,44	97.353,00	-
11	-	9.421,14	-	112.715,98	75.115,84	-	11	-	9.421,14	-	112.715,98	103.294,84	-
12	-	9.845,10	-	119.442,31	79.736,64	-	12	-	9.845,10	-	119.442,31	109.597,21	-
13	-	10.288,12	-	126.570,03	84.639,40	-	13	-	10.288,12	-	126.570,03	116.281,90	-
14	-	10.751,09	-	134.123,09	89.841,23	-	14	-	10.751,09	-	134.123,09	123.372,00	-
15	-	11.234,89	-	142.126,89	95.360,28	-	15	-	11.234,89	-	142.126,89	130.892,00	-
16	-	11.740,46	-	150.608,31	101.215,77	-	16	-	11.740,46	-	150.608,31	138.867,85	-
17	-	12.268,78	-	159.595,86	107.428,12	-	17	-	12.268,78	-	159.595,86	147.377,08	-
18	-	12.820,87	-	169.119,75	114.018,98	-	18	-	12.820,87	-	169.119,75	156.298,87	-
19	-	13.397,81	-	179.211,97	121.011,16	-	19	-	13.397,81	-	179.211,97	165.814,15	-
20	-	14.000,72	-	189.906,44	128.429,11	-	20	-	14.000,72	-	189.906,44	175.905,72	-
21	-	14.630,75	-	201.239,11	136.298,58	-	21	-	14.630,75	-	201.239,11	186.608,36	-
22	-	15.289,13	-	213.248,05	144.646,91	-	22	-	15.289,13	-	213.248,05	197.958,92	-
23	-	15.977,14	-	225.973,63	153.503,08	-	23	-	15.977,14	-	225.973,63	209.996,49	-
24	-	16.696,11	-	239.458,60	162.897,84	-	24	-	16.696,11	-	239.458,60	222.762,49	-
25	-	17.447,44	-	253.748,30	172.863,78	-	25	-	17.447,44	-	253.748,30	236.300,86	-

## APÊNDICE 2 – COMPARATIVO BANDEIRA AMARELA

### BANDEIRA AMARELA SEM ISENÇÃO

### BANDEIRA AMARELA COM ISENÇÃO

Células							Células						
A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G
Ano	Saídas de caixa			Entrada de caixa	Saldo do fluxo de caixa	Fluxo de caixa acumulado	Saídas de caixa			Entrada de caixa	Saldo do fluxo de caixa	Fluxo de caixa acumulado	
	Investimento Inicial	O & M	ICMS				Investimento Inicial	O & M	ICMS				
0	-	606.653,52	-	-	606.653,52	-	606.653,52	-	606.653,52	-	606.653,52	-	606.653,52
1	-	6.066,54	-	64.086,69	41.998,49	-	6.066,54	-	64.086,69	-	64.086,69	58.020,16	-
2	-	6.339,53	-	67.569,81	44.337,83	-	6.339,53	-	67.569,81	-	67.569,81	61.230,28	-
3	-	6.624,81	-	71.602,03	47.076,72	-	6.624,81	-	71.602,03	-	71.602,03	64.977,23	-
4	-	6.922,92	-	75.874,89	49.983,24	-	6.922,92	-	75.874,89	-	75.874,89	68.951,96	-
5	-	7.234,46	-	80.402,72	53.067,58	-	7.234,46	-	80.402,72	-	80.402,72	73.168,26	-
6	-	7.560,01	-	85.200,75	56.340,56	-	7.560,01	-	85.200,75	-	85.200,75	77.640,75	-
7	-	7.900,21	-	90.285,11	59.813,62	-	7.900,21	-	90.285,11	-	90.285,11	82.384,90	-
8	-	8.255,72	-	95.672,87	63.498,94	-	8.255,72	-	95.672,87	-	95.672,87	87.417,15	-
9	-	8.627,22	-	101.382,15	67.409,39	-	8.627,22	-	101.382,15	-	101.382,15	92.754,93	59.892,09
10	-	9.015,45	-	107.432,13	71.558,65	-	9.015,45	-	107.432,13	-	107.432,13	98.416,68	-
11	-	9.421,14	-	113.843,14	75.961,21	-	9.421,14	-	113.843,14	-	113.843,14	104.422,00	-
12	-	9.845,10	-	120.636,73	80.632,45	-	9.845,10	-	120.636,73	-	120.636,73	110.791,64	-
13	-	10.288,12	-	127.835,73	85.588,67	-	10.288,12	-	127.835,73	-	127.835,73	117.547,60	-
14	-	10.751,09	-	135.464,32	90.847,15	-	10.751,09	-	135.464,32	-	135.464,32	124.713,23	-
15	-	11.234,89	-	143.548,16	96.426,23	-	11.234,89	-	143.548,16	-	143.548,16	132.313,27	-
16	-	11.740,46	-	152.114,39	102.345,34	-	11.740,46	-	152.114,39	-	152.114,39	140.373,94	-
17	-	12.268,78	-	161.191,82	108.625,09	-	12.268,78	-	161.191,82	-	161.191,82	148.923,04	-
18	-	12.820,87	-	170.810,94	115.287,33	-	12.820,87	-	170.810,94	-	170.810,94	157.990,07	-
19	-	13.397,81	-	181.004,09	122.355,25	-	13.397,81	-	181.004,09	-	181.004,09	167.606,27	-
20	-	14.000,72	-	191.805,51	129.853,41	-	14.000,72	-	191.805,51	-	191.805,51	177.804,79	-
21	-	14.630,75	-	203.251,50	137.807,88	-	14.630,75	-	203.251,50	-	203.251,50	188.620,75	-
22	-	15.289,13	-	215.380,53	146.246,27	-	15.289,13	-	215.380,53	-	215.380,53	200.091,40	-
23	-	15.977,14	-	228.233,36	155.197,88	-	15.977,14	-	228.233,36	-	228.233,36	212.256,22	-
24	-	16.696,11	-	241.853,19	164.693,78	-	16.696,11	-	241.853,19	-	241.853,19	225.157,08	-
25	-	17.447,44	-	256.285,78	174.766,90	-	17.447,44	-	256.285,78	-	256.285,78	238.838,34	-



APÊNDICE 3 – COMPARATIVO BANDEIRA VERMELHA PATAMAR 1

BANDEIRA VERMELHA 1 SEM ISENÇÃO							BANDEIRA VERMELHA 1 COM ISENÇÃO														
Células				Células				Células				Células									
A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G	
Ano	Saídas de caixa			Entrada de caixa	Saldo do fluxo de caixa	Fluxo de caixa acumulado	Ano	Saídas de caixa			Entrada de caixa	Saldo do fluxo de caixa	Fluxo de caixa acumulado	Ano	Saídas de caixa			Entrada de caixa	Saldo do fluxo de caixa	Fluxo de caixa acumulado	
	Investimento inicial	O & M	ICMS					Investimento inicial	O & M	ICMS					Investimento inicial	O & M	ICMS				
0	-	606.653,52	-	-	-	606.653,52	0	-	606.653,52	-	-	-	606.653,52	0	-	606.653,52	-	-	-	-	606.653,52
1	-	6.066,54	-	16.338,93	42.950,27	-	1	-	6.066,54	-	65.355,74	59.289,20	-	1	-	6.066,54	-	65.355,74	59.289,20	-	547.364,32
2	-	6.339,53	-	17.226,96	45.341,34	-	2	-	6.339,53	-	68.907,82	62.568,29	-	2	-	6.339,53	-	68.907,82	62.568,29	-	484.796,02
3	-	6.624,81	-	18.254,97	48.140,11	-	3	-	6.624,81	-	73.019,90	66.395,09	-	3	-	6.624,81	-	73.019,90	66.395,09	-	418.400,94
4	-	6.922,92	-	19.344,34	51.110,09	-	4	-	6.922,92	-	77.377,36	70.454,43	-	4	-	6.922,92	-	77.377,36	70.454,43	-	347.946,50
5	-	7.234,46	-	20.498,71	54.261,68	-	5	-	7.234,46	-	81.994,85	74.760,40	-	5	-	7.234,46	-	81.994,85	74.760,40	-	273.186,10
6	-	7.560,01	-	21.721,97	57.605,92	-	6	-	7.560,01	-	86.887,90	79.327,89	-	6	-	7.560,01	-	86.887,90	79.327,89	-	193.858,22
7	-	7.900,21	-	23.018,23	61.154,49	-	7	-	7.900,21	-	92.072,93	84.172,72	-	7	-	7.900,21	-	92.072,93	84.172,72	-	109.685,49
8	-	8.255,72	-	24.391,85	64.919,82	-	8	-	8.255,72	-	97.567,38	89.311,67	-	8	-	8.255,72	-	97.567,38	89.311,67	-	20.373,82
9	-	8.627,22	-	25.847,43	68.915,06	-	9	-	8.627,22	-	103.389,72	94.762,49	-	9	-	8.627,22	-	103.389,72	94.762,49	-	74.388,67
10	-	9.015,45	-	27.389,87	73.154,17	-	10	-	9.015,45	-	109.559,50	100.544,05	-	10	-	9.015,45	-	109.559,50	100.544,05	-	174.932,72
11	-	9.421,14	-	29.024,37	77.651,95	-	11	-	9.421,14	-	116.097,46	106.676,32	-	11	-	9.421,14	-	116.097,46	106.676,32	-	281.609,04
12	-	9.845,10	-	30.756,39	82.424,09	-	12	-	9.845,10	-	123.025,58	113.180,48	-	12	-	9.845,10	-	123.025,58	113.180,48	-	394.789,52
13	-	10.288,12	-	32.591,78	87.487,22	-	13	-	10.288,12	-	130.367,13	120.079,00	-	13	-	10.288,12	-	130.367,13	120.079,00	-	514.868,52
14	-	10.751,09	-	34.536,70	92.859,00	-	14	-	10.751,09	-	138.146,79	127.395,70	-	14	-	10.751,09	-	138.146,79	127.395,70	-	642.264,22
15	-	11.234,89	-	36.597,67	98.558,13	-	15	-	11.234,89	-	146.390,70	135.155,81	-	15	-	11.234,89	-	146.390,70	135.155,81	-	777.470,03
16	-	11.740,46	-	38.781,64	104.604,46	-	16	-	11.740,46	-	155.126,56	143.386,10	-	16	-	11.740,46	-	155.126,56	143.386,10	-	920.806,13
17	-	12.268,78	-	41.095,93	111.019,02	-	17	-	12.268,78	-	164.383,74	152.114,96	-	17	-	12.268,78	-	164.383,74	152.114,96	-	1.072.921,09
18	-	12.820,87	-	43.548,33	117.824,13	-	18	-	12.820,87	-	174.193,34	161.372,46	-	18	-	12.820,87	-	174.193,34	161.372,46	-	1.234.293,55
19	-	13.397,81	-	46.147,08	125.043,43	-	19	-	13.397,81	-	184.588,33	171.190,51	-	19	-	13.397,81	-	184.588,33	171.190,51	-	1.405.484,06
20	-	14.000,72	-	48.900,91	132.702,01	-	20	-	14.000,72	-	195.603,63	181.602,92	-	20	-	14.000,72	-	195.603,63	181.602,92	-	1.587.086,98
21	-	14.630,75	-	51.819,07	140.826,46	-	21	-	14.630,75	-	207.276,28	192.645,53	-	21	-	14.630,75	-	207.276,28	192.645,53	-	1.779.732,51
22	-	15.289,13	-	54.911,37	149.444,99	-	22	-	15.289,13	-	219.645,49	204.356,36	-	22	-	15.289,13	-	219.645,49	204.356,36	-	1.984.088,87
23	-	15.977,14	-	58.188,21	158.587,49	-	23	-	15.977,14	-	232.752,84	216.775,69	-	23	-	15.977,14	-	232.752,84	216.775,69	-	2.200.864,57
24	-	16.696,11	-	61.660,59	168.285,66	-	24	-	16.696,11	-	246.642,36	229.946,25	-	24	-	16.696,11	-	246.642,36	229.946,25	-	2.430.810,82
25	-	17.447,44	-	65.340,19	178.573,12	-	25	-	17.447,44	-	261.360,75	243.913,31	-	25	-	17.447,44	-	261.360,75	243.913,31	-	2.674.724,12

APÊNDICE 4 – COMPARATIVO BANDEIRA VERMELHA PATAMAR 2

BANDEIRA VERMELHA 2 COM ISENÇÃO

BANDEIRA VERMELHA 2 SEM ISENÇÃO

		Células							Células						
A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G		
Ano	Saídas de caixa			Entrada de caixa	Saldo do fluxo de caixa	Fluxo de caixa acumulado	Ano	Saídas de caixa			Entrada de caixa	Saldo do fluxo de caixa	Fluxo de caixa acumulado		
	Investimento inicial	O & M	ICMS					Investimento inicial	O & M	ICMS					
				Receita obtida com a economia de pagamento da fatura de energia elétrica	Diferença entre entradas e saídas de caixa	Valor acumulado até recuperar o investimento inicial sem considerar o valor do dinheiro no tempo					Receita obtida com a economia de pagamento da fatura de energia elétrica	Diferença entre entradas e saídas de caixa	Valor acumulado até recuperar o investimento inicial sem considerar o valor do dinheiro no tempo		
0	-	606.653,52	-	-	- 606.653,52	- 606.653,52	0	-	606.653,52	-	-	- 606.653,52	- 606.653,52		
1	-	6.066,54	- 16.656,20	66.624,78	43.902,05	- 562.751,47	1	-	6.066,54	-	66.624,78	60.538,25	- 546.095,27		
2	-	6.339,53	- 17.561,46	70.245,84	46.344,85	- 516.406,62	2	-	6.339,53	-	70.245,84	63.906,31	- 482.188,96		
3	-	6.624,81	- 18.609,44	74.437,76	49.203,51	- 467.203,11	3	-	6.624,81	-	74.437,76	67.812,95	- 414.376,01		
4	-	6.922,92	- 19.719,96	78.879,83	52.236,95	- 414.966,16	4	-	6.922,92	-	78.879,83	71.956,91	- 342.419,11		
5	-	7.234,46	- 20.896,75	83.586,99	55.455,78	- 359.510,38	5	-	7.234,46	-	83.586,99	76.352,53	- 266.066,58		
6	-	7.560,01	- 22.143,76	88.575,04	58.871,27	- 300.639,10	6	-	7.560,01	-	88.575,04	81.015,03	- 185.051,54		
7	-	7.900,21	- 23.465,19	93.860,75	62.495,36	- 238.143,74	7	-	7.900,21	-	93.860,75	85.960,55	- 99.091,00		
8	-	8.255,72	- 24.865,47	99.461,90	66.340,71	- 171.803,04	8	-	8.255,72	-	99.461,90	91.206,18	- 7.884,82		
9	-	8.627,22	- 26.349,32	105.397,28	70.420,74	- 101.382,30	9	-	8.627,22	-	105.397,28	96.770,06	88.885,24		
10	-	9.015,45	- 27.921,72	111.686,87	74.749,70	- 26.632,60	10	-	9.015,45	-	111.686,87	102.671,42	191.556,66		
11	-	9.421,14	- 29.587,95	118.351,78	79.342,69	52.710,09	11	-	9.421,14	-	118.351,78	108.930,64	300.487,30		
12	-	9.845,10	- 31.353,61	125.414,42	84.215,72	136.925,82	12	-	9.845,10	-	125.414,42	115.569,33	416.056,63		
13	-	10.288,12	- 33.224,63	132.898,53	89.385,77	226.311,59	13	-	10.288,12	-	132.898,53	122.610,40	538.667,03		
14	-	10.751,09	- 35.207,31	140.829,25	94.870,85	321.182,44	14	-	10.751,09	-	140.829,25	130.078,16	668.745,19		
15	-	11.234,89	- 37.308,31	149.233,23	100.690,04	421.872,47	15	-	11.234,89	-	149.233,23	137.998,34	806.743,53		
16	-	11.740,46	- 39.534,68	158.138,73	106.863,59	528.736,06	16	-	11.740,46	-	158.138,73	146.398,27	953.141,80		
17	-	12.268,78	- 41.893,91	167.575,66	113.412,96	642.149,02	17	-	12.268,78	-	167.575,66	155.306,88	1.108.448,68		
18	-	12.820,87	- 44.393,93	177.575,73	120.360,92	762.509,95	18	-	12.820,87	-	177.575,73	164.754,86	1.273.203,54		
19	-	13.397,81	- 47.043,14	188.172,56	127.731,61	890.241,55	19	-	13.397,81	-	188.172,56	174.774,75	1.447.978,29		
20	-	14.000,72	- 49.850,44	199.401,76	135.550,61	1.025.792,16	20	-	14.000,72	-	199.401,76	185.401,05	1.633.379,33		
21	-	14.630,75	- 52.825,27	211.301,06	143.845,05	1.169.637,21	21	-	14.630,75	-	211.301,06	196.670,31	1.830.049,65		
22	-	15.289,13	- 55.977,61	223.910,45	152.643,71	1.322.280,92	22	-	15.289,13	-	223.910,45	208.621,32	2.038.670,97		
23	-	15.977,14	- 59.318,08	237.272,31	161.977,09	1.484.258,01	23	-	15.977,14	-	237.272,31	221.295,17	2.259.966,14		
24	-	16.696,11	- 62.857,88	251.431,54	171.877,54	1.656.135,55	24	-	16.696,11	-	251.431,54	234.735,42	2.494.701,56		
25	-	17.447,44	- 66.608,93	266.435,71	182.379,34	1.838.514,89	25	-	17.447,44	-	266.435,71	248.988,27	2.743.689,83		

APÊNDICE 5 – COMPARATIVO RETORNO DE INVESTIMENTO

	SEM ISENÇÃO DO ICMS				COM ISENÇÃO DO ICMS			
Bandeira VERDE	TMA	7%	TMA	7%				
	VPL	R\$ 272.479,79	VPL	R\$ 601.620,21				
	Payback simples	11 anos	Payback simples	9 anos				
	TIR	10,43%	TIR	13,93%				
Bandeira AMARELA	TMA	7%	TMA	7%				
	VPL	R\$ 282.354,00	VPL	R\$ 614.785,82				
	Payback simples	11 anos	Payback simples	9				
	TIR	10,54%	TIR	14,06%				
Bandeira VERMELHA 1	TMA	7%	TMA	7%				
	VPL	R\$ 302.102,43	VPL	R\$ 641.117,06				
	Payback simples	11 anos	Payback simples	9 anos				
	TIR	10,76%	TIR	14,32%				
Bandeira VERMELHA 2	TMA	7%	TMA	7%				
	VPL	R\$ 321.850,85	VPL	R\$ 667.448,29				
	Payback simples	11 anos	Payback simples	9 anos				
	TIR	10,98%	TIR	14,58%				

# ANEXO 1 – FATURA DE ENERGIA UTILIZADA PARA O PROJETO



Celesc Distribuição S.A.  
Av Itamarati, 160 - - Florianópolis  
CNPJ: 08.336.783/0001-90 Insc.Est: 255266626

COD FISCAL OP:  
EMISSÃO: 13/10/2017  
APRESENTAÇÃO: 17/10/2017

NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA - SÉRIE ÚNICA  
GRUPO A4 10/2017 - 000.001.330.370

REFERÊNCIA: 10/2017

<p>RESERVADO AO FISCO PERÍODO FISCAL: 13/10/2017 <b>95E3.7FBE.2A26.0FD1.7E70.3740.8ED9.3D21</b></p> <p>DADOS DA UNIDADE CONSUMIDORA / FATURAMENTO / FORNECIMENTO COMERCIAL, SERVIÇOS, OUTRAS ATIVIDADES / MOD TARIFARIA HORA</p> <p>CONTRATO DE FORNECIMENTO PERÍODO: TODOS DEMANDA PONTA (kW): 125 CONSUMO PONTA (kWh): DEMANDA FORA PONTA (kW): 125 CONSUMO FORA PONTA (kWh): RESERVA CAP.F. PONTA (kW): RESERVA CAP. PONTA (kW):</p> <p>DADOS DA MEDIÇÃO - CONSUMO REGISTRADO NO MÊS</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>EQUIPAMENTO</th> <th>LEITURA ATUAL</th> <th>LEITURA ANTERIOR</th> <th>GRANDEZA</th> <th>CONSTANTE DE FATURAMENTO</th> <th>MEDIDO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>42119285</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CNP</td> <td>25513954</td> <td>25117543</td> <td>kWh PT</td> <td>0,0160</td> <td>8501,00</td> </tr> <tr> <td>CNF</td> <td>190293192</td> <td>187350679</td> <td>kWh FP</td> <td>0,0160</td> <td>48257,00</td> </tr> <tr> <td>DEP</td> <td>2083</td> <td>1854</td> <td>kW PT</td> <td>0,0640</td> <td>136,64</td> </tr> <tr> <td>ULP</td> <td></td> <td></td> <td>kW</td> <td></td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>DFP</td> <td>1950</td> <td>2236</td> <td>kW FP</td> <td>0,0640</td> <td>127,92</td> </tr> <tr> <td>CON</td> <td>115807146</td> <td>212468222</td> <td>kWh TP</td> <td>0,0160</td> <td>54758,00</td> </tr> <tr> <td>DNI</td> <td>897</td> <td>1198</td> <td>kW UI</td> <td>0,0640</td> <td>58,84</td> </tr> <tr> <td>DEP</td> <td>142326</td> <td>140243</td> <td>kW PT</td> <td>0,0640</td> <td>136,64</td> </tr> <tr> <td>DFP</td> <td>140214</td> <td>138264</td> <td>kW FP</td> <td>0,0640</td> <td>127,92</td> </tr> <tr> <td>UFO</td> <td>36530</td> <td>36530</td> <td>kWh PT</td> <td>0,0160</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>UFF</td> <td>2406365</td> <td>2406365</td> <td>kWh FP</td> <td>0,0160</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>DMP</td> <td>7151</td> <td>6589</td> <td>kW TP</td> <td>0,0160</td> <td>117,28</td> </tr> <tr> <td>DMF</td> <td>7015</td> <td>8099</td> <td>kW TP</td> <td>0,0160</td> <td>115,05</td> </tr> <tr> <td>DMP</td> <td>528041</td> <td>520889</td> <td>kW TP</td> <td>0,0160</td> <td>117,29</td> </tr> <tr> <td>DMF</td> <td>508331</td> <td>501315</td> <td>kW TP</td> <td>0,0160</td> <td>115,06</td> </tr> </tbody> </table> <p>DATA DA LEITURA ATUAL: 10/10/2017 PERDAS DE TRANSFORMAÇÕES (%): 2,50 DATA DA LEITURA ANTERIOR: 08/09/2017 FATOR DE POTÊNCIA: 0,99 DIAS FATURADOS: 32</p> <p>HISTÓRICO DE CONSUMO</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>REF.</th> <th>kWh</th> <th>REF.</th> <th>kWh</th> <th>REF.</th> <th>kWh</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>09/2017</td> <td>51583</td> <td>05/2017</td> <td>51253</td> <td>01/2017</td> <td>78343</td> </tr> <tr> <td>08/2017</td> <td>51203</td> <td>04/2017</td> <td>58142</td> <td>12/2016</td> <td>56020</td> </tr> <tr> <td>07/2017</td> <td>46709</td> <td>03/2017</td> <td>70674</td> <td>11/2016</td> <td>49695</td> </tr> <tr> <td>06/2017</td> <td>49743</td> <td>02/2017</td> <td>78564</td> <td>10/2016</td> <td>46036</td> </tr> </tbody> </table> <p>AGÊNCIA DE ATENDIMENTO / MENSAGENS AV GOV IVO SILVEIRA, 160 FATURA DO MES 09/2017 ARRECADADA POR DEBITO AUTOMÁTICO Agencia Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. 167 - Ligação Gratuita de telefones fixos e móveis.</p>	EQUIPAMENTO	LEITURA ATUAL	LEITURA ANTERIOR	GRANDEZA	CONSTANTE DE FATURAMENTO	MEDIDO	42119285						CNP	25513954	25117543	kWh PT	0,0160	8501,00	CNF	190293192	187350679	kWh FP	0,0160	48257,00	DEP	2083	1854	kW PT	0,0640	136,64	ULP			kW		0,00	DFP	1950	2236	kW FP	0,0640	127,92	CON	115807146	212468222	kWh TP	0,0160	54758,00	DNI	897	1198	kW UI	0,0640	58,84	DEP	142326	140243	kW PT	0,0640	136,64	DFP	140214	138264	kW FP	0,0640	127,92	UFO	36530	36530	kWh PT	0,0160	0,00	UFF	2406365	2406365	kWh FP	0,0160	0,00	DMP	7151	6589	kW TP	0,0160	117,28	DMF	7015	8099	kW TP	0,0160	115,05	DMP	528041	520889	kW TP	0,0160	117,29	DMF	508331	501315	kW TP	0,0160	115,06	REF.	kWh	REF.	kWh	REF.	kWh	09/2017	51583	05/2017	51253	01/2017	78343	08/2017	51203	04/2017	58142	12/2016	56020	07/2017	46709	03/2017	70674	11/2016	49695	06/2017	49743	02/2017	78564	10/2016	46036	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"><b>Nº DA UNIDADE CONSUMIDORA</b></td> <td style="text-align: center;"><b>VENCIMENTO</b> 24/10/2017</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>ATENDIMENTO AO CLIENTE LIQUE</b> <b>0800 480120</b></td> <td style="text-align: center;"><b>CONSUMO TOTAL FATURADO</b> <b>54.758 kWh</b></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"><b>VALOR ATÉ O VENCIMENTO</b> <b>R\$ 37.285,86</b></td> </tr> </table> <p>Dados do Faturamento</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Faturado</th> <th>Tarifa (R\$)</th> <th>Valor (R\$)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Consumo Ponta</td> <td>6.501</td> <td>0,865121</td> <td>4.323,95</td> </tr> <tr> <td>Consumo Fora Ponta</td> <td>48.257</td> <td>0,453348</td> <td>21.877,23</td> </tr> <tr> <td>Demanda Ponta</td> <td>137</td> <td>42,142035</td> <td>5.758,49</td> </tr> <tr> <td>Demanda Pta Ultrap</td> <td>12</td> <td>84,283113</td> <td>981,46</td> </tr> <tr> <td>Demanda Fora Ponta</td> <td>128</td> <td>18,458881</td> <td>2.361,26</td> </tr> <tr> <td>Adic Band Amarela</td> <td></td> <td></td> <td>1.098,72</td> </tr> <tr> <td>Adic Band Vermelha</td> <td></td> <td></td> <td>873,83</td> </tr> <tr> <td>Subtotal (R\$)</td> <td></td> <td></td> <td>37.274,94</td> </tr> </tbody> </table> <p>LANÇAMENTOS E SERVIÇOS</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td>Cosp</td> <td></td> <td></td> <td>10,92</td> </tr> <tr> <td>Subtotal (R\$)</td> <td></td> <td></td> <td>10,92</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center; font-size: 2em; font-weight: bold;">30 / 10 / 17 LANÇADO</p> <p>PARA PAGAMENTO APÓS VENCIMENTO, SERÁ COBRADA MULTA DE 2%, ACRESCIDA DE JUROS DE 0,0333% POR DIA DE ATRASO, CONFORME LEI Nº 10.438/02, E CORREÇÃO MONETÁRIA, CONFORME LEI Nº 10.192/01.</p> <p>ESTA UNIDADE CONSUMIDORA ESTARÁ PASSÍVEL DE SUSPENSÃO DO FORNECIMENTO EM CASO DE NÃO PAGAMENTO DESTA FATURA, CONFORME LEGISLAÇÃO VIGENTE.</p> <p style="text-align: center;">INFORMAÇÃO DE TRIBUTOS</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>BASE DE CÁLCULO</th> <th>ALÍQUOTA</th> <th>VALOR DO IMPOSTO</th> <th>PIS</th> <th>COFINS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>R\$ 37.274,94</td> <td>25,00%</td> <td>R\$ 9.318,69</td> <td>R\$ 428,67</td> <td>R\$ 1.983,01</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">FICHA DO CAIXA</p>	<b>Nº DA UNIDADE CONSUMIDORA</b>	<b>VENCIMENTO</b> 24/10/2017	<b>ATENDIMENTO AO CLIENTE LIQUE</b> <b>0800 480120</b>	<b>CONSUMO TOTAL FATURADO</b> <b>54.758 kWh</b>	<b>VALOR ATÉ O VENCIMENTO</b> <b>R\$ 37.285,86</b>			Faturado	Tarifa (R\$)	Valor (R\$)	Consumo Ponta	6.501	0,865121	4.323,95	Consumo Fora Ponta	48.257	0,453348	21.877,23	Demanda Ponta	137	42,142035	5.758,49	Demanda Pta Ultrap	12	84,283113	981,46	Demanda Fora Ponta	128	18,458881	2.361,26	Adic Band Amarela			1.098,72	Adic Band Vermelha			873,83	Subtotal (R\$)			37.274,94	Cosp			10,92	Subtotal (R\$)			10,92	BASE DE CÁLCULO	ALÍQUOTA	VALOR DO IMPOSTO	PIS	COFINS	R\$ 37.274,94	25,00%	R\$ 9.318,69	R\$ 428,67	R\$ 1.983,01
EQUIPAMENTO	LEITURA ATUAL	LEITURA ANTERIOR	GRANDEZA	CONSTANTE DE FATURAMENTO	MEDIDO																																																																																																																																																																																												
42119285																																																																																																																																																																																																	
CNP	25513954	25117543	kWh PT	0,0160	8501,00																																																																																																																																																																																												
CNF	190293192	187350679	kWh FP	0,0160	48257,00																																																																																																																																																																																												
DEP	2083	1854	kW PT	0,0640	136,64																																																																																																																																																																																												
ULP			kW		0,00																																																																																																																																																																																												
DFP	1950	2236	kW FP	0,0640	127,92																																																																																																																																																																																												
CON	115807146	212468222	kWh TP	0,0160	54758,00																																																																																																																																																																																												
DNI	897	1198	kW UI	0,0640	58,84																																																																																																																																																																																												
DEP	142326	140243	kW PT	0,0640	136,64																																																																																																																																																																																												
DFP	140214	138264	kW FP	0,0640	127,92																																																																																																																																																																																												
UFO	36530	36530	kWh PT	0,0160	0,00																																																																																																																																																																																												
UFF	2406365	2406365	kWh FP	0,0160	0,00																																																																																																																																																																																												
DMP	7151	6589	kW TP	0,0160	117,28																																																																																																																																																																																												
DMF	7015	8099	kW TP	0,0160	115,05																																																																																																																																																																																												
DMP	528041	520889	kW TP	0,0160	117,29																																																																																																																																																																																												
DMF	508331	501315	kW TP	0,0160	115,06																																																																																																																																																																																												
REF.	kWh	REF.	kWh	REF.	kWh																																																																																																																																																																																												
09/2017	51583	05/2017	51253	01/2017	78343																																																																																																																																																																																												
08/2017	51203	04/2017	58142	12/2016	56020																																																																																																																																																																																												
07/2017	46709	03/2017	70674	11/2016	49695																																																																																																																																																																																												
06/2017	49743	02/2017	78564	10/2016	46036																																																																																																																																																																																												
<b>Nº DA UNIDADE CONSUMIDORA</b>	<b>VENCIMENTO</b> 24/10/2017																																																																																																																																																																																																
<b>ATENDIMENTO AO CLIENTE LIQUE</b> <b>0800 480120</b>	<b>CONSUMO TOTAL FATURADO</b> <b>54.758 kWh</b>																																																																																																																																																																																																
<b>VALOR ATÉ O VENCIMENTO</b> <b>R\$ 37.285,86</b>																																																																																																																																																																																																	
	Faturado	Tarifa (R\$)	Valor (R\$)																																																																																																																																																																																														
Consumo Ponta	6.501	0,865121	4.323,95																																																																																																																																																																																														
Consumo Fora Ponta	48.257	0,453348	21.877,23																																																																																																																																																																																														
Demanda Ponta	137	42,142035	5.758,49																																																																																																																																																																																														
Demanda Pta Ultrap	12	84,283113	981,46																																																																																																																																																																																														
Demanda Fora Ponta	128	18,458881	2.361,26																																																																																																																																																																																														
Adic Band Amarela			1.098,72																																																																																																																																																																																														
Adic Band Vermelha			873,83																																																																																																																																																																																														
Subtotal (R\$)			37.274,94																																																																																																																																																																																														
Cosp			10,92																																																																																																																																																																																														
Subtotal (R\$)			10,92																																																																																																																																																																																														
BASE DE CÁLCULO	ALÍQUOTA	VALOR DO IMPOSTO	PIS	COFINS																																																																																																																																																																																													
R\$ 37.274,94	25,00%	R\$ 9.318,69	R\$ 428,67	R\$ 1.983,01																																																																																																																																																																																													

NÃO RECEBER - DEBITO AUTOMATICO - BANCO - 341 - AGENCIA - 8604

## ANEXO 2 – DATASHEET DO MÓDULO UTILIZADO

**SUNGROW**

**SG60KTL**

String Inverter



### High Yield

- Max. efficiency 98.9 %, European efficiency 98.7 %
- Long-term overload at 1.1 P<sub>N</sub>
- Full power operation without derating at 50 °C



### Saved Investment

- Max. DC/AC ratio up to 1.4
- Integrated DC combiner box and DC/AC overvoltage protection



### Easy O&M

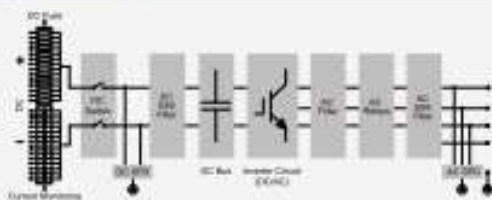
- Compact design and light weight for easy installation
- Plug-in design of fan and SPD, convenient for on-site maintenance
- Integrated string current monitoring function for fast trouble shooting



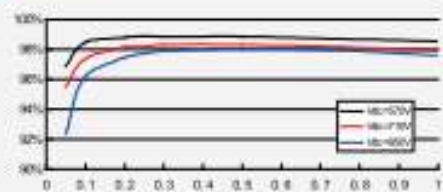
### Grid Support

- Compliance with standards: IEC 62109, IEC 61727, IEC 62116, VDE0126-1-1, G59/3, VDE-AR-N-4105, VDE-AR-N-4120, SDEW
- Low/High voltage ride through (L/HVRT)
- Active & reactive power control and power ramp rate control

Circuit Diagram



Efficiency Curve



© 2017 Sungrow Power Supply Co., Ltd. All rights reserved.  
Subject to change without notice, Version#1.0



## ANEXO 2 – DATASHEET DO MÓDULO UTILIZADO (CONTINUAÇÃO)

**SUNGROW**

**SG60KTL**

Input (DC)	SG60KTL
Max. PV input voltage	1000 V
Min. PV input voltage / Startup input voltage	570 V / 520 V
Nominal input voltage	710 V
MPP voltage range	570 - 850 V
MPP voltage range for nominal power	570 - 850 V
No. of independent MPP inputs	1
Max. number of PV strings per MPPT	14
Max. PV input current	120 A
Max. current for input connector	12 A
Max. DC short-circuit current	140 A
Output (AC)	SG60KTL
Nominal AC power (at 50 °C)	60000 W
Max. AC output at PF=1 (at 45 °C)	60000 W
Max. AC apparent power (at 45 °C)	60000 VA
Max. AC output current	96 A
Nominal AC voltage	3 / N / PE or 3 / PE, 230 / 400 V
AC voltage range	210 - 480 V
Nominal grid frequency / Grid frequency range	50 Hz / 45 - 55 Hz, 60 Hz / 55 - 65 Hz
THD	< 3% (at nominal power)
DC current injection	< 0.5 % In
Power factor at nominal power / Adjustable power factor	> 0.99 / 0.8 leading - 0.8 lagging
Feed-in phases / Connection phases	3 / 3
Efficiency	SG60KTL
Max. efficiency / Euro. efficiency	98.9 % / 98.7 %
Protection	SG60KTL
DC reverse connection protection	Yes
AC short-circuit protection	Yes
Leakage current protection	Yes
Grid monitoring	Yes
DC switch / AC switch	Yes / No
DC fuse	DC positive fuses (15A)
PV string current monitoring	Yes
Overvoltage protection	DC Type II / AC Type III
General Data	SG60KTL
Dimensions (W*H*D)	634*969*267 mm
Weight	80 kg
Isolation method	Transformerless
Degree of protection	IP65
Night power consumption	< 1 W
Operating ambient temperature range	-25 to 60 °C (> 50 °C derating)
Allowable relative humidity range (non-condensing)	0 - 100 %
Cooling method	Smart forced air cooling
Max. operating altitude	4000 m (> 3000 m derating)
Display / Communication	Graphic LCD / RS485
DC connection type	MC4 (Max. 6mm <sup>2</sup> )
AC connection type	Screw clamp terminal (Max. 95 mm <sup>2</sup> )
Compliance	CEA, IEC 62109, IEC 61727, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683, VDE0136-1-1, G59/3, VDE-AR-N-4103, VDE-AR-N-4120, BDEW, IEC 61000-3-11/-12, EN 50438, UTE C 15-712-1/07.13
Grid support	LVRT, HVRT, active & reactive power control and power ramp rate control
Type designation	SG60KTL-182



## ANEXO 3 - DATASHEET DO INVERSOR UTILIZADO



# GCL-P6/72

ALTA EFICIÊNCIA  
MÓDULO MULTICRISTALINO

**GCL-P6/72 310-330 Watt**

## 330<sup>W</sup>

SAÍDA DE POTÊNCIA MÁXIMA

## 17,0%

MÁXIMA EFICIÊNCIA DO MÓDULO

## 0~+5<sup>W</sup>

GARANTIA DE SAÍDA DE POTÊNCIA

### Painéis GCL garantem desempenho confiável ao longo do tempo

- Fabricante de classe mundial de módulos fotovoltaicos de silício cristalino
- Facilidade total automática e tecnologia de nível mundial
- Controle de qualidade rigoroso para cumprir os padrões mais elevados: ISO9001:2008, ISO 14001:2004 e OHSAS: 18001:2007
- Testado em ambientes agressivos (testa à névoa salina, controle por umidade e à área aberta pelo vento: IEC 61701, IEC 61716, DIN EN 60909-2-66)
- Testes de fadiga para longo prazo
- 2\*100% Inspeção de EL assegurando módulos sem defeitos

### GARANTIA DE DESEMPENHO LINEAR

SEUS ANOS DE GARANTIA DO PRODUTO. GARANTIA DE POTÊNCIA LINEAR DE 25 ANOS



-  Escolha ideal para instalações em terrenos de largura escassa
-  Eficiência de conversão elevada devido à pastilhas de silício de elevada qualidade e tecnologia de células avançada
-  Controle rigoroso do processo de produção de material de encapsulamento selecionado assegurar um produto PID altamente resistente e livre de rastros de carbono
-  Teste de jato de água, teste de nevoeiro salino e de amoníaco aprovados, flexíveis para ambientes rigorosos
-  Desempenho otimizado do sistema por seleção da corrente de nível do módulo
-  Processo especial da célula assegura um desempenho ótimo em ambiente de radiação fraca
-  Rendimento adicional e fácil manutenção com vidro de autolimpeza altamente transparente

Seguro adicional suportado pela Swiss RE





**Dando Vida à Energia Verde**

## ANEXO 3 - DATASHEET DO INVERSOR UTILIZADO (CONTINUAÇÃO)

### GCL-P6/72

ALTA EFICIÊNCIA MÓDULO MULTICRISTALINO

#### ESPECIFICAÇÕES ELÉTRICAS (STC)

TIPO (STC)	GCL-P6/72 315	GCL-P6/72 315	GCL-P6/72 330	GCL-P6/72 330	GCL-P6/72 360
Potência Máxima Pmax (W)	315	315	330	330	360
Tensão da Potência Máxima Vm (V)	37	37,3	37,4	37,6	37,8
Corrente de Potência Máxima Im (A)	8,38	8,47	8,88	8,84	9,72
Tensão de Circuito Aberto Voc (V)	45,4	45,8	45,8	46	46,2
Corrente de Curto-circuito Isc (A)	8,89	8,88	8,17	8,24	8,35
Eficiência do Módulo (%)	16,6	16,2	16,5	16,7	17,0
Tolerância da Saída de Potência Pm (W)	(-/+)				

Valores em Condições de Teste Normais (STC) (Massa de Ar AM1,5, Irradiação 1000 W/m², Temperatura do Celula 25°C)

#### DADOS ELÉTRICOS (NOCT)

Potência Máxima Pmax (W)	224,45	227,14	231,2	234,81	237,71
Tensão da Potência Máxima Vm (V)	33,8	33,8	34,1	34,3	34,5
Corrente de Potência Máxima Im (A)	6,68	6,72	6,78	6,84	6,89
Tensão de Circuito Aberto Voc (V)	42,2	42,4	42,5	42,7	42,9
Corrente de Curto-circuito Isc (A)	7,19	7,30	7,38	7,46	7,58

NOCT: Instalação em 30°/30°m, Temperatura ambiente 25°C, Força do vento 1m/s

#### DADOS GERAIS

Células Solares	Poly 156x156 mm (6 polegadas)
Orientação das Células	72 Células (6x12)
Dimensões do Módulo	1666x992x40 mm (77 + 39,05 = 1,57 polegadas)
Peso	22,5 kg/20 kg
Vidro	Vidro solar de alta transparência 3,2 mm (0,13 polegadas) ou 4 mm (0,16 polegadas)
Placa Traseira	Branca
Estrutura	Prota, Liga de alumínio anodizado
Caixa de Junção	Centração (BT)
Cabos	4,0 mm² (0,006 polegadas²), 1200 mm (37,2 polegadas)
Conector	MC4 Original ou Compatível
Força do vento/Sobrecarga de neve	3400 Pa/5400 Pa*

\* Para mais detalhes, consulte o manual de instalação do GCL.

#### CLASSIFICAÇÕES DE TEMPERATURA

Classe Operacional Nominal Temperatura (NOCT)	45 ± 2°C
Coefficiente de Temperatura de P <sub>max</sub>	-0,41%/°C
Coefficiente de Temperatura de V <sub>oc</sub>	-0,32%/°C
Coefficiente de Temperatura de I <sub>sc</sub>	+0,385%/°C

#### AVALIAÇÕES MÁXIMAS

Temperatura Operacional	-45 ~ +65°C
Tensão Máxima do Sistema	1000V DC (MCO)
Classificação Máxima dos Cabos Solares	T5A

#### GARANTIA

10 anos de Garantia do Produto

25 anos de Garantia de Potência Linear

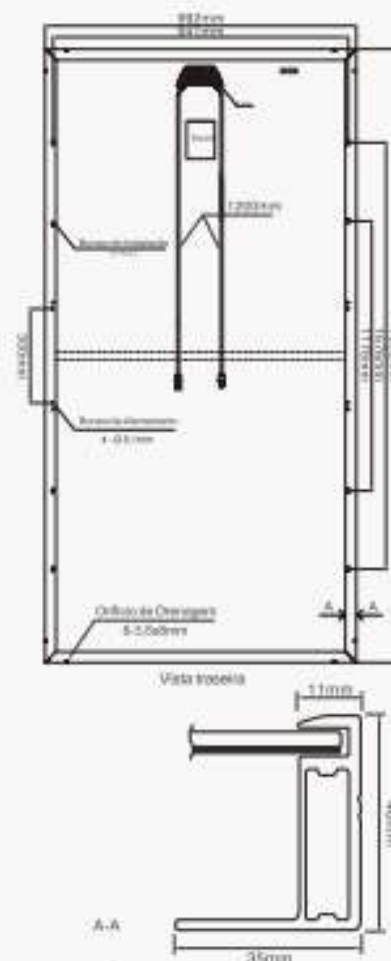
(Para consultar a garantia por país de venda, consulte o manual de instalação)

#### CONFIGURAÇÃO DA EMBALAGEM

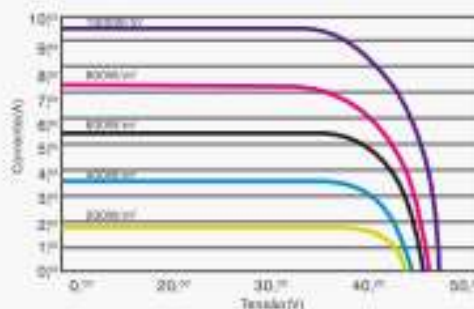
Módulos por caixa: 26 peças

Módulos por 40 HD recipientes: 624 peças

#### DIMENSÃO DO MÓDULO



#### CURVAS I-V DO MÓDULO (330W)



Desempenho avaliado sob condições de teste STC e uma intensidade de irradiação de 200 W/m² (AM 1,5, 25°C). 95,2% de eficiência sob STC (NOCT de 45°C corrigida).





## ANEXO 4 – TABELA DE PREÇOS UTILIZADA PARA CÁLCULO DO WATT-PICO

### Módulos Standard

Potência do sistema instalado (kWp)	Custo Total por (R\$/Wp)	Custo total do sistema (R\$)
2	R\$ 7,8780	R\$ 15.756,00
4	R\$ 6,9690	R\$ 27.876,00
10	R\$ 5,2520	R\$ 52.520,00
20	R\$ 4,8480	R\$ 96.960,00
50	R\$ 4,4440	R\$ 222.200,00
100	R\$ 4,0400	R\$ 404.000,00
150	R\$ 4,0400	R\$ 606.000,00
200	R\$ 3,9964	R\$ 799.280,00
250	R\$ 3,8885	R\$ 972.125,00
300	R\$ 3,7370	R\$ 1.121.100,00
350	R\$ 3,7370	R\$ 1.307.950,00
400	R\$ 3,5350	R\$ 1.414.000,00
500	R\$ 3,5350	R\$ 1.767.500,00
600	R\$ 3,4340	R\$ 2.060.400,00
750	R\$ 3,4340	R\$ 2.575.500,00
1000	R\$ 3,3330	R\$ 3.333.000,00