

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Rodrigo Barcellos Malamut

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO:
ESTUDO DE CASO DA REVITALIZAÇÃO DE UMA
EDIFICAÇÃO**

Porto Alegre
Julho 2017

RODRIGO BARCELLOS MALAMUT

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO:
ESTUDO DE CASO DA REVITALIZAÇÃO DE UMA
EDIFICAÇÃO**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Miguel Aloysio Sattler

Porto Alegre

Julho 2017

RODRIGO MALAMUT

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO:
ESTUDO DE CASO DA REVITALIZAÇÃO DE UMA
EDIFICAÇÃO**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo/a Professor/a Orientador/a e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, Julho de 2017

Prof. Miguel Aloysio Sattler
Ph.D. pela University of Liverpool
Orientador

BANCA EXAMINADORA

Prof. Miguel Aloysio Sattler (UFRGS)
Ph.D. pela University of Liverpool

Prof. Luis Carlos Bonin (UFRGS)
MSc. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Arno Krenzinger (UFRGS)
Ph.D. pelo Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas

Dedico este trabalho a meus pais, meus amigos e a todos
que querem um mundo melhor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Miguel Sattler, orientador deste trabalho, pela ajuda e dicas dadas ao longo da execução deste trabalho.

Agradeço ao Prof. Roberto Rios, professor da engenharia civil, que muito me ajudou e ensinou, e, principalmente, pelo seu método de ensino e visão sobre a engenharia.

Paz não se pede, paz se conquista
E não será com guerra pois guerra-santa não existe,
não insista
Guerra-santa, paz satânica? Acho que não
Permita-me lembrar o que disse o avatar mais notado da
história da nossa esfera: “não sobrará pedra sobre pedra”
Pois se querem mesmo a paz, porque as armas continuam
a ser fabricadas em massa em nossa era?
Tudo nesse mundo é emprestado, não faz sentido algum
então ficar apegado,
agregado ao que não te leva mais além,
não te deixa sossegado
(...)
Me desculpe,
mas as bolas foram trocadas bem na sua frente
E você nem se tocou; pagou, comprou,
levou assim mesmo o seu atual presente:
felicidade completa como uma boca sem dente,
tão libertário quanto uma bola de ferro com corrente
algemada aos seus pés.
Eu digo: crescimento econômico não gerará paz na terra,
já que a estatística do lucro não leva em conta a miséria.
Também pudera: Miséria de alma gera miséria humana,
nada mais, nada menos que o reflexo da nossa atmosfera
interna
Suponhamos, hipoteticamente, então, distribuição
ecumênica de renda e informação, os primeiros passos de
evolução nesse plano, além de iluminar com sapiência
divina parco conhecimento humano
Pois nessa época de carro na frente dos bois; supérfluo na
frente, necessidade depois
Nossa capacidade de enxergar a realidade vale mais do
que a riqueza de mil cidades

Bernardo Santos

RESUMO

O presente estudo versa sobre o dimensionamento e a viabilidade econômica de um sistema fotovoltaico conectado à rede (SFCR). Tais sistemas são constituídos de dois principais equipamentos: o módulo fotovoltaico e o inversor. O módulo é um equipamento com material fotovoltaico, isto é, produz eletricidade quando incide sobre ele a luz solar. O inversor é o equipamento que injeta a eletricidade, gerada pelos módulos, em baterias ou diretamente na rede. A eletricidade injetada na rede pode ser abatida da conta luz, amortizando o gasto do proprietário com energia. Sendo assim, a viabilidade econômica de um SFCR analisa os gastos, com materiais e instalação, e os compara com a economia gerada pelo abatimento da conta de luz. Para otimizar sistemas fotovoltaicos, analisa-se o perfil do consumo energético do local; características do local, como dados de irradiação solar e temperatura; espaço disponível e sua respectiva orientação solar; características do mercado, como preço dos materiais utilizados e preço da tarifa cobrada pela energia fornecida pela concessionária do local. O sistema descrito neste trabalho é constituído: de 18 placas fotovoltaicas conectadas a um inversor, em uma água do telhado; e, 18 placas fotovoltaicas conectadas a um inversor na outra água do mesmo telhado. Gerando, para o primeiro ano, 10.287kWh com uma potência instalada de 9,36kWp. A análise econômica indicou: *payback* de 18 anos; TIR para o ano 25 de 14,77%; VPL para o ano 25 de R\$ 287.078.

Palavras-chave: Energia Solar, Energia Fotovoltaica, Módulos Fotovoltaicos, Inversor.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura física da dopagem do silício da célula fotovoltaica.....	17
Figura 2 – Representação das componentes da irradiação solar	17
Figura 3 – Órbita da Terra em torno do Sol e a inclinação de seu eixo de rotação	18
Figura 4 – Oferta mundial interna de energia por modal em porcentagem.....	19
Figura 5 – Camadas constituintes de uma placa fotovoltaica.....	24
Figura 6 – Gráfico das curvas I-V , em azul, e P-V, em vermelho, de um módulo fotovoltaico.....	26
Figura 7 – Curva I-V de um módulo operando em diferentes temperaturas	27
Figura 8 – Curva I-V de um módulo operando com diferentes irradiâncias	27
Figura 9 – Curva I-V de um sistema operando com 1, 2 e 4 módulos em série	28
Figura 10 – Curva I-V de um sistema operando com 1,2 e 4 módulos em paralelo	28
Figura 11 – Curva IxV de um sistema com 4 módulos associados em série em 3 situações: sem sombreamento, com sombreamento e diodo de desvio e com sombreamento e sem o diodo de desvio.	30
Figura 12 – Gráficos da tensão e corrente e das perdas energéticas em 3 estágios: ligando o inversor, inversor em funcionamento e desligamento do inversor	31
Figura 13 – Planta baixa do projeto arquitetônico do empreendimento	37
Figura 14 – Planta de corte do projeto arquitetônico do empreendimento.....	37
Figura 15 – Polígono da edificação feito no Google EarthPRO	38
Figura 16 – Modelo do empreendimento elaborado no software Revit.....	49
Figura 17 – Gráfico das irradiâncias médias horárias para cada mês considerando dados horários e simulado no software Ecotect.....	50
Figura 18 – Gráfico das irradiâncias médias horárias para cada mês considerando dados das médias diárias e simulado no software Ecotect.....	51
Figura 19 – Ambiente de trabalho do software RadiaSol.....	52
Figura 20 – Gráfico da radiação solar mensal obtido no RadiaSol.....	53
Figura 21 – Tabelas da irradiação média obtidas com RadiaSol.....	53
Figura 22 – Arranjo das placas na água leste.....	58
Figura 23 – Arranjo das placas na água oeste.....	58
Figura 24 – Gráfico comparando o tempo de payback do empreendimento para diferentes taxas de aumento da tarifa energética.....	62
Figura 25 – Gráfico comparando a TIR do ano 15, 20 e 25 do empreendimento para diferentes taxas de aumento da tarifa energética.....	63

Figura 26 – Gráfico comparando o VPL para o ano 5, 10, 15, 20 e 25 do empreendimento para diferentes taxas de aumento da tarifa energética.....	63
Figura 27 – Gráfico comparando a TIR do ano 15, 20 e 25 do empreendimento para diferentes tarifas iniciais.....	64
Figura 28 – Gráfico comparando o tempo de payback do empreendimento para diferentes tarifas iniciais.....	64
Figura 29 – Gráfico comparando o VPL para o ano 5, 10, 15, 20 e 25 do empreendimento para diferentes tarifas iniciais.....	65
Figura 30 – Gráfico comparando o VPL para o ano 5, 10, 15, 20 e 25 do empreendimento para diferentes tempos de financiamento.....	66
Figura 31 – Gráfico comparando a TIR do ano 15, 20 e 25 do empreendimento para diferentes tempos de financiamento.....	66
Figura 32 – Gráfico comparando o VPL para o ano 5, 10, 15, 20 e 25 do empreendimento para diferentes taxas de juros.....	67
Figura 33 – Gráfico comparando o TIR para o ano 5, 10, 15, 20 e 25 do empreendimento para diferentes taxas de juros.....	67
Figura 34 – Gráfico comparando o VPL para o ano 5, 10, 15, 20 e 25 do empreendimento para diferentes proporções financiadas.....	67
Figura 35 – Gráfico comparando a TIR para o ano 5, 10, 15, 20 e 25 do empreendimento para diferentes proporções financiadas.....	68
Figura 36 – Gráfico da produção energética mensal para diferentes orientações e inclinações.....	69
Figura 37 – Gráfico da produção energética anual para diferentes orientações e inclinações.....	67
Figura 38 – Gráfico comparando o VPL para o ano 5, 10, 15, 20 e 25 do empreendimento para diferentes orientações e inclinações.....	71
Figura 39 – TIR do empreendimento para diferentes orientações e inclinações.....	71
Figura 40 – Payback do empreendimento para diferentes orientações e inclinações....	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Balanço energético nacional.....	20
Tabela 2 – Relatório RadiaSol.....	40
Tabela 3 – Cálculo da tarifa energética.....	45
Tabela 4 – Resumo dados de entrada da simulação do sistema.....	48
Tabela 5 – Resumo dados de saída da simulação do sistema.....	48
Tabela 6 – Parte da planilha de cálculo utilizada para estimar o consumo mensal energético do empreendimento.....	54
Tabela 7 – Equipamentos especiais – Dados de consumo energético e frequência de uso.....	55
Tabela 8 – Resumo do cálculo da produção energética mensal – para o arranjo na água leste.....	56
Tabela 9 – Resumo do cálculo da produção energética mensal – para o arranjo na água oeste.....	56
Tabela 10 – Resumo do desempenho do sistema.....	57
Tabela 11 – Verificação da segurança do inversor e análise do arranjo.....	59
Tabela 12 – Dados econômicos do empreendimento – Orçamento, tarifas, taxas e financiamento.....	60
Tabela 13 – Indicadores econômicos do empreendimento – VPL, TIR e Payback.....	60
Tabela 14 – Parte do estudo de viabilidade econômica do empreendimento.....	61

LISTA DE SIGLAS

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

LABSOL – Laboratório de Energia Solar

SENGE-RS – Sindicato dos Engenheiros do Rio Grande do Sul

RIC – Regulamento de Instalações Consumidoras

CEEE – Companhia Estadual de Energia Elétrica

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR – Norma Brasileira

CPF – Cadastro de Pessoa Física

CNPJ – Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica

Selic – Sistema Especial de Liquidação e de Custódia

IEA – International Energy Agency

ProGD – Programa de Desenvolvimento de Geração Distribuída de Energia

EPIA – European Photovoltaic Industry Association

MME – Ministério de Minas e Energia

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

RN – Resolução Normativa

ICMS – Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços

PIS – Programa de Integração Social

Cofins – Contribuição para o financiamento da seguridade social

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

FGTS – Fundo de Garantia por Tempo de Serviços

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

c-Si – Silício cristalino

m-Si – Silício monocristalino

p-Si – Silício policristalino

CdTe – Telureto de Cádmio

CIGS – Disseleneto de Cobre Índio e Gálio

a-Si:H – Silício amorfo Hidrogenado

μ c-Si – Silício micro cristalino

Si-Fitas – Silício em Fitas

EVA – Etil Vinil Acetato

SFIE – Sistema Fotovoltaico Integrado à Edificação

SFCR – Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede

SFI – Sistema Fotovoltaico Isolado

VSI – Voltage Source Inverter

CSI – Current Source Inverter

NOCT – Normal Operating Cell Temperature

STC – Standard Temperature Cell

C-C – Corrente Contínua

C-A – Corrente Alternada

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

RGE – Rio Grande Energia

LISTA DE SÍMBOLOS

tep – Toneladas equivalentes de petróleo

AM – Air Mass

CO² – Dióxido de Carbono

m – Metros

mm – Milímetros

km – Quilômetros

km² – Quilômetros quadrados

m² – Metros quadrados

mm² – Milímetros quadrados

° – Graus (medida de ângulo)

°C – Graus Celsius

R\$ - Reais

h – Horas

A – Ampere

V – Volt

VA – Volt-Ampere

I – Corrente elétrica (A)

V – Tensão elétrica (V)

P – Potência (W)

Isc – Corrente elétrica de curto circuito (A)

Imp – Corrente elétrica de máxima potência (A)

Voc – Tensão elétrica de circuito aberto (V)

Vmp – Tensão elétrica de máxima potência (V)

W – Watt

Wp – Watt pico

Wh – Watt-hora

kW – quilo Watt

kWp – quilo Watt pico

kWh – quilo Watt-hora

GWh – Giga Watt-hora

TWh – Tera Watt-hora

VPL – Valor Presente Líquido (R\$)

TIR – Taxa de Retorno Interno (%)

R₀ – Investimento inicial do empreendimento (R\$)

R_n – Fluxo de caixa calculado para o ano 'n' (R\$)

i – Taxa de retorno adotada pelo investidor (%)

E_{dia} – Energia produzida no dia em análise (kWh)

E_{mês} – Energia produzida no mês em análise (kWh)

E_{ano} – Energia produzida no ano em análise (kWh)

I_h – Irradiação horária total incidente nas placas fotovoltaicas do sistema (W/m^2)

G^{STC} – Irradiância para condições padrão de teste (W/m^2)

N_p – N° de placas utilizadas (unidades)

P^{STC} – Potência da placa sob condições padrão de teste (W_p)

PR – Fator de desempenho (*Performance Ratio*) (%)

P_{inst} – Potência instalada (W_p)

Y – *yeld* (kWh/kWp)

FC – Fator de capacidade (%)

α_t – Coeficiente de perda por temperatura ($\%/^{\circ}C$)

$t_{cél}$ – Temperatura de operação das placas fotovoltaicas ($^{\circ}C$)

t_{amb} – Temperatura ambiente ($^{\circ}C$)

t^{NOCT} – Temperatura da célula para condições de operação padrão ($^{\circ}C$)

G^{NOCT} – Irradiância para condições de operação padrão (W/m^2)

F_{p1} – Perda decorrida do sombreamento (%)

F_{p2} – Perda decorrida do nível de sujidade (%)

F_{p3} – Perda decorrida do mismatch que ocorre no sistema elétrico (%)

F_{p4} – Perda por temperatura (%)

F_{p5} – Perda ocorrida nos cabos de corrente contínua (%)

F_{p6} – Perda ocorrida nos cabos de corrente alternada (%)

F_{p7} – Perdas ocorridas no inversor (%)

F_{p8} – Perdas ocorridas pela variabilidade do nível de irradiância solar (%)

I_{direta} – irradiação direta para cada hora, medida em (W/m^2)

I_{difusa} – irradiação difusa para cada hora, medida em (W/m^2)

I_{albedo} – irradiação albedo para cada hora, medida em (W/m^2)

θ – fator correção para o ângulo do raio solar direto (%)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Motivação.....	14
1.2 Objetivos.....	14
1.3 Estrutura do trabalho.....	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1 Conceitos sobre energia fotovoltaica	16
2.2 Conceitos sobre o movimento Sol-Terra.....	18
2.3 Cenário atual de geração de energia elétrica.....	19
2.4 As políticas públicas acerca da energia solar.....	21
2.5 Características dos materiais empregados.....	22
2.5.1 Placas fotovoltaicas	22
2.5.2. Inversores	31
2.6 Situação e ambiente do empreendimento	32
2.7 Conceitos sobre a análise econômica	33
3 METODOLOGIA	35
3.1 Análise dos fatores geométricos e de localização	36
3.2 Análise dos fatores climáticos e solarimétricos	38
3.3 Análise dos materiais empregados	40
3.3.1 Placas fotovoltaicas	40
3.3.2. Inversores	42
3.4 Arranjo do sistema	42
3.5 Análise da produção energética	42
3.6 Análise da demanda energética	44
3.7 Orçamento do sistema	45
3.8 Análise da tarifa sobre o consumo de energia.....	45
3.9 Indicadores econômicos e financiamento	46
3.9.1 Valor Presente Líquido (VPL), Taxa de Retorno Interna (TIR) e Payback ...	46
3.9.2 Financiamento.....	46
4. DIMENSIONAMENTO.....	47
4.1 Modelo físico da edificação e cálculo dos fatores climáticos e solarimétricos.....	49
4.2 Sistema Fotovoltaico.....	54
4.2.1 Cálculo da energia consumida.....	54

4.2.2 Cálculo da energia gerada.....	55
4.2.3 Escolha do arranjo do sistema e verificação do inversor.....	57
4.2.4 Cálculo da viabilidade econômica do empreendimento.....	59
5. RESULTADOS E COMPARAÇÃO DE CENÁRIOS.....	61
5.1 Variando o preço da tarifa energética e sua taxa de aumento anual.....	62
5.2 Variando os métodos de financiamento.....	65
5.3 Variando a orientação e inclinação das placas fotovoltaicas.....	68
6.CONCLUSÃO.....	72
REFERÊNCIAS	74
APÊNDICE A – DADOS CLIMÁTICOS E SOLARIMÉTRICOS	77
APÊNDICE B – DADOS OBTIDOS NO ECOTECH	81
APÊNDICE C – CÁLCULO DO CONSUMO ENERGÉTICO	86
APÊNDICE D – CÁLCULO DA ENERGIA GERADA	90
APÊNDICE E – ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA	93
ANEXO A – FICHA TÉCNICA E ANÚNCIO DE OFERTA DAS PLACAS FOTOVOLTAICAS	95
ANEXO B – FICHA TÉCNICA E ANÚNCIO DE OFERTA DOS INVERSORES.....	100
ANEXO C – PLANTAS FORNECIDAS PELA ARQUITETA RESPONSÁVEL.....	104

1 INTRODUÇÃO

Sabendo que, tanto a demanda por energia elétrica quanto o domínio tecnológico, são cada vez maiores, faz-se necessária a aliança entre nossa vontade de consumo e nossa capacidade de geração. A imensa parte da energia elétrica produzida atualmente é proveniente de fontes esgotáveis e poluentes como o gás, o carvão e o petróleo (GOLDEMBERG, LUCON, 2007). De acordo com o estudo do balanço energético feito pela IEA (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2015), foi gerado 23.322 TWh no mundo em 2013.

Em contrapartida, a energia captada do Sol tem cada vez maior aplicabilidade e visibilidade. Tem havido investimentos financeiros e tecnológicos na busca do aperfeiçoamento de novos métodos limpos para a geração de energia em vários países, como a Alemanha, que, em maio de 2016, chegou a operar com 87% de geração de energia renovável (CICLO VIVO, 2016).

Este crescimento dos setores de geração de energia limpa deve-se, em parte, à criação de projetos governamentais. Esses projetos promoveram a facilitação da importação de materiais necessários, a diminuição da carga tributária para venda de energia e a promoção de obras e incentivos que facilitem a instalação e aplicação de métodos sustentáveis de geração de energia (PROGD, 2015). Um exemplo disso é o programa governamental Luz para Todos, que foi um passo inicial do governo federal para difundir essa ideia. Através dele, o Brasil tem levado a energia elétrica para muitas famílias que não podiam usufruir das melhorias de vida advindas do acesso à energia elétrica., como iluminação artificial noturna, aquecimento de água e ar, micro-ondas, computadores, etc... (FREITAS, G., 2011). Aliado ao programa, incentivos fiscais para quem possui aquecedores solares, captadores de água da chuva, telhados verdes, entre outras iniciativas em algumas regiões do Brasil, mostram a vontade de evoluir na busca pela sustentabilidade.

O presente trabalho versa sobre o dimensionamento e viabilidade econômica de um sistema fotovoltaico conectado à rede. O sistema foi dimensionado para uma edificação que será revitalizada e está localizada no município de Feliz – RS.

1.1 Motivação

O autor entende que seja fator de grande importância o domínio tecnológico sobre a geração de energia, uma vez que a energia elétrica está diretamente ligada a questões de saúde, bem-estar social e desenvolvimento tecnológico. Uma evidência disso é que, junto ao benefício para as famílias diretamente atingidas pelo programa citado anteriormente, consequências positivas foram aparecendo ao longo do tempo, havendo um ganho, direto e indireto, proveniente do fomento a técnicas sustentáveis. Esse trabalho aborda o papel dos microgeradores de energia que, além de possibilitarem o fornecimento de energia elétrica para comunidades que não estão no alcance das distribuidoras de energia, podem auxiliar financeiramente famílias de baixa renda, já que o gasto com energia elétrica é drasticamente reduzido. Um exemplo disso é o condomínio recém construído em Juazeiro-Bahia, projeto do programa Minha Casa Minha Vida que é uma das maiores usinas de energia fotovoltaica do Brasil (BRASIL SOLAIR, Projeto Juazeiro).

1.2 Objetivo

Tendo como base um projeto de revitalização de um estábulo localizado em propriedade no município de Feliz, Rio Grande do Sul, que visa transformá-lo em um prédio de uso compartilhado entre um alojamento e um espaço de sala de aulas, foi realizado um estudo de caso da implantação de placas fotovoltaicas conectadas à rede. Os objetivos do presente estudo são: avaliar o potencial de geração de energia fotovoltaica do empreendimento, entender os fatores que influenciam o desempenho do sistema e analisar sua viabilidade econômica. Dessa forma é possível compreender: os dados necessários para elaboração de um projeto de um sistema fotovoltaico, os parâmetros e critérios de análise do desempenho do sistema, e seu comportamento frente diferentes soluções adotadas e diferentes cenários de mercado. Sendo o dimensionamento do sistema e sua viabilidade econômica os objetivos principais do trabalho, enquanto o entendimento dos fatores de influência é o objetivo secundário.

1.3 Estrutura do trabalho

Foi feita uma análise sobre os possíveis ganhos energéticos, econômicos e sociais ao se implantar sistemas de microgeração de energia. Para isso, realizou-se uma pesquisa da demanda de energia elétrica, a fim de estimar qual o potencial necessário a ser instalado, e, a partir de

dados de projeto e do terreno, foram levantadas as áreas com possibilidade de receber a instalação das placas fotovoltaicas conectadas à rede. Sabendo-se a demanda energética e área potencial de instalação, foi feita a simulação de diferentes arranjos e escolha de marcas e materiais de placas fotovoltaicas e inversores, a fim de garantir a produção desejada e obter a melhor relação custo-benefício.

Utilizou-se o software GoogleEarth Pro para a localização da edificação e também para obter a orientação da cobertura em relação ao eixo Norte e Sul. A área do telhado foi mensurada no programa AutoCAD usando como base as plantas fornecidas pela arquiteta responsável. Porém, durante a elaboração do presente trabalho, não se tinha um projeto arquitetônico definitivo, podendo o estudo apresentar resultados que não condizem exatamente com a realidade futura. Os dados relativos à incidência solar foram dimensionados com os programas Radasol e Ecotect. Após o dimensionamento do sistema, o mesmo foi avaliado quanto às necessidades de manutenção e quanto a possíveis medidas que aumentem seu rendimento.

A análise econômica do sistema foi baseada no conceito de amortização do capital investido, a partir do desconto na conta de luz dos moradores. Gastos com materiais e mão de obra foram orçados com fornecedores locais, e a tarifa de conta de luz pesquisada junto à concessionária. Esses dados utilizados para o cálculo de *payback* possibilitarão estimar se o sistema de energia fotovoltaica proposto é viável.

Conforme descrito acima, o trabalho divide-se, de forma resumida, na avaliação do potencial de geração energética do local, na estimativa do consumo de energia elétrica do local, no dimensionamento do sistema fotovoltaico e sua viabilidade econômica.

O trabalho foi organizado em seis capítulos. O primeiro introduz o leitor ao tema, indicando a motivação e os objetivos do trabalho. O segundo descreve os conceitos teóricos e físicos envolvidos na análise e no dimensionamento de um sistema fotovoltaico, como a caracterização dos módulos fotovoltaicos, contextualização do município de Feliz e do cenário de produção de energia fotovoltaica no Brasil e no mundo. O terceiro apresenta os métodos, equações, parâmetros de avaliação e softwares utilizados no estudo, o quarto capítulo versa sobre o dimensionamento do sistema, aplicando os conceitos abordados no capítulo da metodologia. O quinto apresenta a comparação de diferentes cenários e soluções para melhor entendimento da influência dos diversos fatores, e o sexto contém a conclusão obtida após a realização do trabalho.

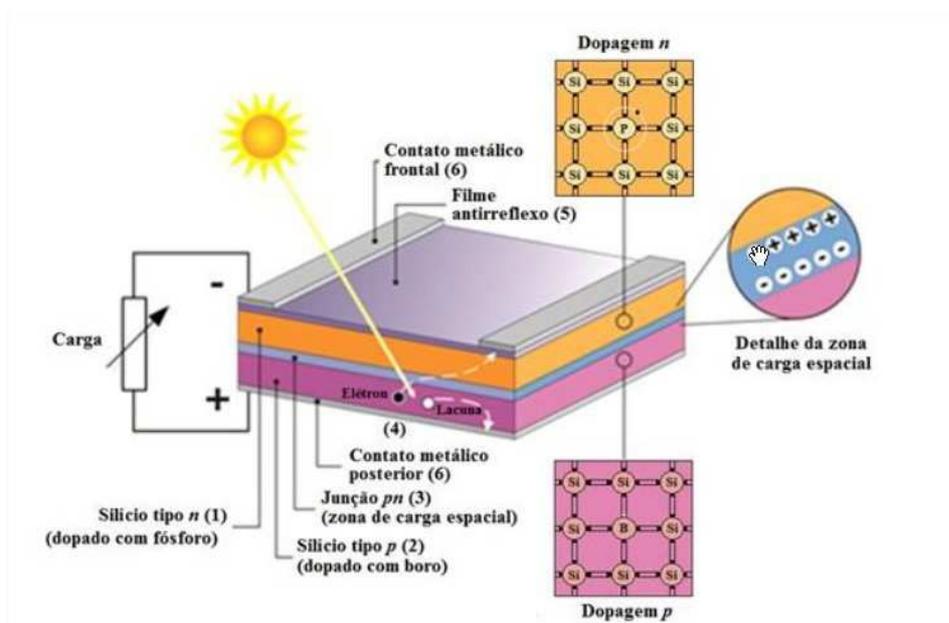
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CONCEITOS SOBRE ENERGIA FOTOVOLTAICA

A energia fotovoltaica é produzida quando a radiação solar incide sobre uma superfície capaz transformar a energia do fóton em corrente elétrica. Para compreender tal fenômeno é necessário conhecer alguns conceitos físicos como os de semicondutores e dopagem.

Semicondutor é um material que tem uma banda de condução vazia, ou seja, sem elétrons, e uma banda de valência preenchida com elétrons. Essa característica, entretanto, é válida apenas para valores de temperatura perto do zero absoluto (zero Kelvin). Em temperaturas ambientes, sempre há uma certa quantidade de elétrons na camada de condução, que antes estavam na camada de valência, gerando, então, uma lacuna. Entre as duas está o *bandgap* (banda proibida), que representa a energia necessária para transportar um elétron de uma banda à outra. Quando um fóton com energia maior que o *bandgap* atinge um semicondutor no ambiente, ele move o elétron da camada de valência para a de condução, criando o chamado par elétron-lacuna. Quanto mais isso ocorre, maior a condutividade elétrica do semicondutor. Para aproveitar melhor esse efeito, denominado de efeito fotocondutivo, aplica-se um campo elétrico que possibilita utilizar a corrente e tensão criada pelo par elétron-lacuna. A dopagem é a inserção de impurezas no material, com o intuito de facilitar a criação do campo elétrico e garantir melhor fluidez da corrente elétrica gerada, que posteriormente passa pelo inversor e chega ao seu destino final. O efeito de recombinação dos portadores de carga é um fenômeno que ocorre quando o elétron volta para sua posição inicial, deixando de ser aproveitada sua energia para a corrente elétrica. A figura 1 ilustra a descrição acima. (PINHO; GALDINO, 2014)

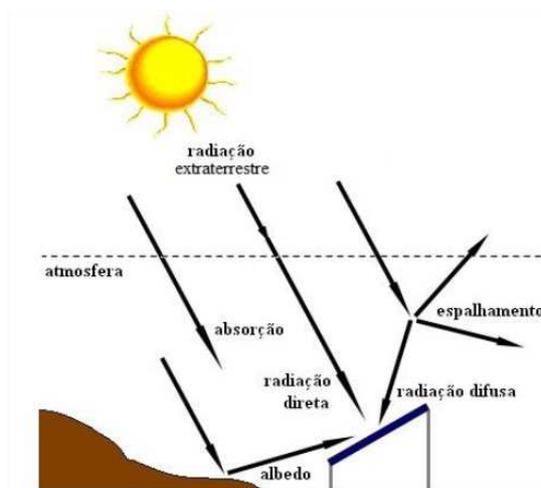
Figura 1 – Estrutura física da dopagem do Silício da célula fotovoltaica



(fonte: PINHO; GALDINO, 2014)

A irradiação incidente em uma placa fotovoltaica é separada em três parcelas: direta, difusa e albedo. A irradiação direta é composta pelos raios solares que incidem diretamente na placa fotovoltaica, ou seja, não são desviados ou refletidos em seu trajeto. A irradiação difusa é a parcela dos raios solares que sofrem algum desvio ou reflexão, como os raios que atravessam nuvens, por exemplo. A irradiação de albedo é a parcela dos raios solares que incidem no solo, são refletidas, e, posteriormente, atingem as placas fotovoltaicas. A figura 2, abaixo, ilustra as três parcelas da irradiação solar.

Figura 2 – Representação das componentes da irradiação solar

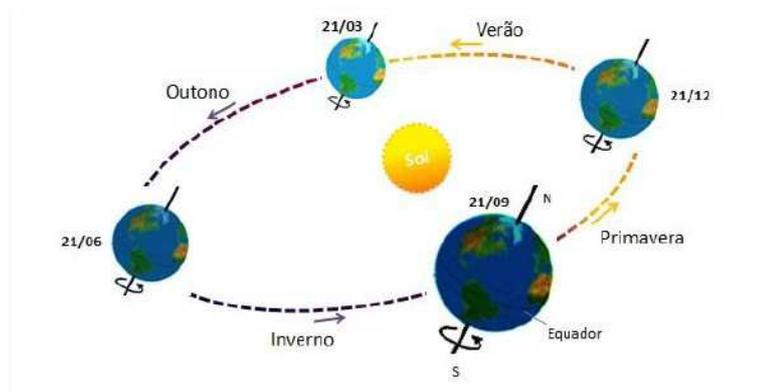


(fonte: PINHO; GALDINO, 2014)

2.2 CONCEITOS SOBRE O MOVIMENTO SOL-TERRA

Os dois principais movimentos da Terra são a rotação e a translação. Ambos de altíssima importância no estudo de geração de energia solar. A rotação da Terra em torno do próprio eixo é o que determina o dia e a noite. O movimento de translação é responsável por conferir às estações do ano suas diferentes características. A figura 3 representa esses movimentos.

Figura 3 – Órbita da Terra em torno do Sol e a inclinação de seu eixo de rotação

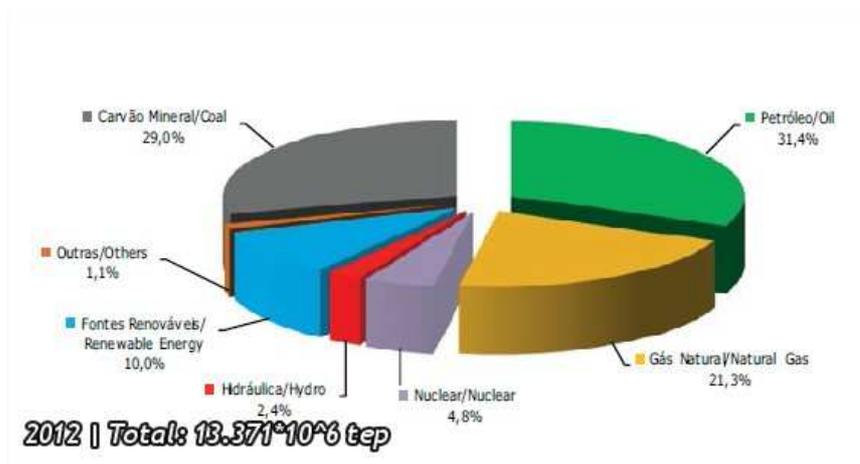


(fonte: PINHO; GALDINO, 2014)

Devido ao Sol ser a única estrela próxima da Terra capaz de a iluminar, somente um hemisfério recebe irradiação, fazendo com que um hemisfério seja iluminado enquanto o outro fica na escuridão. A rotação da Terra faz com que a luz incidente varie de posição ao longo do tempo, configurando o que conhecemos por dia e por noite. A translação é o movimento elíptico da Terra em torno do Sol. Devido à inclinação do eixo da Terra, em relação a esse movimento, alguns pontos da superfície recebem maior incidência de radiação solar do que outros, configurando o que chamamos de estações do ano. Essa inclinação leva, durante o verão, a um maior tempo de exposição ao Sol em latitudes afastadas do Equador. Assim, também, o inverno tem dias menores em locais afastados do Equador. Tanto no verão quanto no inverno ocorrem os solstícios, devido à insolação diferenciada dos hemisférios. No outono e na primavera ocorrem os equinócios, quando ocorrem períodos do dia e da noite semelhantes para todo o globo terrestre. Locais situados perto da Linha do Equador apresentam períodos de insolação semelhantes aos de equinócio durante o ano inteiro. Por outro lado, locais de altas latitudes, como o município de Feliz, têm longos períodos de insolação durante o solstício de verão; e curtos, durante o solstício de inverno.

2.3 CENÁRIO ATUAL DE GERAÇÃO E DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA

Figura 4 – Oferta mundial interna de energia por modal em porcentagem



(fonte: adaptado de BRASIL, 2015)

O gráfico acima (BRASIL, 2015) representa, em porcentagem, a matriz energética mundial no ano de 2012. Observa-se que o carvão e o petróleo são as principais fontes energéticas, sendo responsáveis pela metade da geração mundial. Fato determinante dos elevados níveis atuais de emissão de CO². Com a premissa de buscar métodos de mitigar essa questão ambiental, incentivos na área de energias renováveis tem sido cada vez maiores. De acordo com levantamento da EPIA (2012), em questão de dois anos (2010-2012) o potencial energético instalado de placas fotovoltaicas dobrou. O principal continente responsável pelo aumento foi a Europa, que contém cerca de três quartos do potencial mundial atual, mesmo tendo baixos índices de insolação, quando comparado a outros locais (em torno de 10% a 50% menores do que em regiões brasileiras¹). Mesmo assim a energia solar representa muito pouco na oferta energética mundial.

¹ Média de irradiância brasileira varia entre 1.200 a 2.400 W/m²/ano (MME, 2015) enquanto a média de 45 países da Europa e parte da Ásia é de cerca de 1.500W/m²/ano (BETÁK et al., 2012)

Tabela 1 – Balanço energético nacional

Especificação	Unidade	2014	2015	15/14 %	Estrutura (%) 2014	Estrutura (%) 2015
OFERTA INTERNA DE ENERGIA	mil tep	305.516	299.211	-2,1	100,0	100,0
<i>PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO E TRANSFORMAÇÃO</i>	mil tep	39.921	38.528	-3,5	13,1	12,9
<i>CONSUMO FINAL</i>	mil tep	265.594	260.684	-1,8	86,9	87,1
PRODUÇÃO DE PETRÓLEO E ÓLEO DE XISTO	mil m ³	131.129	141.716	8,1		
COMÉRCIO EXTERNO LÍQUIDO DE PETRÓLEO E DERIVADOS (*)	mil m ³	7.373	-12.092	-264,0		
PRODUÇÃO DE GÁS NATURAL	milhões m ³	31.894	35.128	10,1		
IMPORTAÇÃO DE GÁS NATURAL	milhões m ³	19.319	18.407	-4,7		
PRODUÇÃO DE LÍQUIDOS DE GÁS NATURAL	mil m ³	5.323	5.195	-2,4		
OFERTA TOTAL DE ENERGIA ELÉTRICA	GWh	624.254	615.908	-1,3	100,0	100,0
GERAÇÃO INTERNA PÚBLICA	GWh	496.510	484.891	-2,3	79,5	78,7
<i>HIDRÁULICA</i>	GWh	351.351	338.673	-3,6	56,3	55,0
<i>TÉRMICA E NUCLEAR</i>	GWh	132.944	124.579	-6,3	21,3	20,2
<i>EÓLICA</i>	GWh	12.208	21.623	77,1	2,0	3,5
<i>SOLAR</i>	GWh	8	16	96,9	0,0	0,0
GERAÇÃO INTERNA DE AUTOPRODUTOR	GWh	93.968	96.595	2,8	15,1	15,7
<i>HIDRÁULICA</i>	GWh	22.088	21.070	-4,6	3,5	3,4
<i>TÉRMICA</i>	GWh	71.869	75.479	5,0	11,5	12,3
<i>EÓLICA</i>	GWh	3	3	15,0	0,0	0,0
<i>SOLAR</i>	GWh	8	43	434,2	0,0	0,0
IMPORTAÇÃO	GWh	33.775	34.422	1,9	5,4	5,6
OFERTA TOTAL DE ENERGIA ELÉTRICA	GWh	624.254	615.908	-1,3	100,0	100,0
<i>PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO</i>	GWh	93.174	93.076	-0,1	14,9	15,1
<i>CONSUMO FINAL</i>	GWh	531.080	522.833	-1,6	85,1	84,9

(fonte: adaptada de BRASIL, 2016)

A tabela 1, acima, apresenta o balanço energético nacional, nos anos de 2014 e 2015, em termos totais e em porcentagens. Nota-se que, no Brasil, a energia é majoritariamente proveniente de fontes térmicas e hidráulicas, tanto na esfera de produção pública, quanto na autoprodução. Analisando a tabela, o modal que mais cresceu entre 2014 e 2015 foi a energia solar. A geração pública praticamente dobrou em um ano, enquanto a autoprodução aumentou pouco mais que quatro vezes. Esses valores elevados são provenientes do incentivo às energias renováveis de baixo impacto e sua quase ausência em anos anteriores. É esperado que esse crescimento, em termos quantitativos, siga aumentando, já que medidas governamentais estão visando sua viabilidade econômica.

A demanda energética tende a aumentar ao longo do tempo. A cada ano novas tecnologias são descobertas e novos produtos desenvolvidos. Com o crescimento do poder aquisitivo, as pessoas têm cada vez mais acesso a itens que utilizam energia elétrica. Mesmo que sejam descobertas e aplicadas medidas para melhorar a eficiência energética de alguns equipamentos, o aumento da demanda sobre produtos que utilizam energia será sempre maior que o ganho conquistado pela eficiência. De acordo com o Balanço Energético Nacional 2015 (BRASIL, 2015), o setor de consumo que mais cresceu, de forma individual, é o residencial. Não é difícil compreender esse fenômeno, já que a população cresce em velocidade mais elevada que o crescimento da indústria. Aliando a necessidade de utilizar fontes renováveis para geração de energia,

crescimento do consumo do setor residencial e a possibilidade de utilizar sistemas fotovoltaicos como objeto lucrativo, nota-se o grande potencial da energia solar. Estudos da IEA (IEA apud MME, 2015), confirmam o potencial ao estimar que, até o ano de 2050, a matriz energética mundial operará com cerca de um décimo com fonte em energia solar, gerada, em sua maioria, em setores residenciais.

2.4 AS POLÍTICAS PÚBLICAS ACERCA DA ENERGIA SOLAR

A energia solar ainda é muito recente no contexto brasileiro. Inicialmente, medidas governamentais, como a obrigatoriedade da instalação dos sistemas de aquecimento solar de água em determinados empreendimentos do programa Minha Casa Minha Vida (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2011), incentivaram o surgimento de medidas sustentáveis em novos projetos de habitações. Em 2014, foi evitado o gasto de 1.100 GWh (0,2% da demanda brasileira) com o aquecimento solar em substituição ao elétrico (MME, 2015), provando ser um método eficiente, ainda que rústico, se comparado aos sistemas fotovoltaicos. Na mesma direção, em 2012, a ANEEL (RNº 493 482, 2012) regulamentou os sistemas de placas fotovoltaicas integrados à rede. Essa medida incentivou muito a energia solar, tornando-a financeiramente viável e quadruplicando o número de sistemas instalados entre os anos de 2014 e 2015 (MME, 2015).

O Programa de Desenvolvimento de Geração Distribuída de Energia (ProGD) foi criado pelo governo e estabelece metas no que se refere à matriz energética, como gerar em torno de um quinto da energia brasileira com fontes renováveis (desconsiderando a energia proveniente de hidroelétricas). Para isso serão investidos 100 bilhões de reais, até 2030, na área de energia solar, evidenciando a vontade governamental em expandir esse mercado (PROGD, 2015). Afora os investimentos, incentivos fiscais foram criados recentemente para que o mercado possa se desenvolver com maior facilidade. A cobrança do ICMS e do PIS/Cofins apenas sobre a parcela líquida de energia é o principal fator que viabiliza os sistemas economicamente, porém não são todos os estados do Brasil que aderem a essa forma de cobrança (o Rio Grande do Sul aderiu à tal medida a partir do dia 20/01/2016²). Tal cobrança, se considerada a energia bruta e não a líquida consumida, pode afetar em torno de 20% o preço de produção da energia, muitas vezes tornando o empreendimento inviável ou diminuindo drasticamente sua taxa de retorno

2 (RAFFA, R., 2016)

(EPE, 2014). Segundo Rutelly (2015), até o final do ano de 2016 o imposto sobre importação de tecnologias fotovoltaicas terá sua alíquota reduzida, para a maioria dos produtos, de 14% até 0%, facilitando sua viabilidade econômica. A permissão do uso do FGTS para adquirir sistemas fotovoltaicos ajuda a mitigar um grande problema da energia solar, que é o alto investimento inicial. Grande parte dos sistemas estão localizados em setores residenciais, onde a pessoa física, muitas vezes, não dispõe do montante inicial necessário para pagar o sistema, e, mesmo que possua tal poder aquisitivo, muitos optam por investir em outros setores da economia, normalmente mais seguros, atrativos ou lucrativos. Para atrair possíveis investidores, tanto a Caixa Econômica Federal, quanto o BNDES, têm disponibilizado métodos mais atraentes de financiamento, com taxas abaixo das do mercado, ou suficientemente pequenas (SILVA, R. M., 2015). Outras medidas também foram criadas, como taxas diferenciadas para a implementação de sistemas em escolas e hospitais, e o investimento em sistemas flutuantes, em hidroelétricas (PROGD, 2015). Portanto, apesar de se encontrar em fase inicial, há evidente interesse do governo em incentivar a geração de energia elétrica baseada em placas fotovoltaicas, no Brasil.

2.5 CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS EMPREGADOS

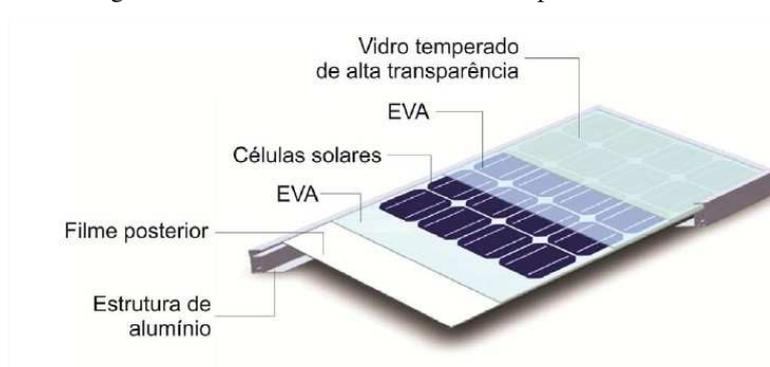
2.5.1 Placas Fotovoltaicas

O sistema de geração de energia solar tem como seu principal elemento constituinte as placas fotovoltaicas. Estas placas são constituídas de módulos fotovoltaicos, que são aglomerados de células fotovoltaicas. Os vários módulos podem ser ligados em diferentes arranjos de conexões, em série e em paralelo. De acordo com o levantamento feito por Pinho e Galdino (2014), a tecnologia mais utilizada em placas fotovoltaicas é a de células de silício cristalino (c-Si), na forma monocristalina (m-Si) e policristalina (p-Si). Desde o início da utilização da energia solar, as células de silício representaram 80% ou mais do comércio mundial. Células que utilizam c-Si são denominadas de células de primeira geração. Outras tecnologias, como os filmes finos, são bastante utilizadas; porém, em menor escala. Os filmes finos são constituídos, normalmente, de Telureto de Cádmio (CdTe), Disseleneto de Cobre Índio e Gálio (CIGS), Silício Amorfo Hidrogenado (a-Si:H), Silício microcristalino (μ c-Si) e Silício crescido em fitas (Si-fitas). A vantagem dos filmes finos se dá pela sua versatilidade, boa resposta ao aumento da temperatura e baixo custo se comparado às células de c-Si. Entretanto, ainda não foram desenvolvidas tecnologias que aumentem seu rendimento, que, atualmente, é baixo, quando

comparado às células de silício cristalino. Os filmes finos, atualmente, são chamados de células de segunda geração. Novas tecnologias foram recentemente descobertas, como células baseadas em polímeros, corantes, além das células de multijunção e das orgânicas. A maioria ainda se encontra em fase de pesquisa e desenvolvimento, sendo incertos seus dados de rendimento e preço. Essas novas células são chamadas de células de terceira geração (PINHO; GALDINO, 2014).

A principal diferença entre as células de Silício mono e policristalino é seu método de fabricação: enquanto as células de p-Si são fabricadas em bloco, com vários cristais de pequenas dimensões (ordem de centímetros), as células de m-Si são feitas em tarugos (lingotes) de cristal único. Há dois procedimentos usuais para obter o monocristalino: o método de Czochralski e a técnica de fusão zonal flutuante (*Float Zone*). Tais procedimentos necessitam de gastos energéticos maiores, causados pela busca e obtenção de cristais de melhor qualidade, quando comparados aos métodos de fabricação de p-Si. Todavia, não é percebido aumento significativo de rendimento das placas m-Si (em torno de 16,5%), quando comparadas com as de p-Si (entre 12% e 16%). A diferença costuma ficar entre 0,3% a 5% (PINHO; GALDINO, 2014), sendo o rendimento a razão entre a energia produzida e a energia solar incidente. A não continuidade dos cristais das células p-Si causa menor rendimento, devido à perda que ocorre na interface entre os vários cristais. A partir dos blocos de p-Si ou lingotes de m-Si, corta-se as lâminas de Silício, normalmente com 0,20 mm de espessura. Pesquisadores pretendem viabilizar, em curto prazo, o corte de lâminas com espessuras até 40% menores. Células muito espessas permitem com maior frequência o efeito de recombinação; por outro lado, células muito finas perdem seu coeficiente de absorção óptica, que é a capacidade de absorver fótons de diferentes frequências. Com o cristal de silício pronto, faz-se o encapsulamento, que é identificado na figura 5 (PINHO; GALDINO, 2014).

Figura 5 – Camadas constituintes de uma placa fotovoltaica



(fonte: PINHO; GALDINO, 2014)

O silício é abundante na Terra, o que justifica os princípios sustentáveis da energia solar. No Brasil, há grandes quantidades de silício, que pode ser obtido a partir do quartzo. O silício utilizado em células fotovoltaicas requer alto nível de pureza, necessita de, no mínimo, 6N (99,9999%) de pureza, sendo, também, utilizado com 9N (99,9999999%), em menor escala. Silício solar é assim denominado quando obtém o nível 6N de pureza; e silício grau eletrônico, com 9N. Entretanto, o Brasil ainda não detém tecnologia para fabricar silício com tal pureza. Atualmente, o nível mais puro produzido é o silício metalúrgico (98% a 99,9%); em contrapartida, estudos e empresas têm demonstrado vontade em adquirir tecnologia para produzir silício solar no Brasil, o que incentivaria em muito a viabilidade de sistemas fotovoltaicos no país (SILVA, R. M., 2015).

As células fotovoltaicas, que utilizam c-Si, sofrem com o desgaste ao longo do tempo, diminuindo o rendimento do sistema com o passar dos anos. Estudos de fabricantes indicam que, durante o período de vigência da vida útil do módulo - normalmente entre 20 e 30 anos - o decaimento de eficiência ocorre linearmente, de forma aproximada, na ordem de 0,7% ao ano (SCHOTT SOLAR, 2012). Mesmo com o decaimento, as placas mantêm níveis aceitáveis e lucrativos. A queda de rendimento pode ocorrer, também, devido ao mau uso e ausência de manutenção (limpeza), porém isso é facilmente evitado com boas práticas.

Tradicionalmente, as placas feitas de silício tinham a cor variando entre o azul e o preto, mas foram desenvolvidas técnicas para confecção de placas de variadas cores para incentivar seu uso. Variando sua cor (a cor varia de acordo com a composição química e a espessura de sua camada reflexiva), arquitetos aumentaram seu leque de possibilidades, principalmente em casos de sistemas integrados à edificação (SFIE), facilitando a harmonização dos elementos do sistema gerador junto com a edificação. Cabe ressaltar que, no momento, alterações na

coloração podem elevar muito o custo do sistema tornando-o inviável economicamente (PINHO; GALDINO, 2014).

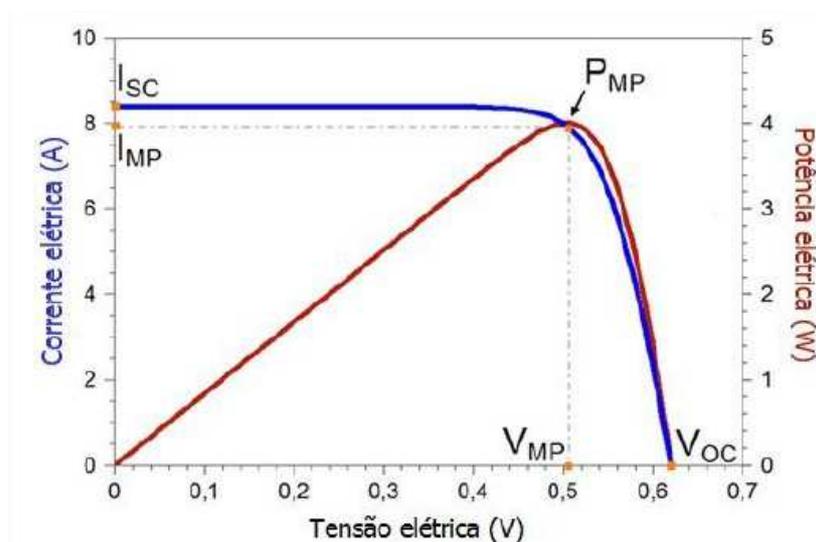
De acordo com o levantamento feito pelo Pinho e Galdino (2014), os filmes finos correspondem a cerca de 95% da produção de sistemas fotovoltaicos que não sejam de c-Si. Para fazer os filmes finos, são utilizados materiais de alta absorção óptica, de forma que fiquem sobrepostas, permitindo a fabricação de células finas. Utilizar camadas de diferentes materiais possibilita a absorção de uma faixa maior do espectro solar. O que confere essa característica é: cada material tem uma diferente energia de banda, ou seja, requer fótons de diferentes intensidades. Sabendo que, no espectro solar há vários fótons de diferentes frequências, cada material consegue absorver um pouco de cada faixa, o que pode aumentar seu rendimento. A fabricação de filmes finos permite que ele seja feito de forma rígida ou flexível, pois suas células finas são mais maleáveis que os cristais do silício, o que possibilita novas soluções arquitetônicas. Seu rendimento é encontrado entre 5% (Silício amorfo) e 19,6% (CIGS), apresentando, para alguns materiais, um rendimento maior do que placas de silício cristalino. Deve-se atentar ao fato que alguns filmes finos apresentam resultados iniciais (para os primeiros 6 meses) acima dos normalizados, sendo necessário o devido dimensionamento dos inversores e demais equipamentos envolvidos. A principal desvantagem dos filmes finos se encontra nos seus elementos químicos constituintes, muitos são altamente tóxicos e de difícil manuseio, enquanto outros não são abundantes na Terra, o que poderia levar à extração demasiada, relativa ao total disponível, mesmo sem atingir os níveis de produção energética desejáveis (PINHO; GALDINO, 2014).

O principal critério de avaliação dos módulos é sua curva $I \times V^3$. Dela é possível obter valores de suma importância, como o ponto de potência máxima (de pico); corrente elétrica de curto circuito; e tensão de circuito aberto. Com esses parâmetros é possível obter o fator de forma, que representa o quanto a curva real $I \times V$ se aproxima do rendimento ideal (que desconsidera as resistências internas do módulo). Quanto menores forem as perdas resistivas entre as células e entre módulos, mais próximo do ideal o sistema será. O fator de forma depende, principalmente, da tecnologia empregada. Por fim, o último principal critério avaliativo dos módulos é sua eficiência. Depende, então, além da tecnologia, das condições de contorno (como orientação solar, inclinação, entre outros fatores) (PINHO; GALDINO, 2014).

3 Onde I é a corrente elétrica e V é tensão elétrica no módulo

A curva $P \times V^4$ é derivada da curva $I \times V$ e é útil para identificar como o módulo se porta, dentro dos limites operacionais. A sobreposição das duas curvas aponta o Ponto de Máxima Potência, localizado na intersecção das mesmas. Esse ponto não pode ser obtido com a equação de potência da célula, podendo somente ser calculado de forma aproximada. O gráfico da figura 6 ilustra a sobreposição das curvas de um módulo utilizado para estudo, na elaboração do Manual de Engenharia Fotovoltaica (PINHO; GALDINO, 2014). Nota-se que a melhor faixa de tensão de operação do módulo em questão é entre 0,45V e 0,52V, já que a potência cai drasticamente para valores fora dessa faixa.

Figura 6 – Gráfico das curvas I-V, em azul, e P-V, em vermelho, de um módulo fotovoltaico

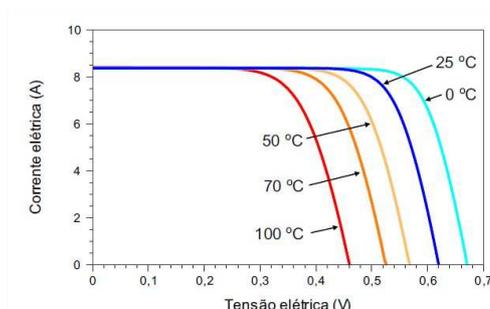


(fonte: PINHO; GALDINO, 2014)

Nas figuras 7 e 8, estão representados os dois fatores externos de maior influência nas células fotovoltaicas: a irradiância solar e a temperatura de operação. Nota-se que a irradiância solar está diretamente ligada ao desempenho do sistema. Entretanto, se não forem tomados os devidos cuidados, e o sistema operar em temperaturas altas, seu rendimento cai consideravelmente.

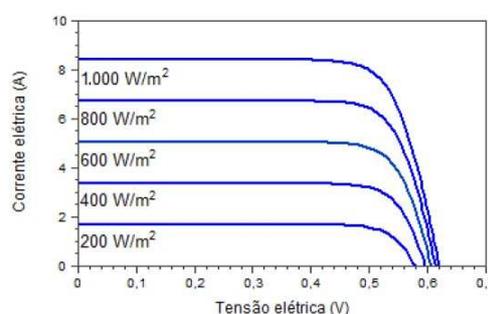
⁴ Onde P é a potência do sistema e V é tensão elétrica no módulo

Figura 7 – Curva I-V de um módulo operando em diferentes temperaturas



(fonte: PINHO; GALDINO, 2014)

Figura 8 – Curva I-V de um módulo operando com diferentes irradiâncias



(fonte: PINHO; GALDINO, 2014)

Para avaliar o potencial produtivo das placas, analisa-se sua potência nominal (obtida em testes de condições padrão (STC)⁵ – Irradiância de 1.000 W/m², AM de 1,5 e temperatura da célula de 25°C); potência operacional (obtida em teste de condição operacional (NOCT)⁶ – Irradiância de 800 W/m²; AM de 1,5; temperatura ambiente de 20°C e velocidade do vento de 1m/s) e a potência efetiva. A potência efetiva é calculada sob as condições reais para o local e orientação do sistema, considerando, então, as perdas por operar com irradiâncias menores que as normais e em diferentes temperaturas. Porém essas não são as únicas fontes de perda de produtividade. Para avaliar o desempenho do sistema, os principais fatores de análise são a potência instalada, a estimativa de geração anual, o fator de capacidade do sistema (FC), a taxa de decaimento da potência máxima da placa e o *yield*. A taxa de decaimento do sistema é fornecida pela ficha técnica do módulo, que indica um fator linear para queda de produtividade do sistema devido a degradação dos materiais. A potência instalada é o produto da potência nominal da placa, multiplicada pelo número de módulos instalados. A potência instalada é expressa em Watt Pico [Wp]⁷. O *yield* é um fator de desempenho do sistema. Ele consiste na divisão entre a energia produzida em um ano e a potência instalada do sistema, servindo de comparação para o rendimento do sistema. Sua unidade é expressa em kWh/kWp. O fator de capacidade (FC) é obtido dividindo o *yield* pelo número de horas em um ano (8760 horas) e indica quanto o sistema

5 Standard Temperature Cell

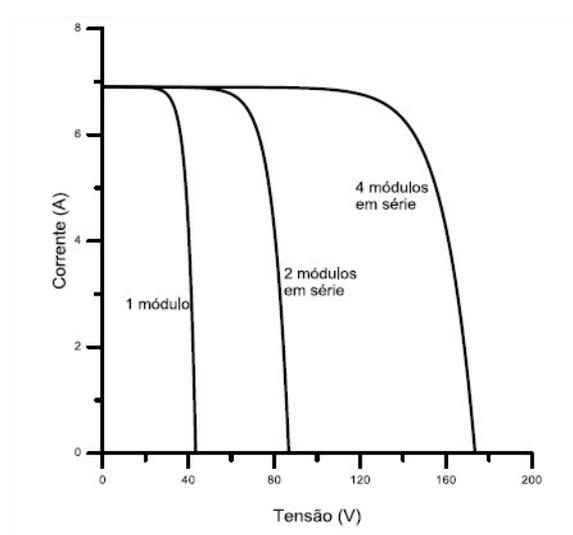
6 Nominal Operating Cell Temperature

7 O termo ‘pico’, utilizado na unidade Wp, é apenas representativo, indicando que é o máximo que o sistema tende a alcançar. Em termos físicos é equivalente ao Watt [W]

produziu, frente a seu potencial máximo. É expresso em porcentagem ou na forma decimal, uma vez que a divisão realizada leva a um fator adimensional [kW/kWp].

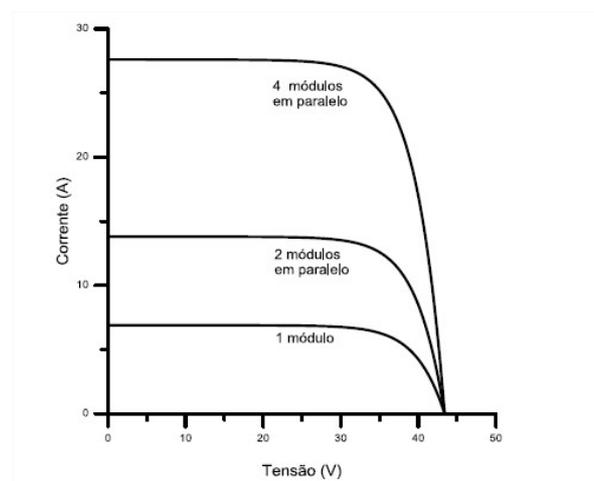
Os sistemas de geração fotovoltaica são organizados a partir de diferentes formas de conexões, tanto no nível célula-célula, quanto no nível módulo-módulo e placa-placa. Conexões são feitas em arranjos de módulos, conectados em série ou em paralelo. Para associações em série, a corrente é a mesma, para todos os módulos, enquanto a voltagem é somada a montante. Já, para arranjos em paralelo, a corrente é somada a montante, enquanto a voltagem permanece a mesma em todos os módulos. As figuras 9 e 10 abaixo ilustram o comportamento dos arranjos, de forma simplificada, onde, para os dois arranjos, cada módulo representado tem potência-pico valendo 220 W, enquanto a potência-pico final vale 880 W.

Figura 9 – Curva I-V de um sistema operando com 1, 2 e 4 módulos em série



(fonte: PINHO; GALDINO, 2014)

Figura 10 – Curva I-V de um sistema operando com 1, 2 e 4 módulos em paralelo



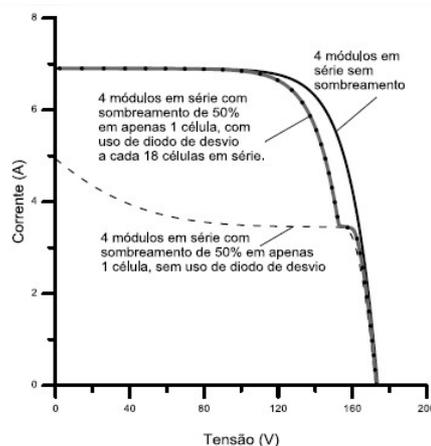
(fonte: PINHO; GALDINO, 2014)

Em cada módulo há dois terminais, o de entrada e o de saída. Em cada terminal existe entrada para cabo referente ao polo positivo e entrada para o polo negativo. A conexão em série é feita unindo os terminais negativos de um módulo com os terminais positivos do próximo módulo; de forma análoga, para conexão em paralelo, é conectado o terminal positivo de um módulo com o positivo do próximo módulo, o mesmo é feito para os terminais negativos. Nota-se que, mesmo alterando o método de conexão, o valor da potência final da associação permanece a

soma da potência de todos os módulos. Isso é válido se considerado que os módulos estão operando sob as mesmas condições de contorno, exceto seu tipo de conexão. Tal comportamento não implica na indiferença da escolha do tipo de conexão, pois, caso conexões em paralelo sejam feitas em demasia, a corrente do sistema pode obter valores incompatíveis com a corrente máxima suportada pelo inversor, assim como conexões em série em demasia podem ultrapassar a tensão máxima do inversor (PINHO; GALDINO, 2014).

Difícilmente todos os elementos do sistema operam em condições iguais, principalmente devido à insolação diferenciada entre os módulos, que pode ocorrer por possível sombreamento ou por diferença de inclinação entre os módulos, entre outros fatores. Sendo assim, módulos com irradiâncias diferentes resultam em módulos com diferentes correntes. Quando isso ocorre, caso a conexão seja em série, alguns módulos terão corrente maior que outros, o que pode ocasionar em falha do equipamento. Para tanto, o sistema passa a operar com a corrente de menor valor, o que leva à queda de rendimento. O mesmo ocorre dentro do próprio módulo, caso as células estejam operando sob diferentes níveis de irradiação. Esse caso pode se tornar crítico; pois, quando uma das células opera com maior irradiação, ela tem sua corrente maior que as demais, ao mesmo tempo em que é forçada a operar com a corrente de menor valor, dentro do módulo. Caso esse superavit de energia não seja entregue ao sistema, ele é dissipado na forma de calor, aquecendo a célula em questão. Tal fenômeno é chamado de *hotspot* (ponto quente), e, além de diminuir o rendimento do sistema, pode acabar por queimar o módulo inteiro. Para mitigar esse problema, é inserido um diodo de passagem (*by-pass*) que absorve a corrente em excesso, evitando que a energia sobressalente seja dissipada em forma de calor. Os módulos mais comercializados já incluem o dimensionamento dos diodos de passagem, não sendo necessária a verificação do mesmo pelo projetista (PINHO; GALDINO, 2014). O gráfico da figura 11 compara sistemas sombreados, com e sem diodo de passagem (desvio), com o sistema de referência (sem sombreamento), em relação à queda de rendimento do sistema. Observa-se que o rendimento é drasticamente diminuído, caso não seja utilizado o diodo de passagem.

Figura 11 – Curva IxV de um sistema com 4 módulos associados em série em 3 situações: sem sombreamento, com sombreamento e diodo de desvio e com sombreamento e sem o diodo de desvio.



(fonte: PINHO; GALDINO, 2014)

Dependendo da necessidade e das condições de contorno, o sistema pode operar com mais de uma placa, sendo elas interligadas em série ou paralelo. Em relação ao arranjo de um sistema, duas ou mais placas conectadas em série são chamadas de ramo, e a associação em paralelo de dois ou mais ramos são chamados de *strings*. Por exemplo, em um sistema instalado em um telhado, com duas placas em série, em cada água, pode ser vantajoso conectar as placas de cada água em paralelo, pois o nível de insolação poderá ser diferente em cada água, gerando correntes de intensidade diferente, levando à queda de rendimento. Em conjuntos de *strings* conectados em paralelo, pode ocorrer o fluxo de corrente de um ramo com maior tensão, para o ramo de menor tensão. Para prevenir tal problema, é inserido no sistema um diodo de bloqueio, que deve resistir à corrente de curto circuito e, no mínimo, ao dobro da tensão de circuito aberto. Recentemente, os diodos de bloqueio foram substituídos, na maioria dos casos, por um fusível fotovoltaico, que realiza a mesma função do diodo de bloqueio, porém de forma mais eficiente (PINHO; GALDINO, 2014).

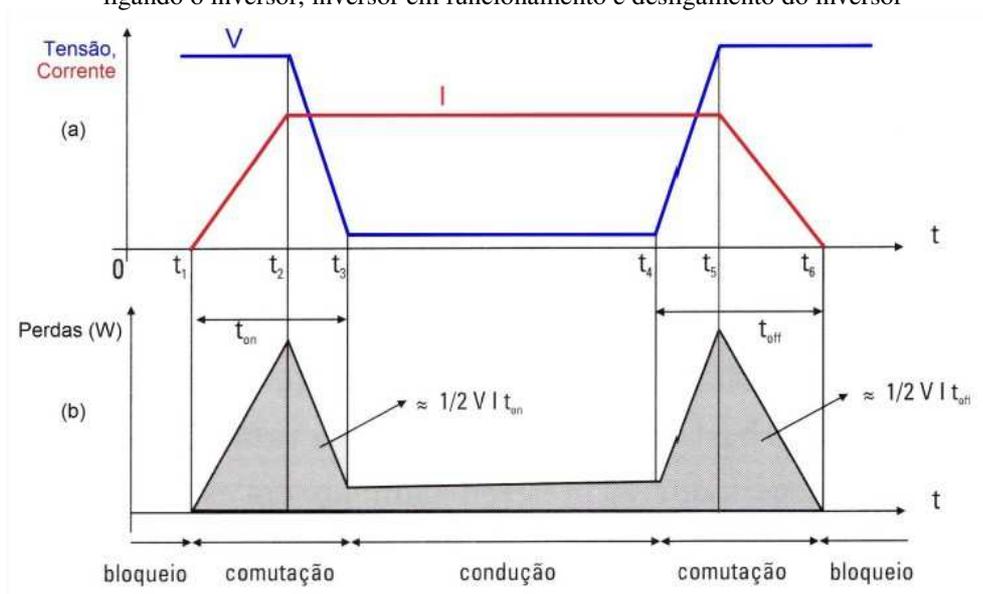
Em vista da configuração do arranjo das placas e módulos de um sistema fotovoltaico ser fator importante para seu correto funcionamento, faz-se necessário o cuidado na escolha da disposição dos módulos e suas conexões, separando *strings* com nível de irradiação semelhante e não permitindo que a corrente e tensão do sistema alcance a máxima suportada pelo inversor.

2.5.2 INVERSORES

Os inversores são os elementos do sistema que transformam a corrente gerada pela energia solar, que é produzida na forma de corrente contínua, em corrente alternada, como é a usada em nossas redes de consumo. A corrente alternada tem diversos parâmetros; sendo assim, cada inversor transforma a corrente de acordo com as características desejadas pelo consumidor. No caso de sistemas autônomos, o inversor deve apenas atingir os critérios escolhidos pelo projetista, sendo sincronizado com as características das baterias e de seus equipamentos. Já, em sistemas integrados à rede, o inversor deve ser sincronizado com a rede de baixa tensão do consumidor, partindo dos requisitos da concessionária (PINHO; GALDINO, 2014).

A eficiência de cada inversor é determinada, principalmente, por suas perdas em comutação e condução. A perda por comutação ocorre no momento em que o equipamento é acionado (sua chave de bloqueio é desligada), e quando a chave de bloqueio é acionada (equipamento desligado), seguindo os critérios de segurança do equipamento. Isso ocorre devido à energia dissipada no processo de elevar a corrente - que durante o bloqueio é nula - até a corrente operacional. O mesmo ocorre no desligamento do equipamento: ao acionar o bloqueio, é dissipada energia para reduzir a corrente operacional até zero. A perda devida à condução ocorre pelo fato de o equipamento operar com tensão e corrente com potência reduzida. O efeito é ilustrado no gráfico a seguir, constante na figura 12 (PINHO; GALDINO, 2014).

Figura 12 – Gráficos da tensão e corrente e das perdas energéticas em 3 estágios: ligando o inversor, inversor em funcionamento e desligamento do inversor



(fonte: PINHO; GALDINO, 2014)

Há dois métodos mais usuais de proteção do equipamento, o que aciona a chave de bloqueio, utilizando critérios de tensão (VSI – voltage source inverter) e o que utiliza a corrente (CSI – current source inverter). Normalmente, o VSI é empregado em sistemas autônomos, enquanto o CSI, em sistemas conectados à rede. Isso é devido ao fato que a corrente é um critério mais sensível em SFCR (Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede), já que há perturbações na rede, sendo aconselhada a proteção do tipo CSI, facilitando o controle do fator de potência. Da mesma forma, o VSI é utilizado em sistemas autônomos, devido à importância da tensão nesses sistemas, já que precisam ser compatíveis com suas baterias e equipamentos que estejam alimentando (PINHO; GALDINO, 2014).

De acordo com o estudo de Pinho e Galdino (2014), os principais critérios de avaliação dos inversores são: sua forma de onda; eficiência de conversão; e a potência consumida em *stand-by* (não é muito importante para SFCR). A forma de onda indica a qualidade e o custo do equipamento, influenciada pelo método de conversão e filtragem, que elimina harmônicos indesejáveis, que surgem no processo de conversão C.C – C.A. A eficiência em conversão depende, principalmente, da carga demandada. Sendo assim, deve-se ter cuidado na escolha de inversores, para os casos de demandas muito variáveis, pois a eficiência cai drasticamente quando o inversor opera fora da carga nominal. Para esses casos, inversores com alta eficiência em cargas parciais torna-se necessário. Para casos de demanda sem grandes variações, o bom dimensionamento de consumo é suficiente para garantir a eficiência do inversor. Para a escolha dos inversores em sistemas conectados, além dos critérios acima descritos, que tratam sobre o próprio inversor e sua interação com o sistema, deve-se atentar a critérios relacionados à rede como: tensão de entrada e saída, regulação de tensão, fator de potência, e compatibilidade eletromagnética.

2.6 SITUAÇÃO E AMBIENTE DO EMPREENDIMENTO

O empreendimento do presente estudo se situa no município de Feliz, localizado na base da serra gaúcha, a, aproximadamente, 45 km da cidade de Caxias do Sul; a, 50 km da cidade de Bento Gonçalves e a 85 km de Porto Alegre. O local apresenta clima ameno para maioria do ano, com dias mais quentes, durante o verão, e dias com temperaturas baixas, durante o inverno (classificado como clima subtropical Cfa). Feliz é um município pequeno, com área aproximada de 96 km² e população estimada em 12,5 mil habitantes, de acordo com censo (IBGE, 2010).

Sua economia é baseada na indústria calçadista e na agricultura. A empresa concessionária de energia elétrica da região é a RGE (Rio Grande Energia).

A edificação a ser revitalizada, que receberá o sistema de energia fotovoltaica, localiza-se na região rural do município. O terreno é arborizado e não muito acidentado. A edificação era utilizada como um estábulo e faz parte de um complexo onde serão realizados experimentos demonstrativos e pesquisas ligados à sustentabilidade; e atividades ligadas à educação ambiental. O projeto de revitalização pretende implementar um alojamento para estudantes e outros visitantes ao local, onde será oferecido serviços, como: dormitórios, cozinhas comunitárias e salas de estudos. Além da função de alojamento, a edificação está sendo projetada de modo a possibilitar que cursos e palestras sejam ministrados no local. A ideia da instalação de um sistema fotovoltaico reforça o viés sustentável do complexo e servirá, tanto como modelo, quanto como fonte de pesquisas para um público diverso.

2.7 CONCEITOS SOBRE A ANÁLISE ECONÔMICA

A análise econômica de sistemas fotovoltaicos é simples, os custos são basicamente os equipamentos do sistema e sua instalação. Após instalado, o sistema requer pouca atenção, necessitando apenas uma limpeza periódica. O consumo de energia elétrica é cobrado por quilowatt hora, então, o produto do empreendimento é a energia gerada, porém ela não pode ser vendida no mercado como um produto comum. Atualmente no Brasil, o sistema vigente, regulamentado pela ANEEL, é o *net metering*, que é o mútuo fornecimento de energia entre o produtor e a concessionária local. Isto é, enquanto o sistema estiver produzindo energia excedente da consumida no local, essa energia é injetada na rede da concessionária, da mesma forma, enquanto o produtor estiver consumindo mais energia do que produzindo, a concessionária injetará energia em sua rede. Sendo assim, a conta de luz do produtor será cobrada pela diferença entre a energia consumida e a energia produzida, porém, caso seja produzido mais energia do que consumido, o produtor não pode vender sua energia, ele apenas obtém créditos junto à concessionária, o que não é vantajoso do ponto de vista econômico. Ou seja, o ganho do sistema se dá na economia na conta de luz. Os principais critérios e fatores envolvidos na análise econômica são: orçamento do sistema, preço da tarifa sobre a energia, taxa de juros (para os casos em que o empreendimento é financiado), e os indicadores econômicos como o valor presente líquido (VPL), a taxa de retorno interna (TIR) e o tempo de retorno (*payback*).

O orçamento é parte crucial do trabalho, já que se torna inócuo o dimensionamento de um sistema, caso sua viabilidade econômica não seja possível. De acordo com Pinho e Galdino (2014), o custo dos módulos e do inversor representam, na média, metade do total do empreendimento, enquanto os demais elementos envolvidos como, projeto, instalação, materiais de fixação, cabos, manutenção, entre outros pequenos itens, representam a outra metade do custo. Sendo assim, a escolha adequada dos módulos e do inversor é crucial para a viabilidade econômica do sistema, uma vez que os outros elementos envolvidos tendem a não variar significativamente com a mudança de tecnologia empregada nos módulos e inversores.

A tarifa energética brasileira sofre oscilações, quando comparada ao valor da moeda, dependendo de políticas governamentais, fatores climáticos (como em anos de seca, já que o principal modal energético brasileiro é de hidroelétricas), aumento na demanda e investimentos em infraestrutura. Sendo assim, não é um valor de fácil previsão. Em função disso, é comum que se necessite simular cenários diferentes de aumento de tarifa, por exemplo: aumento de 5% a 10% ao ano. Sobre o preço da energia incidem impostos, como PIS, COFINS e o ICMS, que devem ser adicionados ao valor da tarifa cobrada pela concessionária.

A viabilidade econômica é atingida quando os custos de material, instalação, operação e manutenção são amortizados ao longo do tempo, dentro da vida útil do sistema, devido aos descontos de tarifa gerados pela produção de energia. A EPIA (2012) desenvolveu uma metodologia de avaliação econômica, baseada no conceito de custo de geração energética, que leva em consideração o investimento na compra e instalação do sistema; o valor presente dos custos de operação e manutenção, ao longo de sua vida útil; e o valor presente da energia gerada, durante seu tempo de operação. Tendo em mãos o valor de custo de geração de energia e comparando-o à tarifa da concessionária, é obtido uma estimativa de amortização do investimento. Para encontrar o tempo de retorno (*payback*), deve-se adotar valores de depreciação, taxa de retorno interno, investimento inicial e a estimativa de amortização acima referida. Realizar o cálculo para diferentes hipóteses de cenário do mercado ajuda a entender a sensibilidade do sistema frente a variações do mercado.

O valor presente líquido é um indicador econômico utilizado para avaliar se um empreendimento é economicamente viável ou não. Valores de VPL maiores que zero indicam um empreendimento lucrativo, enquanto valores de VPL menores que zero indicam que o

empreendimento não é viável economicamente. O cálculo do VPL é feito considerando os dados do fluxo de caixa, uma taxa de retorno adotada pelo investidor e um intervalo de tempo.

O *payback* é um indicador econômico que estima quanto tempo será necessário para que o empreendimento se pague. Isto é, considerando as mesmas variáveis e equações utilizadas para o cálculo do VPL, busca-se o período de tempo necessário para que o VPL seja maior que zero. No caso do presente estudo, significa que, a partir do ano indicado pelo *payback*, o empreendimento terá seu investimento quitado e passará a ser lucrativo.

A TIR é calculada utilizando a mesma fórmula do VPL, porém substituindo a variável que representa a taxa de retorno adotada pelo investidor, por uma taxa que faça o VPL ser igual a zero. O valor obtido deve ser maior ou igual ao adotado pelo investidor, de outra forma o empreendimento não terá o retorno desejado.

Como o empreendimento concebido neste trabalho foi considerado que seria financiado, partindo da hipótese que o investidor não possui o capital inicial para compra e instalação dos equipamentos, é necessário se estabeleça um tempo de financiamento e uma taxa de juros. O tempo de financiamento foi arbitrado e a taxa de juros foi calculada com base em valores da Selic, obtidas no site do governo federal (Ministério da Fazenda, 2017).

3 METODOLOGIA

A metodologia empregada neste trabalho está descrita neste capítulo. Estão apresentados os critérios e métodos utilizados na avaliação das condições para geração de energia solar fotovoltaica, bem como avaliados os níveis de incidência solar; orientação desejável para as placas, materiais constituintes e maneiras de avaliá-las; critérios para o cálculo econômico e os demais parâmetros envolvidos na análise. O capítulo é dividido em nove subseções:

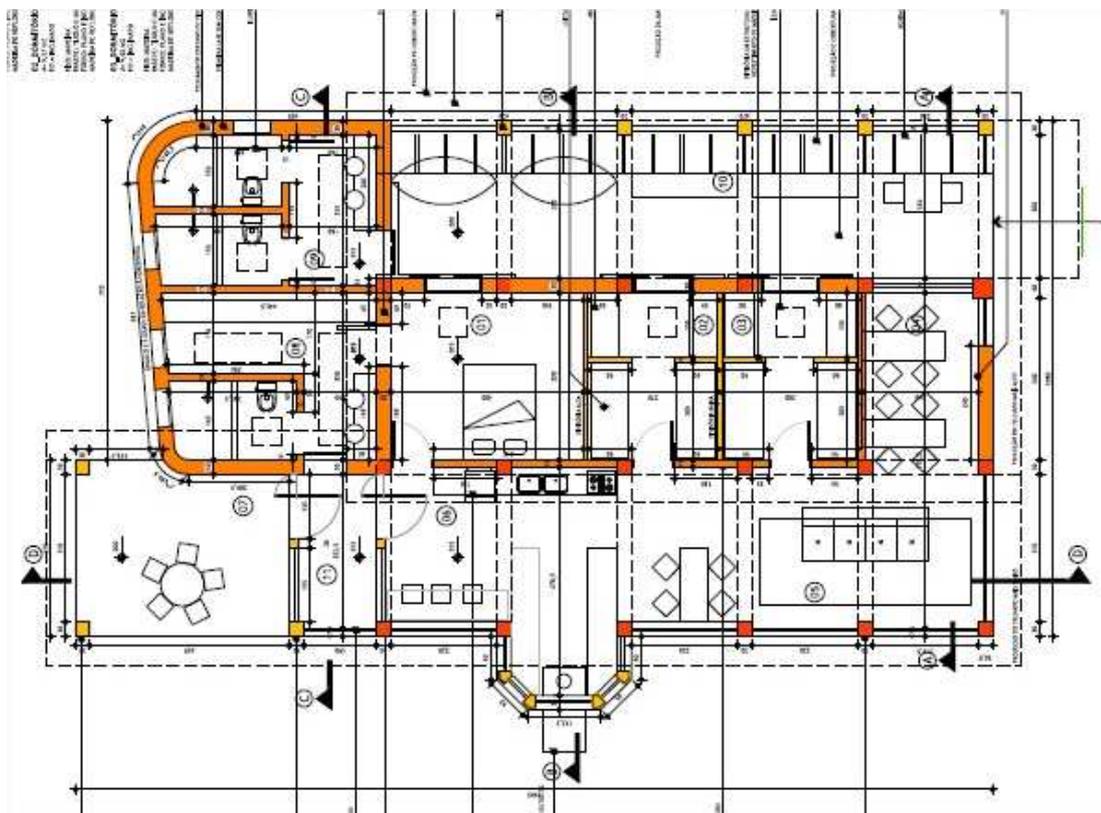
- A primeira apresenta o tratamento dos fatores geométricos e de localização.
- A segunda apresenta o tratamento dos dados da irradiação solar.
- A terceira versa sobre os fatores de desempenho e os critérios de segurança dos equipamentos do sistema (apenas os módulos e os inversores).

- A quarta aborda a análise dos arranjos de um sistema fotovoltaico.
- A quinta apresenta os métodos e equações utilizados no cálculo da energia produzida, bem como fatores de análise de desempenho do sistema.
- A sexta explica as considerações e critérios utilizados para a estimativa do consumo de energia elétrica do empreendimento.
- A sétima, oitava e nona subseções versam sobre os fatores econômicos, como orçamento do sistema, aspectos sobre a tarifa energética e indicadores da análise econômica.

3.1 ANÁLISE DOS FATORES GEOMÉTRICOS E DE LOCALIZAÇÃO

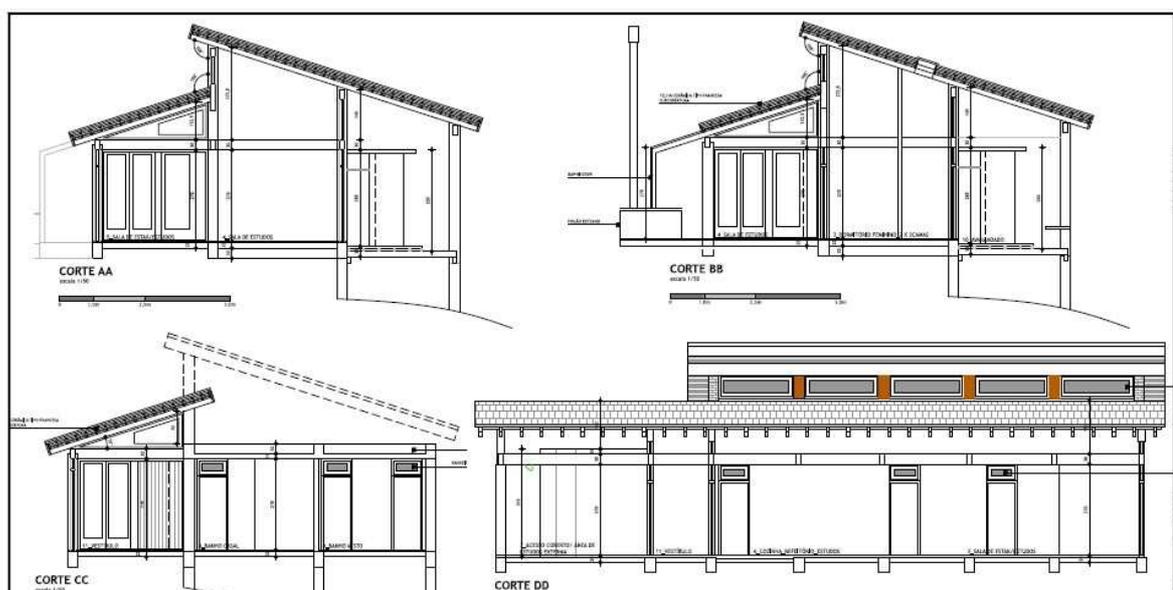
O estudo trata da revitalização de um prédio existente (antigo estábulo, hoje bastante comprometido em termos de sua estrutura) e que será regenerado. Como o projeto arquitetônico ainda não está finalizado, os cálculos serão realizados a partir das propostas atuais, fornecidas pela arquiteta responsável. A planta baixa e as vistas laterais do empreendimento estão em arquivo no formato pdf, em escala e com cotas. Foram exportados os arquivos para o formato dwg, de forma a facilitar medições. As dimensões do telhado foram medidas, sendo obtida a área disponível para instalação das placas. Abaixo estão as figuras 13 e 14, com planta baixa e corte, respectivamente, fornecidas pela arquiteta. As mesmas plantas estão em tamanho maior no Anexo C.

Figura 13 – Planta baixa do projeto arquitetônico do empreendimento



(fonte: trabalho não publicado)⁸

Figura 14 – Planta de corte do projeto arquitetônico do empreendimento



(fonte: trabalho não publicado)⁹

8 Desenho técnico fornecido pela arquiteta responsável

9 Desenho técnico fornecido pela arquiteta responsável

A orientação do telhado é fator da maior importância em projetos de sistemas fotovoltaicos. Neste trabalho foram usadas imagens do Google Earth PRO, para criar um polígono georreferenciado, a fim de obter o azimute da edificação, que é necessário para o cálculo da incidência solar. A figura 15 apresenta o polígono onde será reformada a estrutura original, de modo a constituir o novo prédio.

Figura 15 – Polígono da edificação feito no Google EarthPRO



(fonte: elaborada pelo autor)

3.2 ANÁLISE DOS FATORES CLIMÁTICOS E SOLARIMÉTRICOS

Como o autor não tem ao seu dispor dados da irradiação solar medidos no local do empreendimento, aproximações serão feitas através dos softwares Radiasol e Ecotect. Também foram consultadas as tabelas do Atlas Solar, que contém, para cada localidade, informações como: altitude, instrumento utilizado para medição, método de correlação (caso necessário) e período das medidas. Em adição a esses dados é informado a duração do dia, insolação diária, fração de insolação, desvio padrão da insolação, radiação solar global diária, desvio padrão da radiação solar global diária e total de dias com dados de radiação solar global diária (Tiba et al., 2000).

Com o auxílio dos softwares Ecotect e Revit foi possível modelar a edificação em escala real, atribuir aos elementos do modelo as características dos materiais construtivos envolvidos e

considerar os efeitos de sombreamento na modelagem. Com a modelagem adequada e utilizando os parâmetros corretos, o software elabora relatórios, tais como: estimativas de utilização de energia, potencial de energia a ser gerada, possível demanda de energia elétrica e relatórios de custos.

Complementando os dados obtidos com o Revit, foi utilizado o programa Radiasol, desenvolvido pelo laboratório de estudos solares (LABSOL), da UFRGS. Ele facilita o cálculo da intensidade de radiação solar em superfícies inclinadas, elaborado para ajudar na busca da orientação e inclinação ótima do sistema.

Todos os dados obtidos com os meios descritos previamente consideram os efeitos de sazonalidade do Sol. Devido à latitude do Rio Grande do Sul, o efeito de sazonalidade do Sol é de suma importância. Para que se obtenham dados mais fidedignos, pode-se simular o movimento do Sol, para diferentes períodos do ano.

Como o local tem muita área verde, poderá ocorrer a queda de folhas em cima das placas, requerendo uma limpeza periódica, a fim de evitar efeitos negativos da sujeira das placas. Em função disso, foi realizado um estudo sobre métodos de manutenção e limpeza das placas.

O relatório gerado pelo RadiaSol tem os valores de irradiação direta, difusa e de albedo e de temperatura para cada hora de um ano e está representado na tabela 2 abaixo. Para obter o valor da irradiação total de cada hora foi multiplicado o valor da irradiação direta por um fator que corrige a inclinação do raio solar direto e somou-se com as parcelas da irradiação difusa e de albedo. A equação utilizada para tal cálculo está representada abaixo:

$$I_h = I_{\text{direta}} * \theta + I_{\text{difusa}} + I_{\text{albedo}} \quad (\text{equação 1})$$

Sendo:

I_h = irradiação para cada hora, medida em [W/m²];

I_{direta} = irradiação direta para cada hora, medida em [W/m²];

I_{difusa} = irradiação difusa para cada hora, medida em [W/m²];

I_{albedo} = irradiação albedo para cada hora, medida em [W/m²];

θ = fator correção para o ângulo do raio solar direto;

Tabela 2 – Relatório RadiaSol

Num_anos=1		Nome=Caxias do Sul			Azimute=110	Inclinação=18	Latitude=-29,17	Longitude=51,2
Year	Month	Day	Hour	θ	Temp*10	TiltDIR	TiltDIF	TiltAlb
1	1	1	0	0	170	0	0	0
1	1	1	1	0	167	0	0	0
1	1	1	2	0	162	0	0	0
1	1	1	3	0	155	0	0	0
1	1	1	4	0	155	0	0	0
1	1	1	5	0,8194928	152	29	59	0
1	1	1	6	0,9355604	165	226	149	1
1	1	1	7	0,977419	186	101	285	2
1	1	1	8	0,9928545	200	561	217	3
1	1	1	9	0,9985887	228	408	362	3
1	1	1	10	1	236	713	239	4
1	1	1	11	0,9993368	252	110	516	3
1	1	1	12	0,9950378	239	546	289	4
1	1	1	13	0,9832416	257	93	447	3
1	1	1	14	0,9514951	236	404	202	4
1	1	1	15	0,8636863	248	159	256	3
1	1	1	16	0,6279836	239	126	141	2
1	1	1	17	0,1406517	225	4	121	1
1	1	1	18	0,4034457	214	0	37	0
1	1	1	19	0	199	0	0	0
1	1	1	20	0	196	0	0	0
1	1	1	21	0	185	0	0	0
1	1	1	22	0	183	0	0	0
1	1	1	23	0	181	0	0	0
1	1	2	0	0	181	0	0	0

(fonte: elaborada pelo autor)

3.3 ANÁLISE DOS MATERIAIS EMPREGADOS

3.3.1 Placas Fotovoltaicas

Para analisar as perdas ocorridas nas placas fotovoltaicas, o autor utilizou uma planilha de cálculo obtida no curso de dimensionamento de sistemas fotovoltaicos, realizado no SENGERRS (AGULLO, 2016). Nela são consideradas as seguintes perdas: por variabilidade na irradiância solar; por sujidade das placas; por mismatch do sistema elétrico; perdas ocorridas nos cabos com corrente C-C e nos cabos com corrente C-A; e perdas ocorridas no inversor. A perda por sombreamento foi calculada através da criação de uma máscara de sombreamento no modelo criado no Ecotect. O software analisa a geometria, orientação e localidade do sistema, para simular o sombreamento nas placas e gera um relatório informando um coeficiente de sombreamento médio, para cada mês. Como não se tinha dados precisos do ambiente externo à edificação, arbitrou-se que haveria uma árvore de 25 metros relativamente próxima à edificação, localizada de forma que sua sombra se projete nas placas. As equações utilizadas

para o cálculo do fator de perda por temperatura e o fator de perda total (PR) estão descritas abaixo:

$$t_{cél} = t_{amb} + [(t_{NOCT} - 20) / G_{NOCT}] * I_h \quad (\text{equação 2})$$

$$Fp_4 = (t_{cél} - 25) * \alpha_t \quad (\text{equação 3})$$

$$PR = Fp_1 * Fp_2 * Fp_3 * Fp_4 * Fp_5 * Fp_6 * Fp_7 * Fp_8 \quad (\text{equação 4})$$

Sendo,

Fp_4 = fator de perda por temperatura, calculado utilizando a temperatura e irradiação para cada hora [%];

α_t = coeficiente de perda por temperatura, obtido na ficha técnica da placa fotovoltaica [%/°C];

$t_{cél}$ = temperatura de operação das placas [°C];

t_{amb} = temperatura do ambiente [°C];

I_h = irradiação total horária [W/m²];

t_{NOCT} = temperatura da célula para condições de operação padrão, obtida na ficha técnica da placa fotovoltaica [°C];

G_{NOCT} = irradiância para condições de operação padrão (= 800 W/m²);

PR = fator de perda do sistema fotovoltaico [%];

Fp_1 = perda decorrida do sombreamento das placas, obtida pelo Ecotect [%];

Fp_2 = perda decorrida do nível de sujidade das placas [%];

Fp_3 = perda decorrida do mismatch que ocorre no sistema elétrico [%];

Fp_4 = perda por temperatura [%];

Fp_5 = perda ocorrida nos cabos de corrente contínua [%];

Fp_6 = perda ocorrida nos cabos de corrente alternada [%];

Fp_7 = perdas ocorridas no inversor [%];

Fp_8 = perdas ocorridas pela variabilidade do nível de irradiância solar [%];

Somente os fatores de sombreamento e temperatura foram calculados a partir das condições de contorno do sistema em questão. Para avaliar os demais fatores listados acima, buscou-se na literatura (PINHO; GALDINO, 2014); e, no material obtido pelo autor, ao realizar o curso de energia fotovoltaica, ministrado pelo SENGE (AGULLO, 2016); seus valores usuais: 2% - 3%, para o nível de sujidade; 0,5% - 1,5%, para mismatch; 0,5% - 1,5% nos cabos C-C; 0,5% - 1,5% nos cabos C-A; e 2% - 3%, para a incerteza dos dados de irradiância solar. O fator de perda que ocorre no inversor é obtido na ficha técnica do mesmo.

3.3.2 Inversores

Os critérios de escolha para o inversor utilizado no sistema do presente trabalho foram as tensões e correntes máximas de operação; a comparação entre a potência máxima instalada do sistema com a potência nominal do inversor; e seu fator de rendimento. Esses dados foram obtidos na ficha técnica dos inversores pré-selecionados.

3.4 ANÁLISE DO ARRANJO DO SISTEMA

A análise do arranjo do sistema foi feita somando a tensão das placas, para cada ramo, e comparando com a tensão máxima suportada pelo inversor, enquanto a corrente de cada *string* é comparada com a corrente máxima suportada pelo inversor, para cada *string*. As características dos módulos como a corrente e tensão de máxima potência, a corrente de curto circuito e a tensão de circuito aberto foram consideradas para os valores STC, já que dificilmente esses valores serão ultrapassados.

3.5 ANÁLISE DA PRODUÇÃO ENERGÉTICA

A estimativa de geração do sistema é calculada considerando o número de módulos, multiplicando-o: pela potência STC da placa; pela razão entre a irradiância incidente e o valor STC da irradiância padrão, e os fatores de perda do sistema. A estimativa de geração energética do sistema é expressa em kWh/ano. Conforme dito anteriormente, o *yeld* é calculado pela razão entre a energia produzida no ano e a potência instalada do sistema, e o fator de capacidade (FC) é a razão do *yeld* e o número de horas em um ano.

Para o cálculo dos fatores acima descritos, utilizou-se uma planilha no LibreOffice Calc, onde foi programada uma rotina de cálculos que utilizam as equações escritas abaixo:

$$E_h = (I_h / G^{STC}) * N_p * P^{STC} * PR \quad (\text{equação 5})$$

$$E_{dia}^j = \sum E_h^i \quad (\text{equação 6})$$

$$E_{mês}^k = \sum E_{dia}^j \quad (\text{equação 7})$$

$$E_{ano} = \sum E_{mês}^k \quad (\text{equação 8})$$

$$P_{inst} = P^{STC} * N_p \quad (\text{equação 9})$$

$$Y = E_{ano} / P_{inst} \quad (\text{equação 10})$$

$$FC = Y / 8760 \quad (\text{equação 11})$$

Sendo,

E_h = energia produzida na hora em análise, medida em [kWh];

$E_{mês}$ = energia produzida no mês em análise, medida em [kWh];

I_h = irradiação total recebida pelas placas fotovoltaicas para a hora em análise, medida em [kWh/m²];

G^{STC} = irradiância para condições padrão de teste, medida em [kW/m²];

N_p = nº de placas utilizadas, medido em [unidades];

P^{STC} = potência máxima da placa sob condições de teste, medida em [kWp];

PR = fator de desempenho da placa (*Performance Ratio*). Leva em consideração as perdas que ocorrem no sistema, medido em [%];

P_{inst} = potência instalada do sistema, medido em [kWp];

Y = *yeld*, medido em [kWh/kWp];

E_{ano} = energia total gerada no ano, medida em [kWh];

FC = fator de capacidade do sistema, medido em [%];

O coeficiente 8.760 representa o número de horas em um ano;

3.6 ANÁLISE DA DEMANDA ENERGÉTICA

No dimensionamento de sistemas integrados à rede, caso ele gere mais energia do que a demanda própria, o proprietário ficará com créditos junto à concessionária. Isso pode não ser vantajoso, sendo considerado como um sistema superdimensionado. Em função disso, ao dimensioná-lo, deve-se buscar níveis de geração um pouco abaixo da demanda média. Desta forma, o proprietário obterá grandes descontos na tarifa energética e não será necessário o manejo de seus créditos de energia.

A demanda será dimensionada seguindo critérios do RIC, da CEEE, que é válido para a maioria das concessionárias do Rio Grande do Sul, aliados aos da ABNT NBR 5410:2004, com intuito de aproximar o trabalho da realidade do local de estudo. Como durante o desenvolvimento do trabalho, tanto o projeto arquitetônico, como o de instalações elétricas ainda não era o definitivo, foram adotados valores de cargas baseados nas plantas então disponíveis. Com dados de área, perímetro e função de ocupação da área, a norma NBR 5410:2004 sugere valores a serem adotados. Por exemplo, caso não tenha sido definido quantos pontos de iluminação determinada área terá, a norma recomenda que cada aposento maior do que 6 m² tenha uma lâmpada de 100 VA, mais uma lâmpada de 60 VA para cada 4 m² adicionais. Há regras, dessa forma, para tomadas, entre outras sugestões para previsão de carga (ABNT NBR 5410:2004). Utilizou-se dados da tabela fornecida por Pinho e Galdino (2014), que indicam estimativas de consumo energético para equipamentos especiais, como computadores, eletrodomésticos e chuveiro elétrico. Adotou-se um fator de potência para transformar o consumo energético da iluminação e das tomadas, uma vez que são obtidos em VA e devem ser transformados para Watts. O autor elaborou uma planilha para o cálculo do consumo mensal, que será explicada no capítulo que versa sobre o dimensionamento do sistema, nela são somadas as diferentes

cargas, considerando seus fatores de potência e estipulando um número de horas de uso por dia, para cada carga, obtendo a estimativa do consumo mensal do empreendimento.

3.7 ORÇAMENTO DO SISTEMA

Os custos envolvidos na implementação de um sistema fotovoltaico a serem considerados são: custo de projeto, dos materiais, da mão de obra e da manutenção. Todos foram estimados de acordo com a bibliografia pesquisada, ou com pesquisa real de mercado. Gastos relacionados com manutenção, normalmente, não costumam ser expressivos, uma vez que o procedimento é baseado na limpeza das placas, sendo uma prática efetiva, tanto para o aumento do rendimento, quanto para prevenção de possível queima dos módulos. Além disso, o empreendimento não é de grande porte e o acesso à cobertura não apresentará dificuldades. O autor entende que uma limpeza mensal do sistema é suficiente para sua manutenção e avaliou o custo em cinquenta reais mensais.

3.8 ANÁLISE DA TARIFA SOBRE O CONSUMO DE ENERGIA

O valor da tarifa, sem impostos, foi retirado do site da RGE, assim como uma tabela indicando a porcentagem dos impostos cobrados sobre a energia, para cada mês, de 2016. Calculou-se, então, um valor de tarifa, para cada mês, de 2016 e utilizou-se a média desses valores para a simulação elaborada neste trabalho. Para o reajuste da tarifa foi considerado um aumento fixo anual de 8%. A tabela 3, abaixo, representa o cálculo da tarifa acima descrito.

Tabela 3 – Cálculo da tarifa energética

Preço Tarifa [R\$/kWh]	Sem Impostos R\$ 0,47	Média Anual Tarifa Com Impostos R\$ 0,64		
	Aliquotas			
Mês	PIS/PASEP	COFINS	ICMS	Tarifa Com Impostos
Dezembro	0,94%	4,33%	30,00%	R\$ 0,64
Novembro	1,21%	5,58%	30,00%	R\$ 0,64
Outubro	1,36%	6,27%	30,00%	R\$ 0,65
Setembro	1,19%	5,50%	30,00%	R\$ 0,64
Agosto	1,29%	5,95%	30,00%	R\$ 0,65
Julho	1,27%	5,84%	30,00%	R\$ 0,64
Junho	1,19%	5,48%	30,00%	R\$ 0,64
Mai	1,29%	5,93%	30,00%	R\$ 0,64
Abril	1,11%	5,11%	30,00%	R\$ 0,64
Março	1,17%	5,40%	30,00%	R\$ 0,64
Fevereiro	0,97%	4,45%	30,00%	R\$ 0,64
Janeiro	1,10%	5,06%	30,00%	R\$ 0,64

(fonte: autoria própria)

3.9 INDICADORES ECONÔMICOS E FINANCIAMENTO

3.9.1 Valor Presente Líquido (VPL), Taxa de Retorno Interna (TIR) e *Payback*

Para o presente trabalho, o fluxo de caixa de um ano 'n' é igual à soma do fluxo de caixa do ano 'n-1', com a economia gerada pelo abatimento da conta de luz do ano 'n'. Para o ano zero o fluxo de caixa é o valor de investimento no sistema fotovoltaico (custo de materiais, projeto e instalação). A economia gerada é a diferença entre a conta de luz para o ano 'n' e a energia produzida, multiplicada pela tarifa energética. Caso o empreendimento seja financiado, as parcelas devem ser inclusas no cálculo do fluxo de caixa. O autor elaborou uma planilha, que será abordada no capítulo de dimensionamento, para calcular valores de VPL, para cada ano, utilizando a equação descrita abaixo:

$$VPL = R_0 + (R_1/((1+i)^1)) + (R_2/((1+i)^2)) + (R_3/((1+i)^3)) + \dots + (R_n/((1+i)^n)) \text{ (equação 12)}$$

Sendo,

VPL = valor presente líquido para o ano 'n' em questão [R\$];

R_0 = investimento inicial do empreendimento, ou seja, os gastos com material, projeto e instalação [R\$];

R_n = fluxo de caixa calculado para o ano 'n', onde o fluxo de caixa do ano 'n' é a soma entre o fluxo de caixa do ano 'n-1', somado com a economia do ano 'n' [R\$];

i = taxa de retorno adotada pelo investidor [%];

Tanto o cálculo da TIR quanto do *payback* utiliza a mesma equação do VPL. Para a TIR, calcula-se a taxa de retorno que zere o VPL para determinado ano, já para o *payback*, calcula-se em qual ano o VPL será maior que zero.

3.9.2 Financiamento

A planilha de análise econômica elaborada pelo presente autor possibilita que se simule o financiamento do empreendimento, já que o investimento inicial pode ser maior que o capital

disponível pelo investidor. Sendo assim, a planilha possibilita a análise financeira, considerando que o empreendimento será financiado em 10, 15 e 20 anos, além da hipótese sem financiamento. Tais financiamentos consideram a fração do investimento a ser financiada e a taxa de juros adotada. O método considera todas as parcelas com o mesmo valor, sendo o valor financiado dividido pelo número de anos adotado pelo financiamento. A taxa de juros foi calculada com base em valores da Selic, obtidas no site do governo federal (Ministério da Fazenda, 2017).

4. DIMENSIONAMENTO

Foi realizado um dimensionamento básico do sistema, que consiste em uma primeira hipótese, calculando-se o sistema para características fixas arbitradas pelo autor e limitadas pelas condições de contorno do empreendimento, levando a um resultado único, que representa apenas uma possibilidade dentro de um universo de diferentes cenários. Sendo assim, após este primeiro dimensionamento, o capítulo seguinte abordará a comparação da hipótese do autor com diversos cenários, variando algumas características do empreendimento. O dimensionamento e simulação do sistema fotovoltaico presente neste estudo parte dos seguintes dados de entrada: modelo da placa fotovoltaica, número de placas em cada água, número de inversores; custos com projeto, instalação, material e documentação; tarifa inicial, taxa de aumento anual da tarifa; tempo de financiamento, proporção financiada, taxa de juros, taxa de desconto adotada pelo investidor; orientação, inclinação, latitude e longitude das placas fotovoltaicas. E os principais resultados analisados são: energia consumida, energia produzida, potência instalada, *yeld*, PR, fator de capacidade, VPL, TIR, *payback* e área total das placas fotovoltaicas. As tabelas 4 e 5, abaixo, apresentam os dados de entrada e saída da simulação descrita neste capítulo, que foram obtidos e via pesquisa, modelos no Revit, Ecotect, RadiSol e posteriormente tratados.

Tabela 4 – Resumo dados de entrada da simulação do sistema

DADOS DE ENTRADA		
Equipamentos do Sistema	Modelo da Placa Fotovoltaica	CS6P-260
	Nº Placas – Água Leste	18 <u>unid.</u>
	Nº Placas – Água Oeste	18 <u>unid.</u>
	Modelo do Inversor	Fronius IG Plus 60V-2
Orçamento do Sistema	Nº Inversores –	2 <u>unid.</u>
	Projeto	R\$ 4.000,00
	Instalação	R\$ 2.000,00
	Documentação	R\$ 500,00
	O&M (mensal)	R\$ 50,00
	O&M (anual)	R\$ 600,00
	Custo Placas	R\$ 21.375,00
	Custo Inversores	R\$ 10.560,00
Consumo de Energia e Tarifa Energética	Custo Total	R\$ 38.435,00
	Custo Energia conv.	0,64 R\$/kW
	Taxa incremento tarifa	8,00%
	Taxa Aumento Cons. Energia	0,05%
Fatores Econômicos	Consumo Energético Inicial	15.234,48 kW
	Taxa de Desconto VPL	7,50%
	Tempo de Financiamento	15 ANOS
	Taxa Juros	13,21%
Fatores de localização	Azimute	110°
	Inclinação	18°
	Latitude	-29.43°
	Longitude	-51.30°

(fonte: autoria própria)

Tabela 5 – Resumo dados de saída da simulação do sistema

DADOS DE SAÍDA		
Fatores referentes à energia gerada pelo sistema	Energia Consumida	15.234,48 kW
	Energia Produzida	10.287,35 <u>Kw</u>
	Fração Prod./Cons.	67,53%
	Pot. Instalada	9.360,00 <u>Wp</u>
	Yf	1.099,08 kWh / <u>kWp</u>
	PR (sem contar perdas por sombreamento)	85,42%
	FC	12,55%
Fatores Econômicos	VPL – 5 anos	-R\$ 133.063,17
	VPL – 10 anos	-R\$ 125.943,14
	VPL – 15 anos	-R\$ 56.616,84
	VPL – 20 anos	R\$ 74.831,63
	VPL – 25 anos	R\$ 287.078,09
	TIR – 15 anos	2,37%
	TIR – 20 anos	10,85%
TIR – 25 anos	14,77%	
Fatores Geométricos	Payback	18 anos
	Área das placas da água Leste	28,95 m ²
	Área das placas da água Oeste	28,95 m ²
	Área total das placas fotovoltaicas	57,91 m ²

(fonte: autoria própria)

4.1 MODELO FÍSICO DA EDIFICAÇÃO E CÁLCULO DOS FATORES CLIMÁTICOS E SOLARIMÉTRICOS

Conforme já descrito, o presente estudo modelou o projeto utilizando o AutoCAD, Revit e Ecotect, onde foram inseridos os elementos construtivos com as dimensões e características descritas nas plantas baixas. O sistema será instalado nas duas águas do telhado. A área de potencial uso foi avaliada em 112,6 m², para água voltada para o leste; e 56,3 m², para água voltada para o oeste. A figura 16 apresenta o layout que foi simulado.

Figura 16 – Modelo do empreendimento elaborado no software Revit



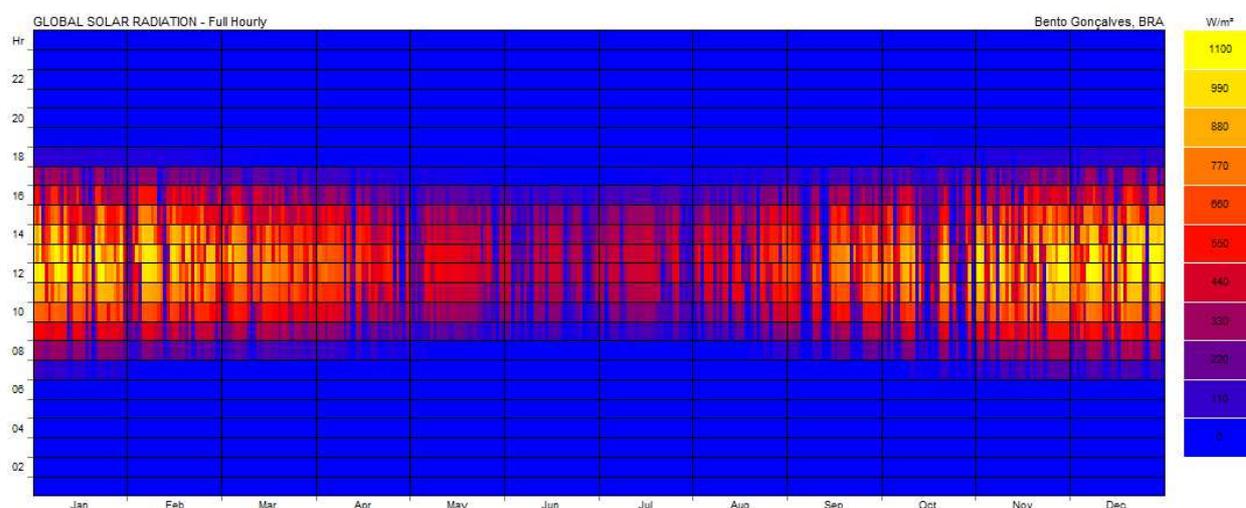
(fonte: elaborada pelo autor)

Com o modelo físico e o georreferenciamento pronto, foi feita a análise da exposição solar, que provou que a orientação da edificação não é boa, com as placas voltadas para o leste (azimute calculado em 110°), enquanto a orientação ótima seria voltada para o norte (azimute zero). Como o projeto não permite que seja alterada a orientação do telhado e inclinar as placas geraria sombreamento e traria uma estética ruim para o empreendimento, o modelo optou por utilizar placas acompanhando a inclinação de 18° do telhado. A água voltada para o oeste tem poucas horas de exposição solar direta e alto índice de sombreamento, devido ao desenho do telhado. Decidiu-se utilizar as placas com seu lado maior paralelo ao lado maior do telhado, garantindo melhor insolação.

Para análise da exposição solar no Ecotect são necessários 3 passos: modelo físico, carregamento dos dados climáticos e simulação de sombreamento. Como não foi encontrado arquivo de dados climáticos para o município de Feliz, usou-se arquivo com dados do município de Bento Gonçalves, situado na mesma região. Isto pode causar pequenas distorções nos resultados, mas não há grande influência no resultado final. Sabendo que a região tem alta densidade de árvores altas e que o autor não tem dados para inseri-las de forma precisa no modelo, optou-se por colocar apenas uma árvore de grande porte, com sua sombra incidindo no telhado. Caso o presente projeto seja executado, árvores que façam sombra no telhado devem ser transplantadas, podadas ou removidas.

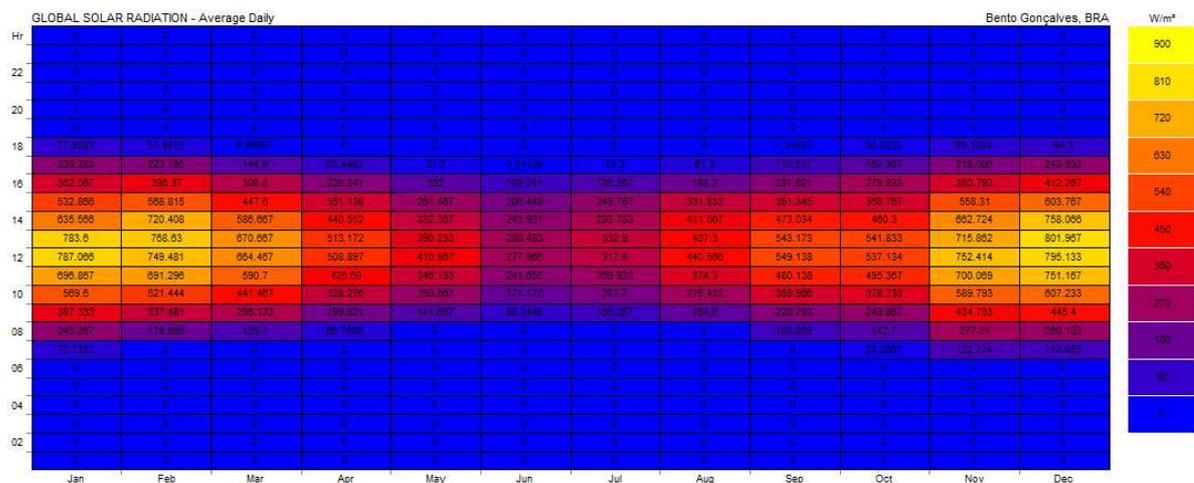
A análise da exposição solar e sombreamento oferecem três métodos de cálculo: um, considerando a irradiação média de um dia igual para todos os dias do mês; outro, considerando a irradiação média diária de cada dia; e o terceiro, considerando as médias horárias diárias. Como os três métodos apresentam valores relativamente semelhantes, o autor utilizou os dois últimos, por terem maior acurácia. Os gráficos presentes nas figuras 17 e 18, abaixo, foram gerados pelo próprio Ecotect e ilustram a diferença entre os dois métodos, evidenciando que, em termos gerais, não há grande diferença. Sendo assim, optou-se pelo método de irradiação diária de cada dia, pois a variabilidade do método mais preciso dificulta nas posteriores análises. Dados de sombreamento e insolação diária para dias críticos (mais quente, mais frio, maior insolação, menor insolação) estão contidos no Apêndice B.

Figura 17 – Gráfico das irradiâncias médias horárias para cada mês considerando dados horários simulado no software Ecotect (fonte: elaborada pelo autor)



(fonte: elaborada pelo autor)

Figura 18 – Gráfico das irradiâncias médias horárias para cada mês considerando as médias diárias simulado no software Ecotect

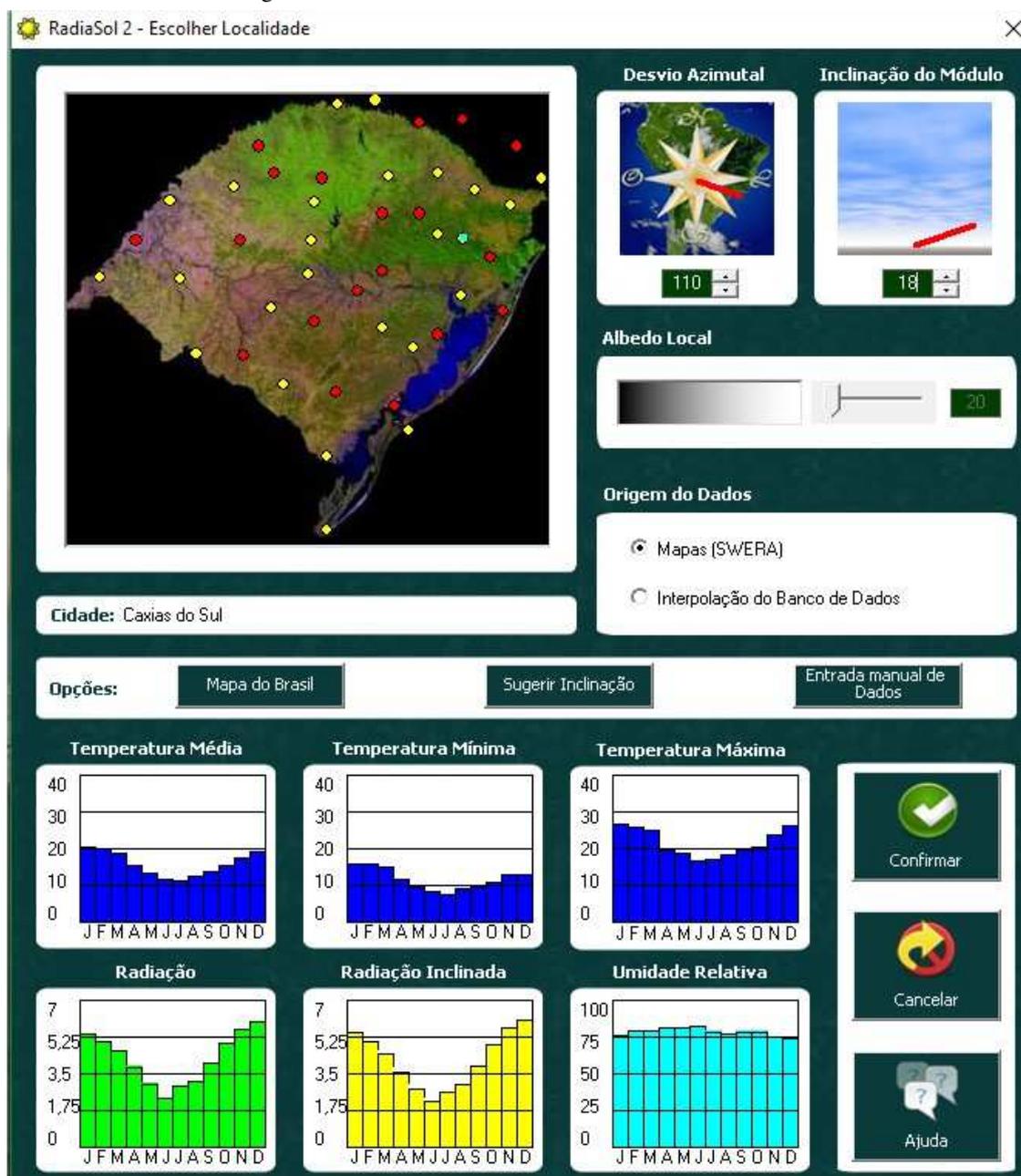


(fonte: elaborada pelo autor)

Devido à orientação desfavorável da edificação, nota-se os baixos valores para períodos após 14 horas, para o ano todo, e baixos valores para os meses de Junho e Julho.

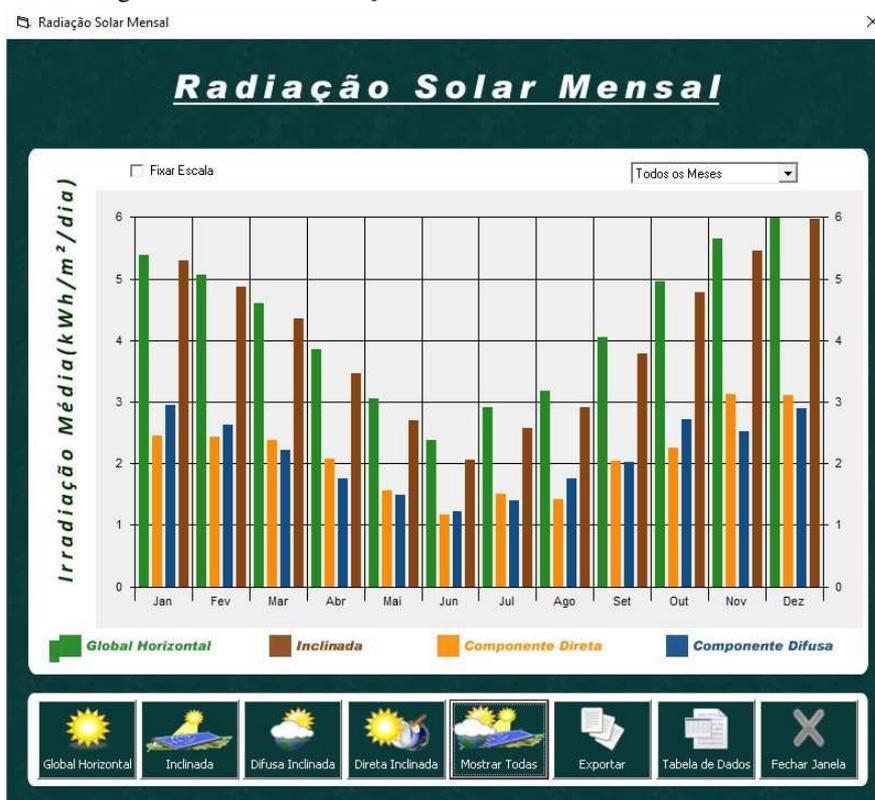
A fim de comparar os dados obtidos com o Ecotect, utilizou-se o RadiaSol que, em linhas gerais, faz análise semelhante a do Ecotect, porém com dados de Caxias do Sul. O autor optou por utilizar os valores obtidos no RadiaSol para os cálculos do dimensionamento do sistema. A decisão foi tomada por considerar que, pelo fato do RadiaSol ter sido elaborado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, deva ter havido acesso a melhores dados do estado do Rio Grande do Sul e maior familiaridade com a região. As figuras 19, 20 e 21 abaixo ilustram a plataforma do RadiaSol, o gráfico da irradiação solar e uma tabela com seus valores. Os dados obtidos, hora a hora, foram exportados para o LibreOffice e são apresentados no Apêndice A.

Figura 19 – Ambiente de trabalho do software RadiaSol



(fonte: elaborada pelo autor)

Figura 20 – Gráfico radiação solar mensal obtida com o RadiaSol



(fonte: elaborada pelo autor)

Figura 21 – Tabelas para irradiação média obtidas com o RadiaSol

Tabela de Dados

Irradiação Média (kWh/m²/dia)

Mês	Global	Direta	Difusa	Inclinada
1	5,38	2,32	2,97	5,3
2	5,07	2,25	2,61	4,87
3	4,6	2,17	2,16	4,35
4	3,85	1,78	1,67	3,47
5	3,05	1,27	1,41	2,69
6	2,38	0,92	1,14	2,06
7	2,91	1,25	1,32	2,57
8	3,18	1,22	1,67	2,91
9	4,05	1,82	1,94	3,78
10	4,96	2,07	2,69	4,78
11	5,66	2,94	2,49	5,45

Irradiâncias Médias (W/m²)

Mês	Hora	Global	Direta	Difusa	Inclinada
1	4	0	0	0	0
1	5	30	25	39	63
1	6	138	76	124	201
1	7	292	165	213	379
1	8	355	166	255	423
1	9	549	285	334	621
1	10	629	318	353	674
1	11	687	349	340	691
1	12	688	324	324	651
1	13	610	238	305	546
1	14	539	197	244	443

(fonte: elaborada pelo autor)

4.2 SISTEMA FOTOVOLTAICO

4.2.1 Cálculo da energia consumida

De acordo com o descrito no capítulo da metodologia, o cálculo da demanda foi baseado na norma ABNT NBR 5410:2004 e no RIC (CEEE), além de uma tabela fornecida por Pinho e Galdino (2014), que indica valores de consumo para alguns equipamentos especiais, como geladeiras e computadores. O autor usou o software LibreOffice Calc para fazer uma planilha com rotinas de cálculo que auxiliam no processo de cálculo da demanda energética. As tabelas 6 e 7, ilustradas abaixo, representam parte da planilha do cálculo do consumo energético e, o consumo de equipamentos específicos, respectivamente.

Tabela 6 – Parte da planilha de cálculo utilizada para estimar o consumo mensal energético do empreendimento

Dependência	Dimensões				PONTOS DE ILUMINAÇÃO					TOMADAS DE USO GERAL				
	L1(m)	L2(m)	Área (m ²)	Perímetro(m)	Cálculo Nº Pts	Nº de pontos	Potência Unitária (W)	Numero de Horas Estimadas de Consumo (horas / dia)	Energia Gasta Mensal (Wh)	Nº de pontos (min)	Cálculo Nº Pts	Nº de pontos	Potência Unitária (VA)	Potência Total (VA)
DORMITÓRIO CASAL 01	4,0	3,5	14,0	15,0	14 = 6 + 4 + 4	3,0	220,0	5,0	33.000,00	4,0	15 = 5 + 5 + 5	3,0	600,0	2400,0
DORMITÓRIO FEMININO 02	3,5	2,7	9,5	12,4	9,5 = 6 + 3,5	2,0	160,0	5,0	24.000,00	1,0	12,4 = 5 + 5 + 2,4	3,0	600,0	600,0
DORMITÓRIO MASCULINO 03	3,5	2,8	9,7	12,5	9,7 = 6 + 3,7	2,0	160,0	5,0	24.000,00	4,0	12,5 = 5 + 5 + 2,5	3,0	600,0	2000,0
SALA DE ESTUDOS 04	3,5	2,4	8,4	11,8	8,4 = 6 + 2,4	2,0	160,0	7,0	33.600,00	3,0	11,8 = 5 + 5 + 1,8	4,0	600,0	2400,0
SALA DE ESTAR/ESTUDOS 05	7,6	3,2	24,3	21,6	24,3 = 6 + 4 + 4 + 4 + 4 + 2,3	6,0	400,0	7,0	84.000,00	4,0	21,6 = 5 + 5 + 5 + 5 + 1,6	5,0	800,0	2000,0
COZINHA/REFEITÓRIO/ESTUDOS 06	7,0	3,0	21,0	20,0	menor igual a 6m ²	2,0	160,0	10,0	48.000,00	1,0	menor que 6m ²	5,0	600,0	600,0
ACESSO COBERTO/ÁREA ESTUDOS EXT 07	4,2	3,7	15,4	15,7	15,4 = 6 + 4 + 4 + 1,4	4,0	280,0	6,0	50.400,00		15,7 = 5 + 5 + 5 + 0,7	3,0	800,0	1800,0

(fonte: elaborada pelo autor)

Tabela 7 – Equipamentos especiais – Dados de consumo energético e frequência de uso

Eletrodomésticos	Potencia Média (Watts)	Numero de dias de uso/mês	Tempo médio de uso por dia	Consumo Mensal (kwh)
Ar-Condicionado	4000	30	2 horas	240
*Freezer	400	30	10 horas	120
*Geladeira	200	30	10 horas	60
Torneira Elétrica	3500	30	30 minutos	52,5
Secadora de Roupas	3500	12	1 hora	42
Lava-Louça	1500	30	40 minutos	30
Cafeteira Elétrica	1000	30	30 minutos	15
Computador	250	30	2 horas	15
Forno a resistência	1500	20	30 minutos	15
Lâmpada Incandescente	100	30	5 horas	15
**Chuveiro Elétrico	3500	30	8 minutos	14
TV	90	30	5 horas	13,5
Forno Microondas	1300	30	20 minutos	13
Ferro Elétrico	1000	12	1 hora	12
Ventilador	100	30	4 horas	12
Lavadora de Roupas	1500	12	30 minutos	9
Rádio-Relógio	8	30	24 horas	5,76
Aspirador de Pó	1000	15	20 minutos	5
Torradeira	800	30	10 minutos	4
Secador de Cabelo	700	10	30 minutos	3,5
Secretária Eletrônica	4	30	24 horas	2,88
Vídeocassete	25	15	2 horas	0,75
Aparelho de Som	20	15	2 horas	0,6
Fonte: Light Serviços de Eletricidade S/A				
* O tempo médio de 10 horas diárias p/ geladeira e freezer refere-se ao período em que o compressor fica ligado p/manter o interior na temperatura desejada.				
** Considerando um banho diário de oito minutos.				
∴ Para saber o consumo em quilowatts/hora de seus eletrodomésticos verifique qual a potencia de cada um deles em watts(W), divida por 1000 e multiplique pelo numero de dias e pelo tempo médio de uso diário.				

(fonte: PINHO; GALDINO, 2014)

Aplicando a metodologia descrita no capítulo 3.4.2 calculou-se que o empreendimento terá: 38 pontos de luz consumindo 479,40 kWh/mês; 42 pontos de tomada de uso geral consumindo 451,62 kWh/mês; 12 equipamentos especiais (computadores, eletrodomésticos e chuveiro elétrico) consumindo 338,52 kWh/mês. A soma resulta em um consumo mensal de 1.269,54 kWh/mês, o que significa 15.234,48 kWh/ano. Além da estimativa de consumo energético, o presente estudo considerou um aumento no consumo anual, de 0,05% ao ano. Conforme referido anteriormente, entende-se que o avanço tecnológico tende a aumentar o consumo energético. Detalhes do cálculo do consumo energético estão conditos no Apêndice C.

4.2.2 Cálculo da energia gerada

O cálculo da potência e da energia do projeto parte da análise do consumo de energia. Não é interessante, do ponto de vista do investidor, gerar mais energia do que a consumida anualmente, porque em casos com consumo relativamente estável, a tendência é o sistema manter o superávit e não conseguir gastar todos os créditos, que possuem prazo de validade. A exceção é para os casos em que haja previsão de expansão, ou quando os proprietários com

mais de um imóvel, que pretendam utilizar o superávit na conta de luz de seu outro imóvel, registrado em seu CPF ou CNPJ.

As equações descritas no capítulo 3 foram utilizadas na elaboração de uma rotina de cálculo. Variando a quantidade e o modelo dos equipamentos do sistema, foram obtidos diversos valores de produção e seus respectivos indicadores. Organizou-se os resultados obtidos mês a mês em duas tabelas, uma para cada água, informando: a irradiância máxima; temperatura do ambiente e da célula máxima; e produção de energia do sistema. Os demais fatores de análise do sistema foram organizados em outra tabela. As tabelas 8,9 e 10, referidas acima, estão ilustradas abaixo.

Tabela 8 – Resumo do cálculo da produção energética mensal – para o arranjo na água leste

LESTE				
	Irradiância Máxima	Temperatura Ambiente Máxima	Temperatura Célula Máxima	Energia Gerada
	[W/m ²]	[°C]	[°C]	[kWh]
JANEIRO	1.012,78	32,00	63,08	594,51
FEVEREIRO	1.048,23	32,80	60,05	479,48
MARÇO	924,93	34,30	59,13	471,30
ABRIL	825,88	27,30	49,35	335,34
MAIO	650,76	30,90	44,83	248,48
JUNHO	532,41	30,90	44,22	197,92
JULHO	599,45	31,50	43,79	230,74
AGOSTO	763,25	34,30	49,93	281,69
SETEMBRO	865,84	29,60	52,66	391,10
OUTUBRO	1.028,82	30,80	55,85	493,64
NOVEMBRO	1.116,09	30,50	59,68	589,78
DEZEMBRO	1.127,43	32,20	65,23	632,90
			TOTAL	4.946,88

(fonte: elaborada pelo autor)

Tabela 9 – Resumo do cálculo da produção energética mensal – para o arranjo na água oeste

OESTE				
	Irradiância Máxima	Temperatura Ambiente Máxima	Temperatura Célula Máxima	Energia Gerada
	[W/m ²]	[°C]	[°C]	[kWh]
JANEIRO	1.104,00	67,19	67,19	612,41
FEVEREIRO	1.097,27	61,76	61,76	491,99
MARÇO	984,31	61,70	61,70	486,17
ABRIL	901,74	54,56	54,56	393,19
MAIO	797,69	46,48	50,56	291,45
JUNHO	686,32	46,69	49,28	249,80
JULHO	775,10	47,13	48,16	288,97
AGOSTO	815,30	40,99	50,87	341,53
SETEMBRO	978,57	59,01	59,01	419,27
OUTUBRO	1.074,62	55,88	56,48	537,16
NOVEMBRO	1.062,00	62,61	64,93	594,29
DEZEMBRO	1.162,00	62,83	67,04	615,32
			TOTAL	5.321,55

(fonte: elaborada pelo autor)

Tabela 10 – Resumo do desempenho do sistema

DESEMPENHO DO SISTEMA					
Energia Consumida	15.234,48	[kWh/ano]	Pot. Instalada	9.360,00	[Wp]
Energia Produzida	10.287,35	[kWh/ano]	Yf	1.099,08	[kWh / kWp]
Fração Prod./Cons.	67,53%		FC	12,55%	

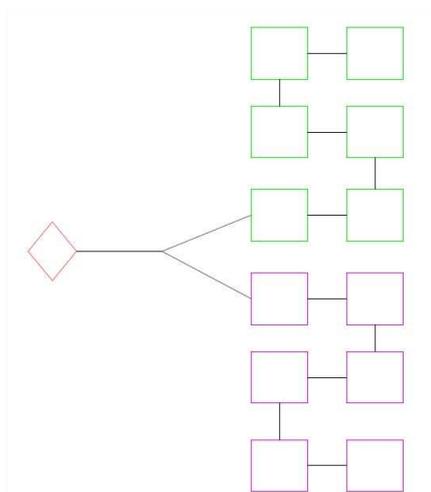
(fonte: elaborada pelo autor)

Após pesquisar no mercado brasileiro as diferentes marcas e modelos de placas fotovoltaicas, o autor escolheu dois modelos diferentes, da marca Canadian Solar. Dentre as diferentes marcas vendidas no Brasil, a Canadian Solar mostrou ter preços competitivos, produtos de qualidade e fichas técnicas com maior volume de informações que as concorrentes. Os modelos escolhidos foram o CS6P-265P (que varia sua potência nominal entre 260W-265W-270W) e o CS6X-320P (que varia sua potência nominal entre 310W-315W-320W). Após algumas simulações, o modelo que apresentou melhores resultados foi o CS6P, com 260 W, devido ao projeto não ser de grande porte; os modelos terem eficiências semelhantes; e ser o de menor custo. Conforme ilustrado na tabela acima, o sistema gerou (considerando o modelo CS6P-260W) 4.946,88kWh, na água voltada para o leste, e 5.321,55 kWh, na água voltada para oeste totalizando 10.287,35kWh para o primeiro ano. A potência instalada do sistema foi 9.360Wp, com *Yield* de 1.099,08kWh/kWp, e fator de capacidade de 12,55%, que são valores aceitáveis, principalmente se consideradas as dificuldades do projeto.

4.2.3 Escolha de arranjo das placas e verificação da segurança do inversor

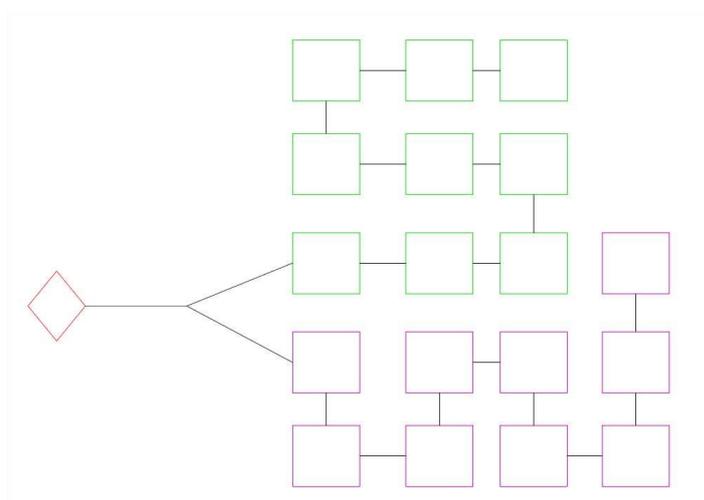
Há necessidade da escolha do arranjo das placas fotovoltaicas, visto que isso influencia nos valores máximos e mínimo de corrente e tensão, que são dados de entrada para o cálculo da segurança do sistema. O autor entendeu que o mais adequado seria utilizar um inversor, para os módulos de uma água do telhado, e outro inversor, para os módulos da outra água, evitando a perda de eficiência por irradiação diferenciada. De acordo com a geometria adotada, optou-se por fazer 2 *strings* paralelos de ramos em série, com 9 placas cada um, na água leste; e 2 *strings* paralelos de ramos de 9 placas em série para a água oeste. O arranjo está ilustrado nas figuras 22 e 23, onde o losango representa o inversor, os retângulos as placas fotovoltaicas e as linhas os cabos.

Figura 22 – Arranjo das placas na água leste



(fonte: elaborada pelo autor)

Figura 23 – Arranjo das placas na água oeste



(fonte: elaborada pelo autor)

Após pesquisar no mercado brasileiro os diversos inversores anunciados, o autor entendeu que o Fronius IG Plus 60V-2 é o mais adequado para o sistema. Este inversor tem potência nominal de 6kW, sua tensão máxima é 600V e a corrente máxima é 27,5A . Para verificar a segurança do sistema quanto ao inversor, calculou-se a tensão, corrente e potência em cada *string*. Multiplicou-se o valor da tensão de circuito aberto do módulo pelo número de placas conectadas em série, para obter a tensão máxima. Para o cálculo da potência máxima do sistema multiplicou-se a corrente de curto circuito pela tensão de circuito aberto e pelo número de placas do sistema. A tabela 11, abaixo, apresenta a comparação entre os valores calculados para o sistema e os máximos suportados pelo inversor.

Tabela 11 – Verificação da segurança do inversor e análise do arranjo

Fronious IG Plus 60V-2		Corrente Máxima [A]	Tensão Máxima [V]	Preço Unitário [R\$]	Potência Máxima [W]
		27,50	600,00	R\$ 5.280,00	6.320,00
LESTE		Nº Placas [unid.]	Tensão [V]	Corrente [A]	Potência [W]
Total		18,00	337,50	18,24	6.156,00
Fronious IG Plus 60V-2 String 1		9,00	337,50	9,12	3.078,00
String 2		9,00	337,50	9,12	3.078,00
OESTE		Nº Placas [unid.]	Tensão [V]	Corrente [A]	Potência [W]
Total		18,00	337,50	18,24	6.156,00
Fronious IG Plus 60V-2 String 1		9,00	337,50	9,12	3.078,00
String 2		9,00	337,50	9,12	3.078,00

(fonte: elaborada pelo autor)

4.2.4 Cálculo da viabilidade econômica

Na mesma planilha utilizada para o cálculo da energia gerada, criou-se uma rotina de cálculo, para avaliar os aspectos e indicadores econômicos do projeto. As equações envolvidas na rotina foram abordadas no capítulo referente à metodologia. Os dados de entrada são os custos do empreendimento, dados do financiamento, taxa de retorno, tarifa energética e sua taxa de incremento anual. O autor optou por simular um financiamento de 15 anos, na fração de 70% do investimento total, a uma taxa de juros de 13,21% ao ano e taxa de retorno de 7,5%. A tarifa energética para o município de Feliz foi calculada em 0,64 R\$/kWh, conforme descrito na metodologia, e o incremento adotado foi de 8% ao ano. A taxa de juros foi calculada com base em valores da Selic, obtidas no site do governo federal (Ministério da Fazenda, 2017). O custo foi calculado a partir de dados unitários dos materiais envolvidos, obtidos por pesquisa de mercado, multiplicados pelas suas quantidades. Estima-se a vida útil de um inversor entre 10 e 15 anos; então, o cálculo considerou que os inversores deverão ser trocados após este período de tempo. O *payback* do sistema foi avaliado em 18 anos. Tendo sido considerado um valor muito alto para os sistemas atuais, que costumam ter *payback* entre 5 e 9 anos. A região não tem um nível de irradiância alto. De acordo com o Atlas Solarimétrico Brasileiro, essa é uma das regiões de pior irradiância do Brasil, embora, ainda assim, seja maior que em vários locais da Europa, por exemplo. Além disso, a má orientação solar do sistema diminui seu rendimento, piorando sua viabilidade econômica. De qualquer forma, a expectativa de vida dos seus componentes varia entre 25 e 30 anos, tornando o sistema viável, apesar de não atrativo. O orçamento dos materiais do sistema foi de R\$ 31.935,00; os valores de projeto, instalação e documentação foram arbitrados como R\$ 4.000,00, para o projeto; R\$ 2.000,00, para a

instalação; e R\$500,00, para a documentação do sistema, totalizando R\$6.500,00 (aproximadamente 20% do custo dos materiais). Apesar de ser um valor baixo, o autor entende que o preço está condizente com a realidade do empreendimento. As tabelas 12, 13 e 14, abaixo, apresentam parte do cálculo dos indicadores econômicos e o resumo de seus resultados. A viabilidade econômica detalhada está contida no Apêndice E.

Tabela 12 – Dados econômicos do empreendimento – Orçamento, tarifas, taxas e financiamento

DADOS ECONÔMICOS				
Projeto	R\$ 4.000,00	Custo Energia conv.	R\$ 0,64	R\$/kWh
Instalação	R\$ 2.000,00	Taxa incremento tarifa	8,00%	
Documentação	R\$ 500,00	Taxa Aumento Cons. Energia		0,05%
O&M (mensal)	R\$ 50,00	Taxa Decréscimo Prod. Energia		0,50%
O&M (anual)	R\$ 600,00	Taxa de Desconto VPL		7,50%
Custo Placas	R\$ 21.375,00	Tempo de Financiamento		15
Custo Inversores	R\$ 10.560,00	Taxa Juros		13,21%
Custo Total	R\$ 38.435,00	Fração Investimento Financiada		70,00%

(fonte: elaborada pelo autor)

Tabela 13 – Indicadores econômicos do empreendimento – VPL, TIR e Payback

INDICADORES ECONÔMICOS					
Ano	5	10	15	20	25
VPL	-R\$ 133.063,17	-R\$ 125.943,14	-R\$ 56.616,84	R\$ 74.831,63	R\$ 287.078,09
TIR			2,37%	10,85%	14,77%
PAYBACK	18	R\$ 10.919,93	8,14%		
	Anos	VPL	TIR		

(fonte: elaborada pelo autor)

Tabela 14 – Parte do estudo de viabilidade econômica do empreendimento

SIMULAÇÃO ECONÔMICA											
Ano	Produção Energia	Energia Demandada	Preço Energia	Conta de Luz	Net Metering	Economia	Cash-Flow	TIR	Financiamento	VPL	Ano
	[kWh/ano]	[kW/ano]	[R\$/kWh]	[R\$]	[R\$]	[R\$]	[R\$]	[%]	Tx.	[R\$]	
0						-R\$ 39.035,00	-R\$ 39.035,00		-R\$ 1.490,30	-R\$ 36.311,63	0
1	10.287,35	15.234,48	R\$ 0,64	R\$ 9.779,55	R\$ 6.603,81	R\$ 4.316,65	-R\$ 34.718,35		-R\$ 1.687,17	-R\$ 66.354,55	1
2	10.235,91	15.242,10	R\$ 0,69	R\$ 10.567,20	R\$ 7.096,46	R\$ 4.586,42	-R\$ 30.131,94		-R\$ 1.910,04	-R\$ 90.609,57	2
3	10.184,73	15.249,72	R\$ 0,75	R\$ 11.418,28	R\$ 7.625,86	R\$ 4.863,50	-R\$ 25.268,44		-R\$ 2.162,36	-R\$ 109.530,60	3
4	10.133,81	15.257,34	R\$ 0,81	R\$ 12.337,91	R\$ 8.194,74	R\$ 5.146,74	-R\$ 20.121,71		-R\$ 2.448,01	-R\$ 123.546,54	4
5	10.083,14	15.264,97	R\$ 0,87	R\$ 13.331,60	R\$ 8.806,07	R\$ 5.434,68	-R\$ 14.687,02		-R\$ 2.771,39	-R\$ 133.063,17	5
6	10.032,72	15.272,60	R\$ 0,94	R\$ 14.405,33	R\$ 9.463,01	R\$ 5.725,51	-R\$ 8.961,51		-R\$ 3.137,49	-R\$ 138.464,77	6
7	9.982,56	15.280,24	R\$ 1,02	R\$ 15.565,54	R\$ 10.168,95	R\$ 6.016,99	-R\$ 2.944,52		-R\$ 3.551,95	-R\$ 140.115,76	7
8	9.932,65	15.287,88	R\$ 1,10	R\$ 16.819,19	R\$ 10.927,55	R\$ 6.306,38	R\$ 3.361,86		-R\$ 4.021,17	-R\$ 138.362,27	8
9	9.882,99	15.295,52	R\$ 1,19	R\$ 18.173,80	R\$ 11.742,74	R\$ 6.590,38	R\$ 9.952,25		-R\$ 4.552,36	-R\$ 133.533,50	9
10	9.833,57	15.303,17	R\$ 1,28	R\$ 19.637,52	R\$ 12.618,75	R\$ 6.865,02	R\$ 16.817,27		-R\$ 5.153,73	-R\$ 125.943,14	10
11	9.784,40	15.310,82	R\$ 1,39	R\$ 21.219,13	R\$ 13.560,11	R\$ 7.125,57	R\$ 23.942,84		-R\$ 5.834,54	-R\$ 115.890,64	11
12	9.735,48	15.318,48	R\$ 1,50	R\$ 22.928,12	R\$ 14.571,70	R\$ 7.366,42	R\$ 31.309,26		-R\$ 6.605,28	-R\$ 103.662,43	12
13	9.686,80	15.326,14	R\$ 1,62	R\$ 24.774,75	R\$ 15.658,74	R\$ 7.580,91	R\$ 38.890,17		-R\$ 7.477,84	-R\$ 89.533,11	13
14	9.638,37	15.333,80	R\$ 1,75	R\$ 26.770,10	R\$ 16.826,89	R\$ 7.761,23	R\$ 46.651,40		-R\$ 8.465,66	-R\$ 73.766,52	14
15	9.590,18	15.341,47	R\$ 1,89	R\$ 28.926,17	R\$ 18.082,17	R\$ 7.898,20	R\$ 54.549,60	2,37%	-R\$ 9.583,97	-R\$ 56.616,84	15
16	9.542,23	15.349,14	R\$ 2,04	R\$ 31.255,88	R\$ 19.431,10	R\$ 8.271,10	R\$ 62.820,70	4,49%	R\$ 0,00	-R\$ 38.244,74	16
17	9.494,51	15.356,81	R\$ 2,20	R\$ 33.773,23	R\$ 20.880,66	R\$ 20.280,66	R\$ 83.101,36	6,44%	R\$ 0,00	-R\$ 15.637,07	17
18	9.447,04	15.364,49	R\$ 2,38	R\$ 36.493,33	R\$ 22.438,36	R\$ 21.838,36	R\$ 104.939,72	8,14%	R\$ 0,00	R\$ 10.919,93	18
19	9.399,81	15.372,17	R\$ 2,57	R\$ 39.432,50	R\$ 24.112,26	R\$ 23.512,26	R\$ 128.451,98	9,61%	R\$ 0,00	R\$ 41.159,22	19
20	9.352,81	15.379,86	R\$ 2,77	R\$ 42.608,39	R\$ 25.911,04	R\$ 25.311,04	R\$ 153.763,02	10,85%	R\$ 0,00	R\$ 74.831,63	20
21	9.306,04	15.387,55	R\$ 2,99	R\$ 46.040,07	R\$ 27.844,00	R\$ 27.244,00	R\$ 181.007,02	11,90%	R\$ 0,00	R\$ 111.704,69	21
22	9.259,51	15.395,24	R\$ 3,23	R\$ 49.748,14	R\$ 29.921,16	R\$ 29.321,16	R\$ 210.328,18	12,80%	R\$ 0,00	R\$ 151.561,52	22
23	9.213,22	15.402,94	R\$ 3,49	R\$ 53.754,86	R\$ 32.153,28	R\$ 31.553,28	R\$ 241.881,46	13,56%	R\$ 0,00	R\$ 194.199,78	23
24	9.167,15	15.410,64	R\$ 3,77	R\$ 58.084,27	R\$ 34.551,92	R\$ 33.951,92	R\$ 275.833,38	14,21%	R\$ 0,00	R\$ 239.430,67	24
25	9.121,31	15.418,35	R\$ 4,07	R\$ 62.762,38	R\$ 37.129,49	R\$ 36.529,49	R\$ 312.362,86	14,77%	R\$ 0,00	R\$ 287.078,09	25

(fonte: elaborada pelo autor)

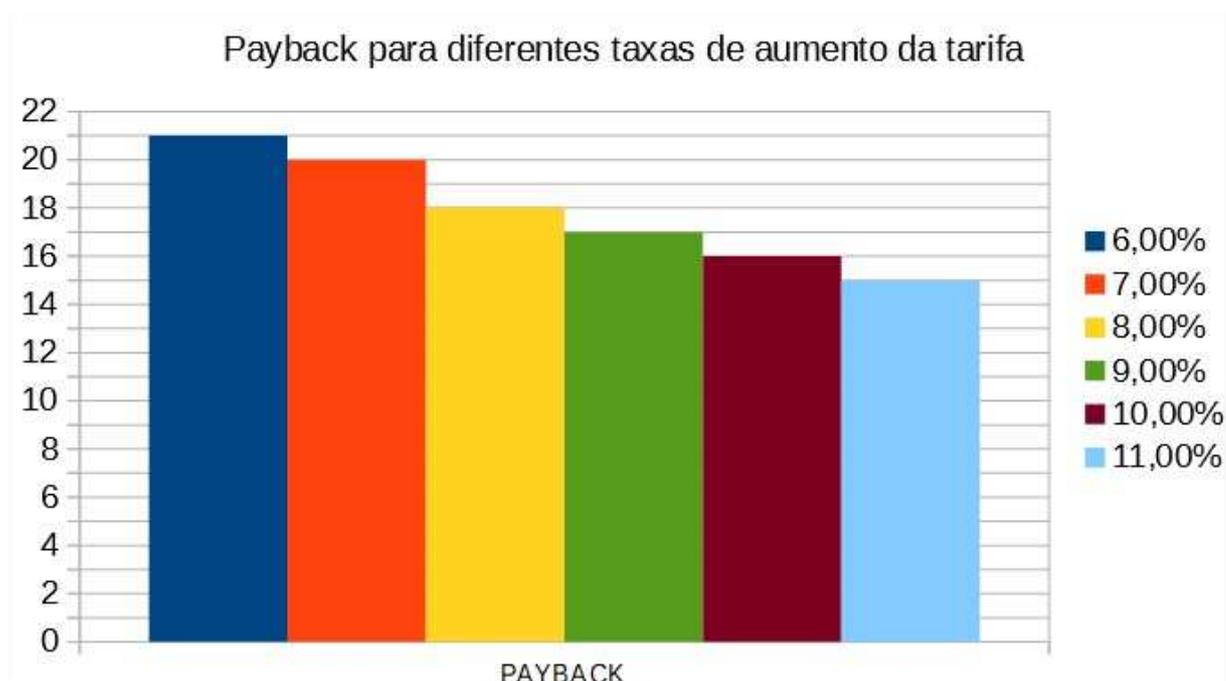
5. RESULTADOS E COMPARAÇÃO DE CENÁRIOS

Para dimensionar um sistema fotovoltaico para o projeto de revitalização da edificação localizada em Feliz, diversos fatores foram calculados e alguns outros foram arbitrados. O autor julgou importante que fossem discutidas e comparadas algumas variações de cenário para o sistema. As condições de financiamento foram variadas, assim como a taxa de aumento da tarifa energética, comparando os diversos cenários frente a seus respectivos indicadores econômicos. Da forma análoga, comparou-se os resultados do sistema para diferentes orientações e inclinações das placas.

5.1 VARIANDO O PREÇO DA TARIFA ENERGÉTICA E SUA TAXA DE AUMENTO ANUAL

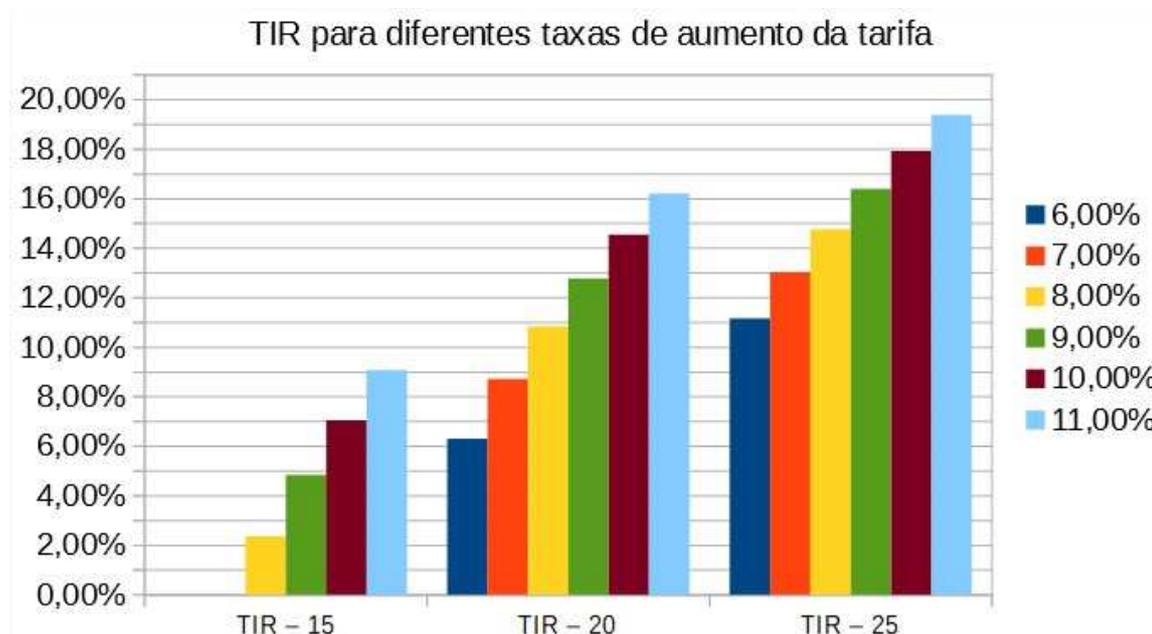
Para análise da influência do crescimento da tarifa energética sobre a viabilidade do sistema, o autor utilizou o dimensionamento realizado no capítulo anterior, e variou a taxa de incremento anual da tarifa energética entre 6% e 11% ao ano e o preço da tarifa inicial em -15%, -10%, -5%, 5%, 10% e 15%; 0,54R\$/kW, 0,58R\$/kW, 0,61R\$/kW, 0,67R\$/kW, 0,70R\$/kW e 0,74R\$/kW, respectivamente. Percebe-se a forte influência, tanto do aumento da tarifa energética, quanto sua taxa de aumento, no empreendimento, após analisar os gráficos ilustrados abaixo, nas figuras 24 a 26.

Figura 24 – Gráfico comparando o tempo de *payback* do empreendimento para diferentes taxas de aumento da tarifa energética



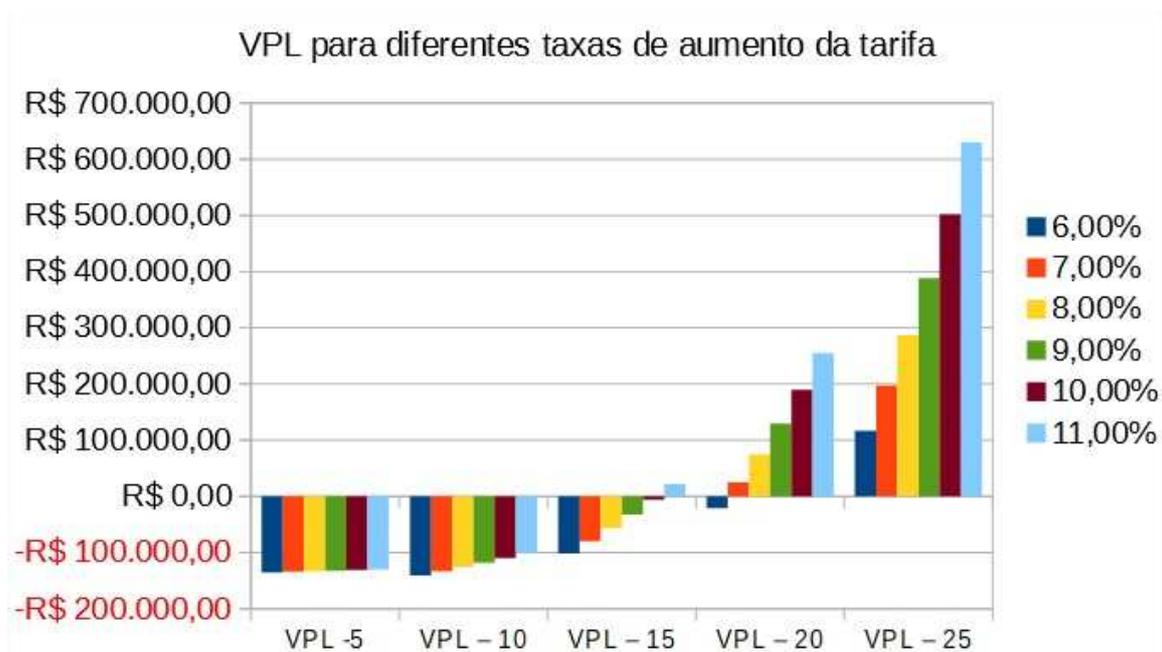
(fonte: elaborada pelo autor)

Figura 25 - Gráfico comparando a TIR do ano 15, 20 e 25 do empreendimento para diferentes taxas de aumento da tarifa energética



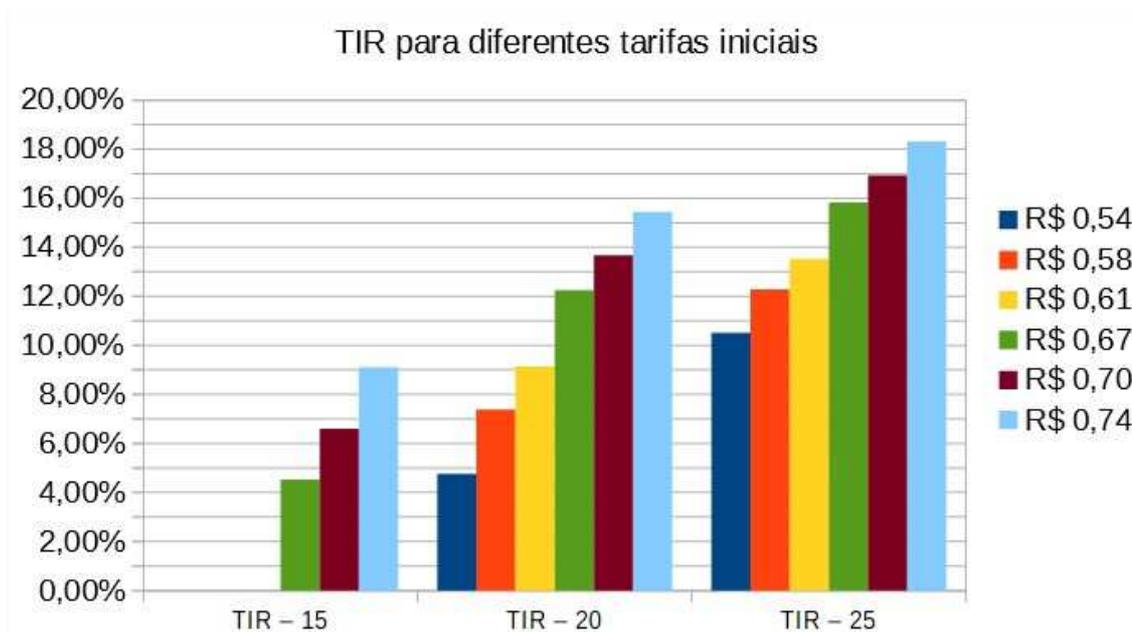
(fonte: elaborada pelo autor)

Figura 26 - Gráfico comparando o VPL para o ano 5, 10, 15, 20 e 25 do empreendimento para diferentes taxas de aumento da tarifa energética



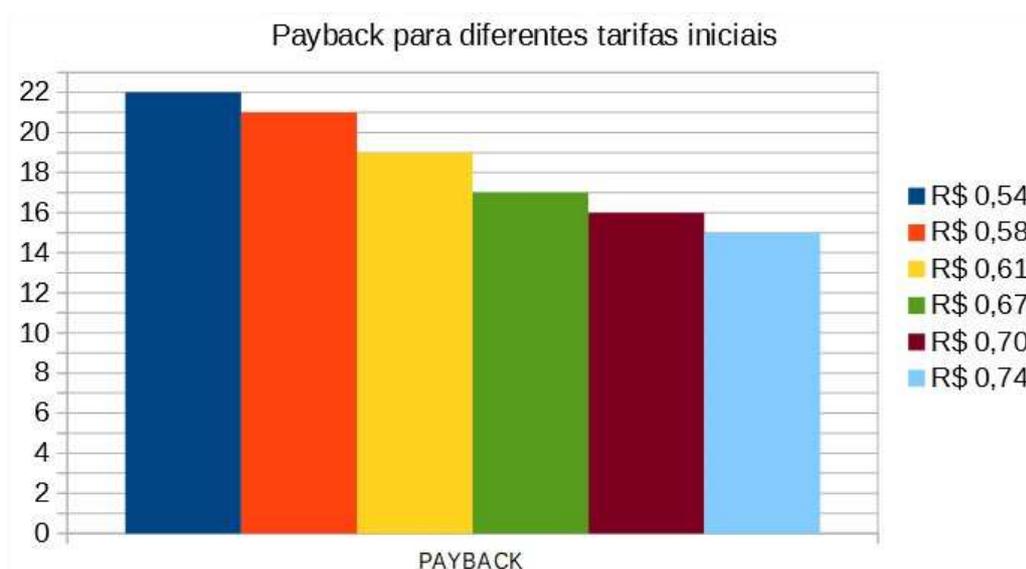
(fonte: elaborada pelo autor)

Figura 27 - Gráfico comparando a TIR do ano 15, 20 e 25 do empreendimento para diferentes tarifas iniciais



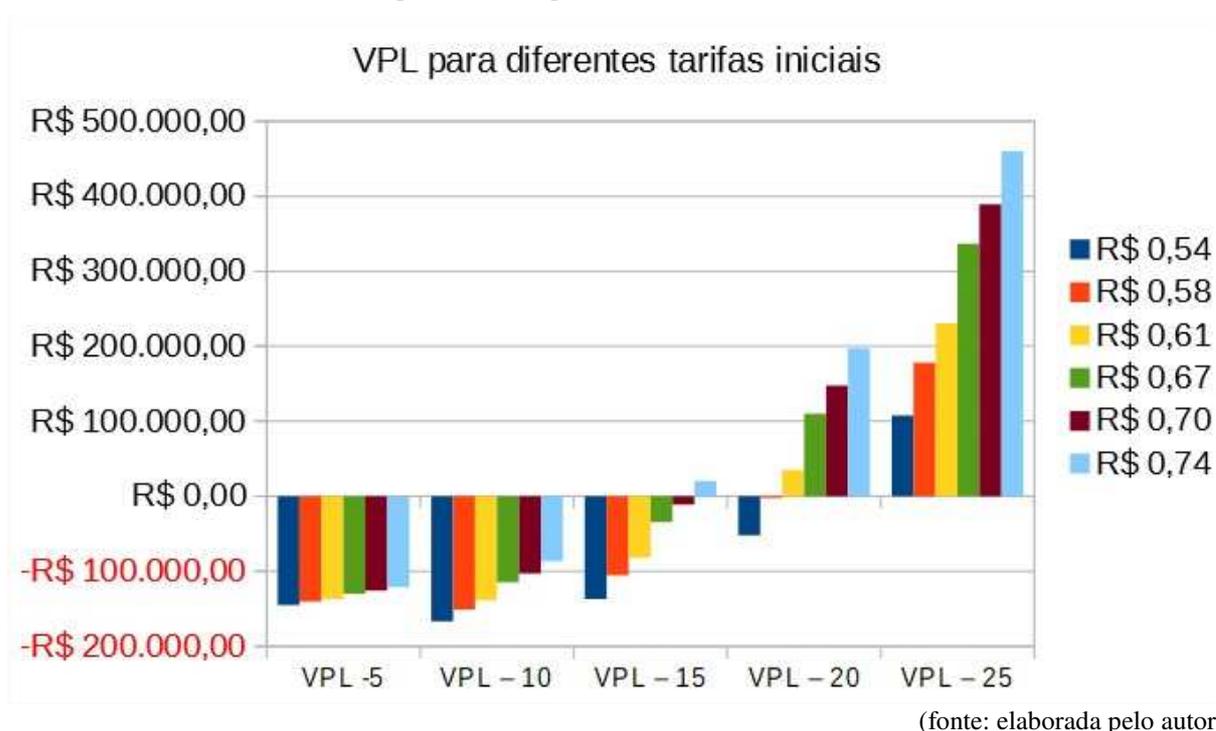
(fonte: elaborada pelo autor)

Figura 28 – Gráfico comparando o tempo de *payback* do empreendimento para diferentes tarifas iniciais



(fonte: elaborada pelo autor)

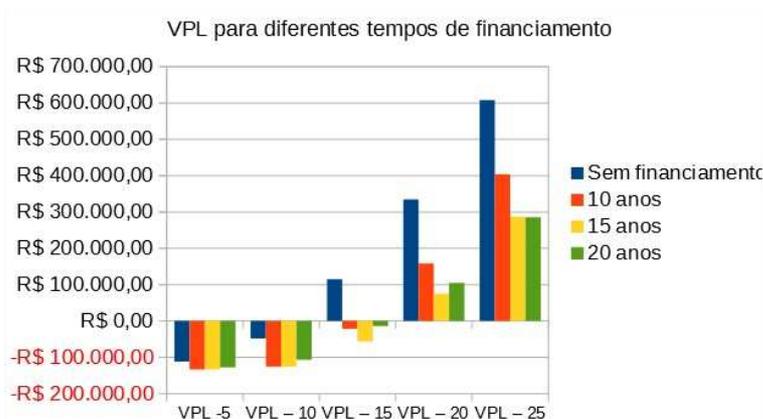
Figura 29 - Gráfico comparando o VPL para o ano 5, 10, 15, 20 e 25 do empreendimento para diferentes tarifas iniciais



5.2 VARIANDO OS MÉTODOS DE FINANCIAMENTO

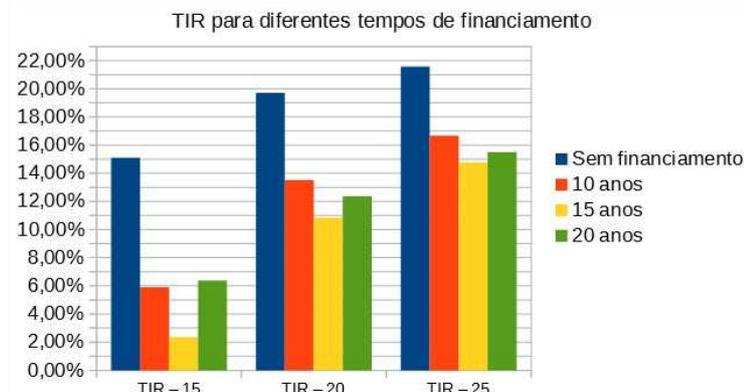
Da mesma forma que foi feito para o aumento anual da tarifa energética, o autor variou dados, como: tempo de financiamento; taxa de juros; e proporção do investimento financiada. Os resultados estão expressos ao longo desta subseção. Os gráficos 30 e 31, abaixo, apresentam os resultados para o VPL e para a TIR para os casos sem financiamento, e com financiamento de 10, 15 e 20 anos, todos com taxa de juros de 13,21% e 70% do investimento financiado.

Figura 30 - Gráfico comparando o VPL para o ano 5, 10, 15, 20 e 25 do empreendimento para diferentes tempos de financiamento



(fonte: elaborada pelo autor)

Figura 31 - Gráfico comparando a TIR do ano 15, 20 e 25 do empreendimento para diferentes tempos de financiamento



(fonte: elaborada pelo autor)

Percebe-se que, se o empreendimento não necessitar financiamento, nos casos de o investidor possuir o montante de capital inicial, o desempenho econômico fica muito acima, se comparado com as simulações financiadas, com *payback* de 12 anos. Já nos cenários com financiamento, o *payback* do sistema foi calculado para 16 anos nos casos de financiamento de 20 e 10 anos, e 18 anos para o caso de financiamento de 15 anos.

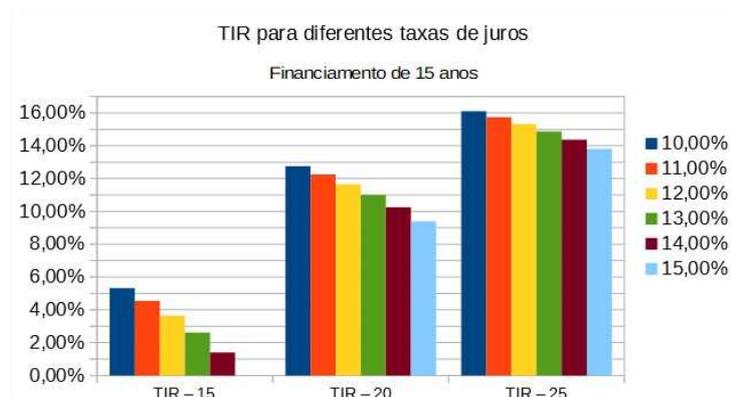
Variando a taxa de juros aplicada entre valores de 10% a 15%, mantendo a proporção de 70% do investimento total financiado e considerando um financiamento de 15 anos, foram gerados os gráficos ilustrados nas figuras 32 a 33, abaixo, que compara os VPLs e as TIRs. Como era esperado, os juros influenciam negativamente a viabilidade econômica do empreendimento.

Figura 32 - Gráfico comparando o VPL para o ano 5, 10, 15, 20 e 25 do empreendimento para diferentes taxas de juros



(fonte: elaborada pelo autor)

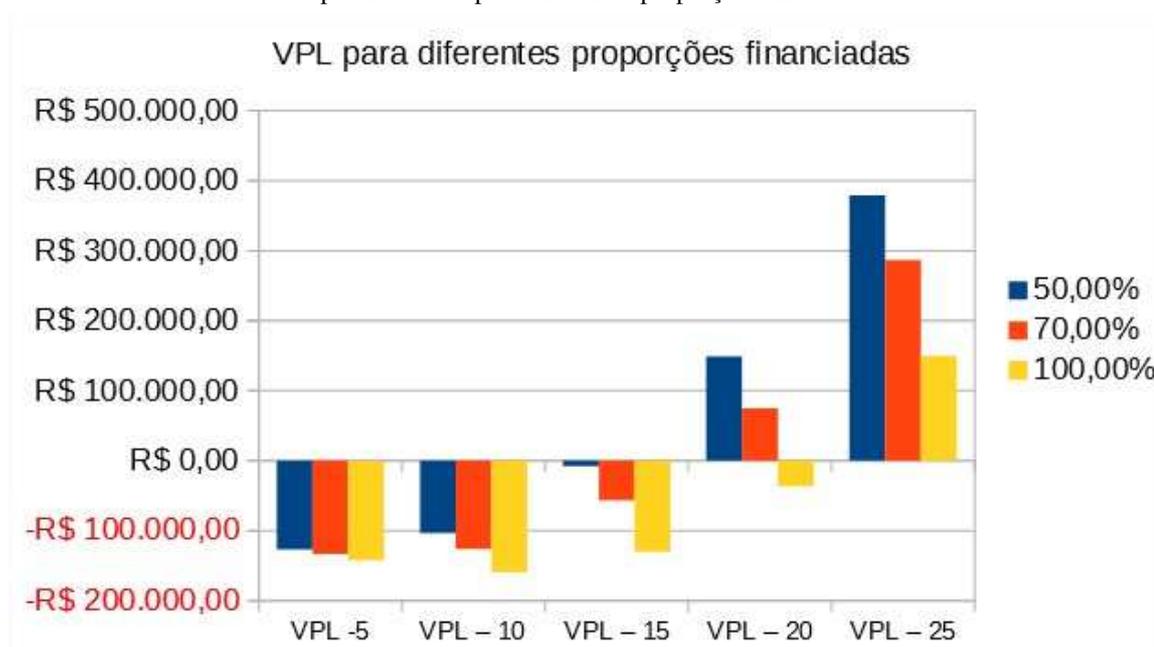
Figura 33 - Gráfico comparando o TIR para o ano 5, 10, 15, 20 e 25 do empreendimento para diferentes taxas de juros



(fonte: elaborada pelo autor)

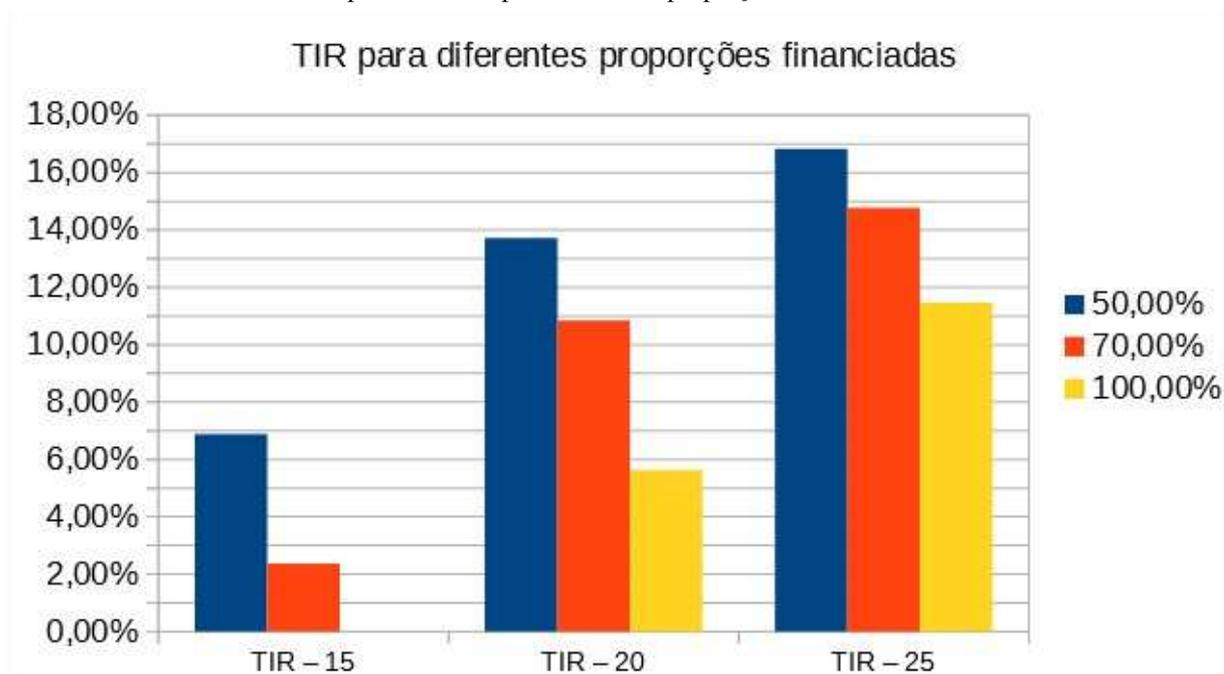
De forma análoga, variou-se a proporção financiada para os valores de 50%, 70% e 100% do investimento total, considerando a taxa de juros de 13,21% e um financiamento de 15 anos. Conclui-se que proporções menores de investimento financiado tem desempenho econômico melhor. Os resultados estão nos gráficos, contido nas figuras 34 e 35, abaixo.

Figura 34 - Gráfico comparando o VPL para o ano 5, 10, 15, 20 e 25 do empreendimento para diferentes proporções financiadas



(fonte: elaborada pelo autor)

Figura 35 - Gráfico comparando a TIR para o ano 5, 10, 15, 20 e 25 do empreendimento para diferentes proporções financiadas

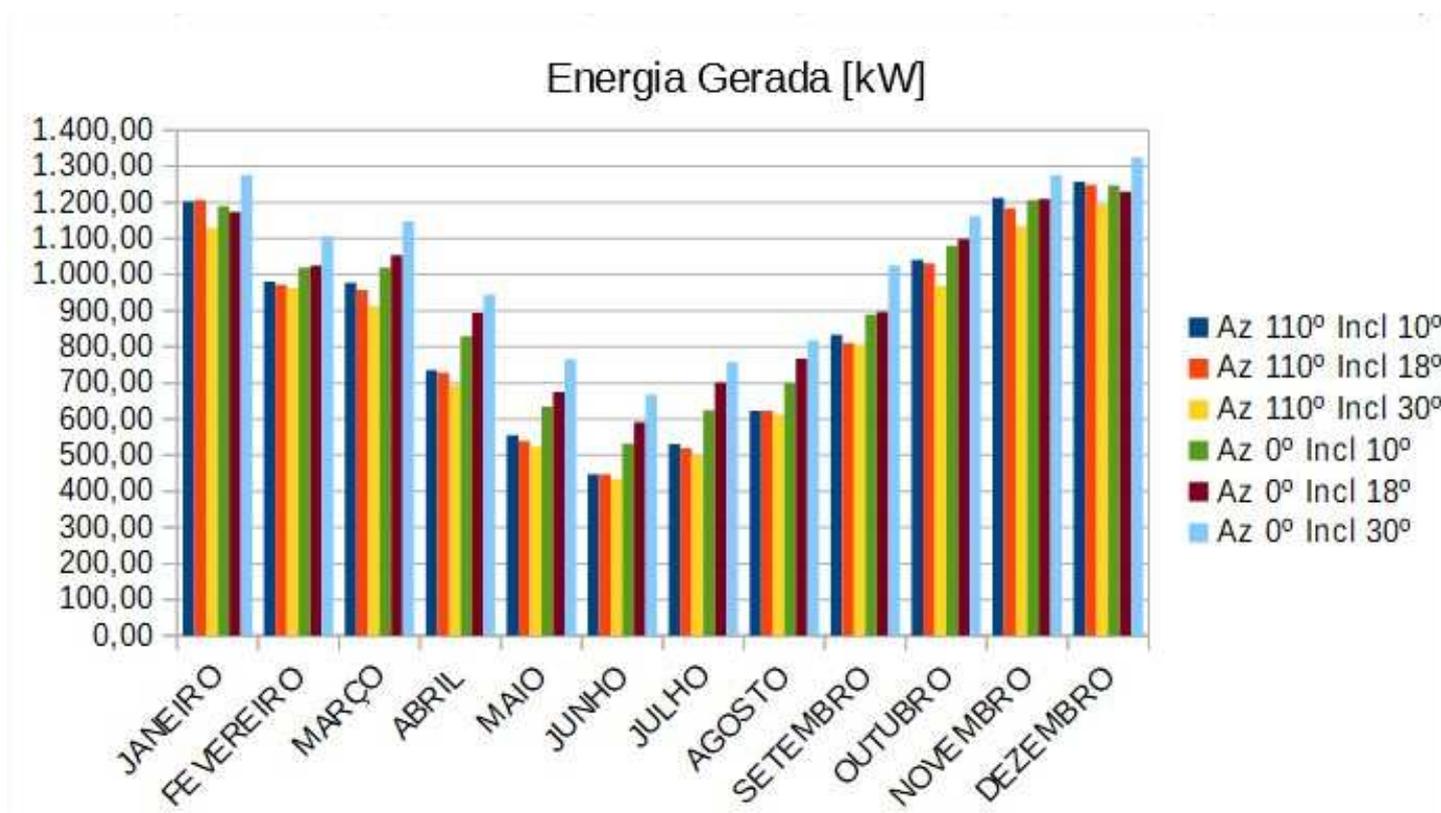


(fonte: elaborada pelo autor)

5.3 VARIANDO A ORIENTAÇÃO E INCLINAÇÃO DAS PLACAS

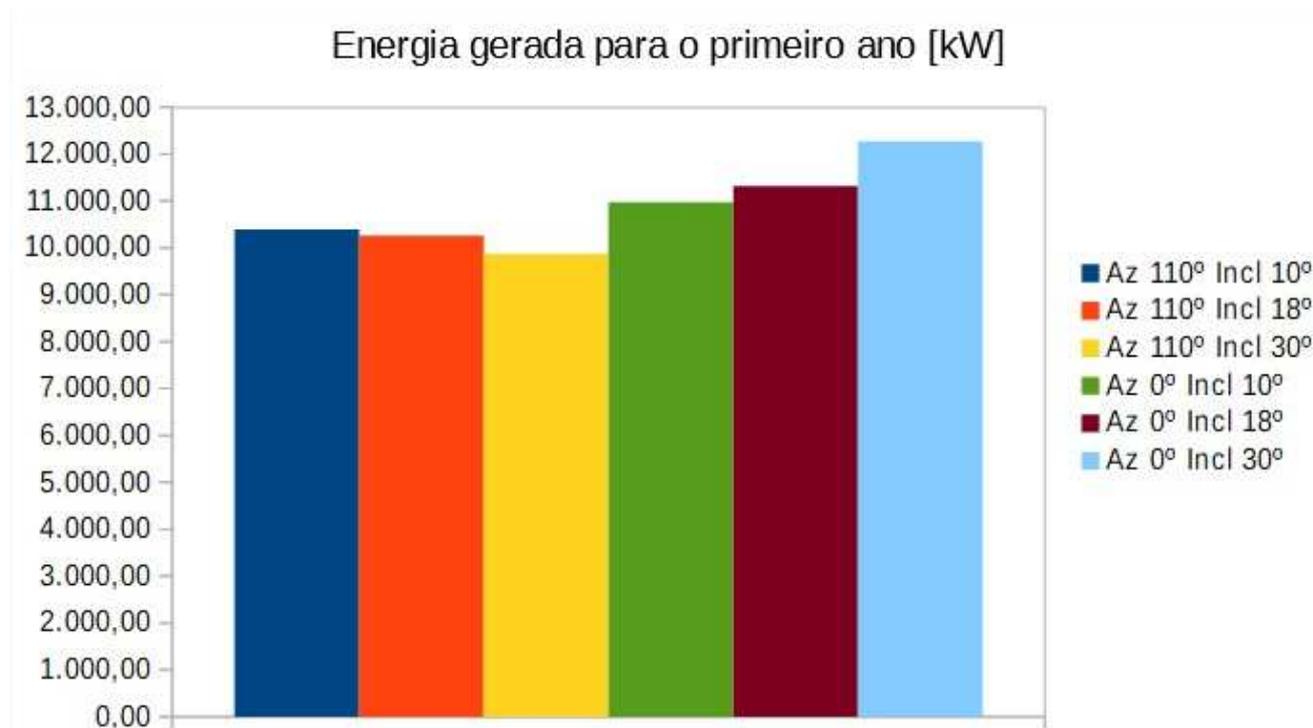
Como o estudo trata da reforma de uma edificação já existente, isto inviabiliza a mudança de orientação e inclinação da cobertura. Entretanto, o autor entendeu que realizar a análise para as situações mais favoráveis seria de grande interesse, já que evidenciaria a influência da orientação das edificações no potencial energético dos sistemas fotovoltaicos, além do peso desta decisão no momento de se projetar uma edificação. Assim, comparou-se a produção energética para duas orientações diferentes com três inclinações diferentes: orientações de 110° (situação real), e 0°; e inclinações de 10°, 18° (situação real) e 30°. Nos casos simulados para a orientação ótima, considerou-se que todas as placas estariam na mesma água, uma vez que não faria sentido colocar placas voltadas para o sul, enquanto há espaço para colocá-las voltadas para o norte. Os gráficos das figuras 36 e 37, abaixo, apresentam os resultados mensais e anual, respectivamente.

Figura 36 – Gráfico da produção energética mensal para diferentes orientações e inclinações



(fonte: elaborada pelo autor)

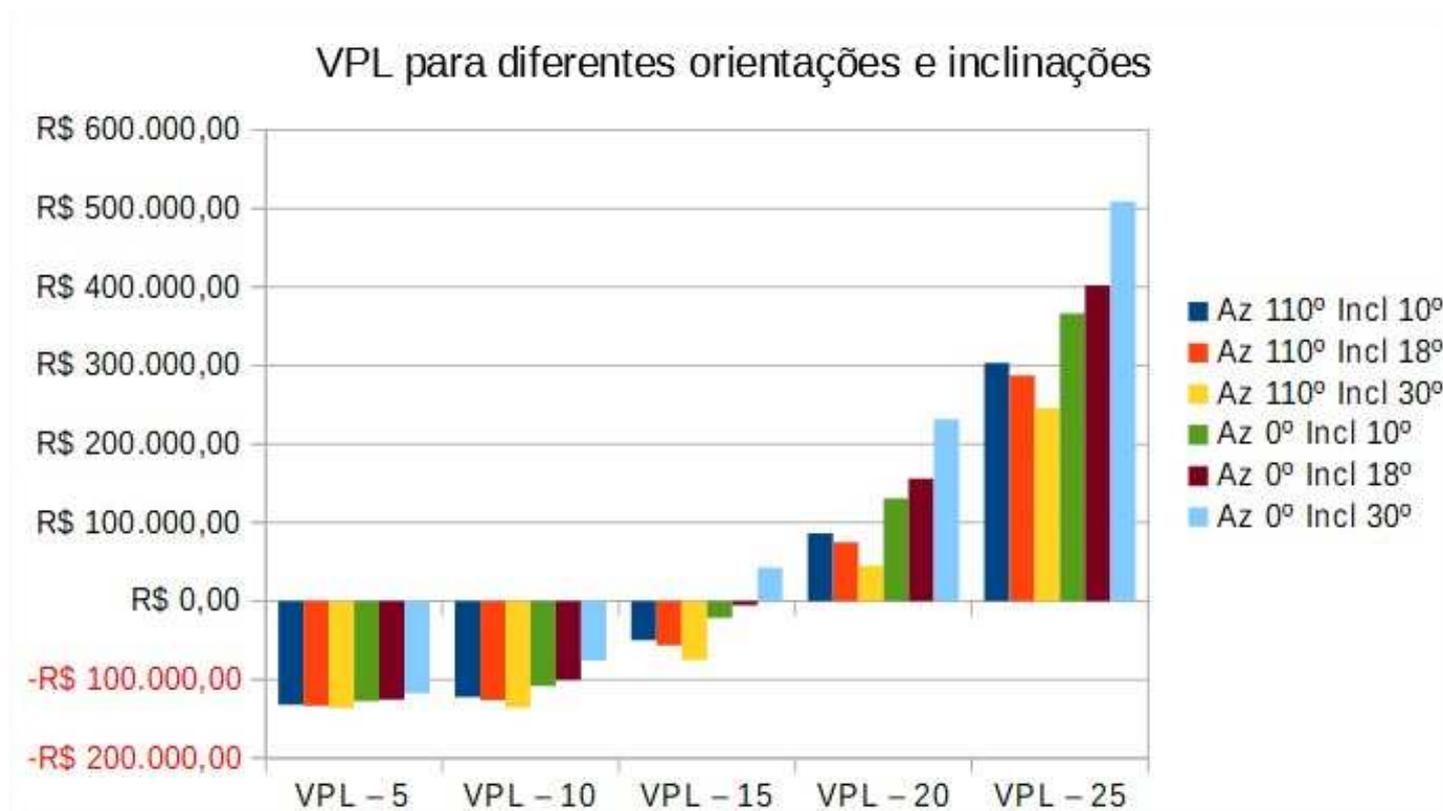
Figura 37 – Gráfico da produção energética anual para diferentes orientações e inclinações



(fonte: elaborada pelo autor)

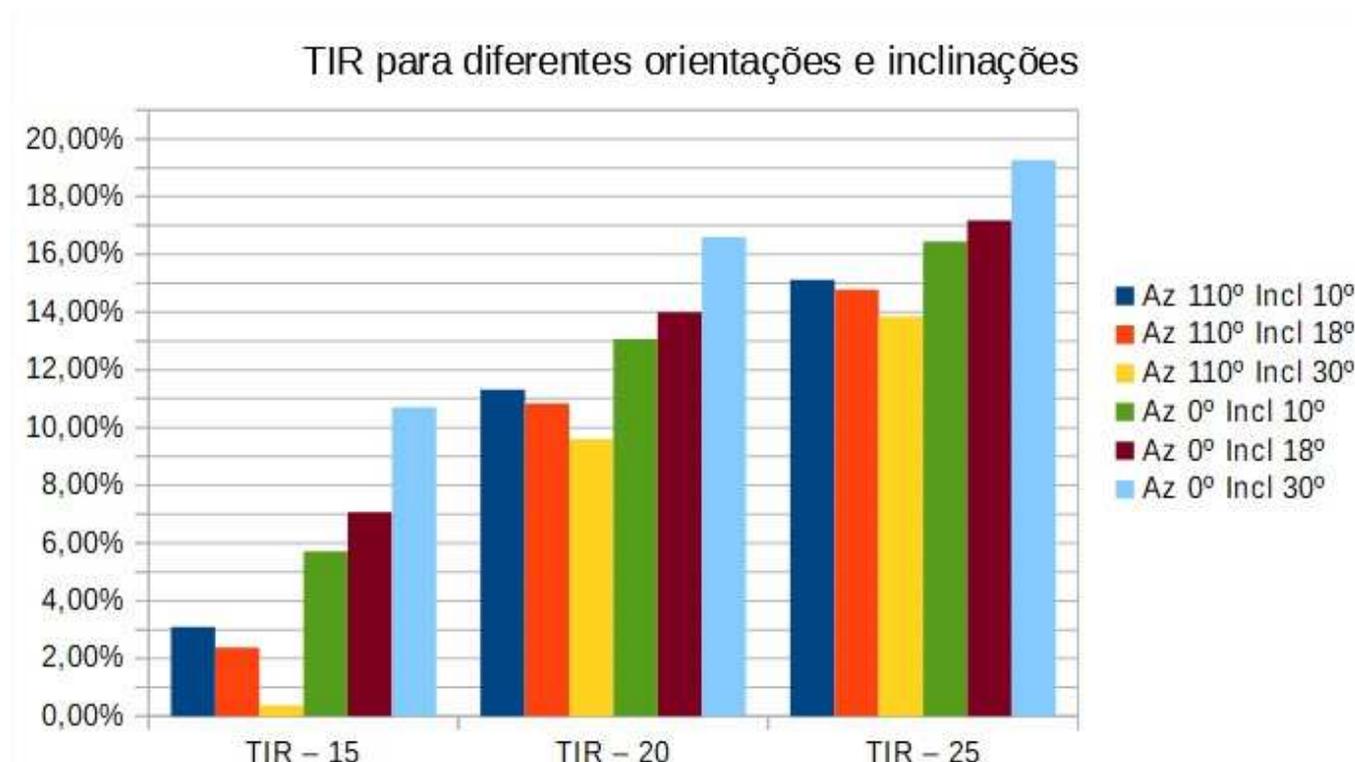
O sistema fotovoltaico, como foi concebido pelo autor, apresenta produções muito maiores durante os meses de verão se comparada aos meses de inverno, o que seria de se esperar, para orientações e inclinações não otimizadas. Sua produção para o primeiro ano foi estimada em 10.268,43kWh. Para o caso em que se manteve a orientação do projeto e variou-se a inclinação das placas, percebe-se que o rendimento piora quanto maior a inclinação. Já para os casos orientados para o norte, quanto maior a inclinação, maior foi o rendimento. Conclui-se, então, que, para orientações voltadas ao norte, uma inclinação próxima de 30° deve ter melhores resultados que para outras inclinações. Da mesma forma, para orientações não otimizadas (nesse caso praticamente voltada para o leste), menores inclinações apresentam melhores resultados. Foi avaliado o VPL, TIR e *payback* do empreendimento considerando os mesmos valores para tarifa e seu incremento, e mesmo método de financiamento, utilizados no capítulo 4, nos casos em que a fração de energia produzida é maior que a consumida, foi considerado que a energia excedente foi vendida para a concessionária pelo mesmo preço pago na tarifa energética, para simplificar os cálculos. Os resultados estão representados nos gráficos contidos nas figuras 38, 39 e 40, abaixo. Percebe-se que quanto maior a produção energética, melhor os índices econômicos, resultando num *payback* de 14 anos para o caso orientado para o norte e com 30° de inclinação; enquanto o caso orientado para o leste e com inclinação de 30° teve um *payback* de 19, o que é um resultado muito pior que para o caso otimizado, evidenciando o forte impacto da orientação e inclinação no desempenho de um sistema fotovoltaico.

Figura 38 – Gráfico comparando o VPL para o ano 5, 10, 15, 20 e 25 do empreendimento para diferentes orientações e inclinações



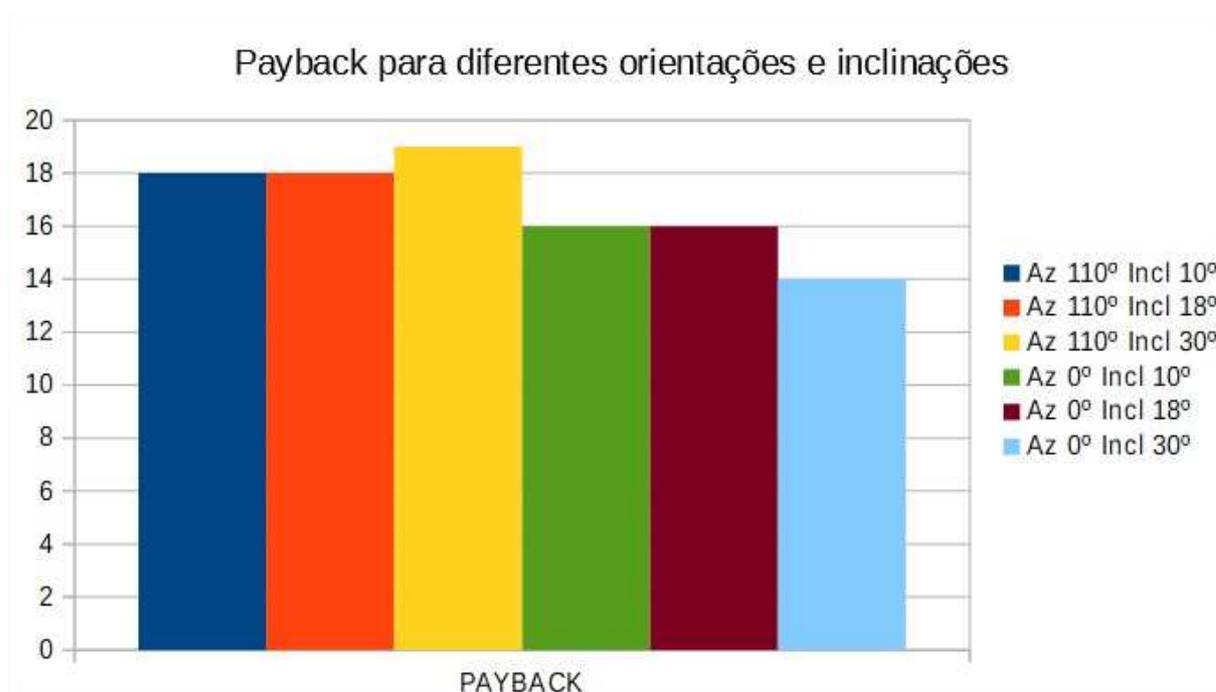
(fonte: elaborada pelo autor)

Figura 39 – TIR do empreendimento para diferentes orientações e inclinações



(fonte: elaborada pelo autor)

Figura 40 – Payback do empreendimento para diferentes orientações e inclinações



6 CONCLUSÃO

Conforme abordado ao longo deste trabalho, a questão energética é altamente importante para a sociedade, sob diversos aspectos, influenciando nosso bem-estar, saúde, meios de transporte e comunicação, entre diversas outras facilidades advindas do controle da tecnologia e da energia. A energia solar aparece como opção, tanto como um investimento pessoal e para fortalecimento de marcas (utilizando a sustentabilidade como marketing), quanto para mitigar problemas sociais, como a poluição causada pelos modais poluentes de produção energética e a acessibilidade à energia elétrica. Após estudos detalhados dos conceitos físicos envolvidos em um sistema fotovoltaico, dos métodos de dimensionamento e análise e dos resultados obtidos neste estudo, o autor entende que a energia fotovoltaica apresenta um potencial benéfico para a sociedade, tanto em questões socioeconômicas, quanto em questões ambientais. As comparações de cenário indicam as incertezas, na produção e no rendimento do sistema, atreladas às limitações dos modelos e simulações, que incluem a variabilidade dos dados climáticos e solarimétricos, variabilidade dos dados geométricos, assim como a instabilidade e

imprevisibilidade do mercado e os fatores econômicos envolvidos na análise. De qualquer forma, um sistema bem dimensionado certamente apresentará bons resultados, tanto na prática, quanto nas pesquisas, fato que pode ser comprovado, tanto pelo expressivo crescimento dos sistemas fotovoltaicos nos últimos anos, quanto pelos resultados deste trabalho. E, ainda que situado em locais e orientações não favoráveis, como foi visto neste estudo de caso, se o sistema for concebido racionalmente, apresentará resultados certamente satisfatórios.

REFERÊNCIAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa Nº 482 e 493**. 2012. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>> . Acessado em: 12 abril 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410: **Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <http://www.ibr.unicamp.br/lab/luz/ld/normas%20e%20relat%F3rios/NRs/nbr_5410.pdf> Acessado em: 9 março 2016.

AUTODESK. **AutoCAD e Revit Softwares. Disponíveis em:**<<https://www.autodesk.com>>. Acessado em: 25 mar. 2016.

AUTODESK. **EcoTect Software**. Disponível em:<<https://www.autodesk.com>>. Acessado em: 12 out. 2011.

BETÀK, J.; SÚRI, M.; CEBECAUER, T.; SKOCZEK, A. **Solar resource and photovoltaic electricity potential in EU-MENA region**. 2012. Disponível em: <http://geomodelsolar.eu/_docs/papers/2012/Betak-et-al--EUPVSEC2012--Solar-resource-potential-in-EU-MENA-region.pdf> Acessado em: 2 maio 2016

BRASIL SOLAIR. **Projeto Juazeiro**. Notícia disponível, e acessada dia 10 de Junho de 2016, em: <<http://www.brasilsoilair.com.br/projeto-juazeiro>>

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2015: ano base 2014**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2015.pdf> Acessado em:8 abril 2016

CICLO VIVO. **Alemanha bate recorde e energia renovável chegou a ser grátis por um dia**. 2016. Página 1. Notícia disponível, e acessada dia 10 de Junho de 2016, em: <<http://ciclovivo.com.br/noticia/alemanha-bate-recorde-e-energia-renovavel-chegou-a-ser-gratis-por-um-dia/>>

EUROPEAN PHOTOVOLTAIC INDUSTRY ASSOCIATION. **Global market outlook for phtovoltaics until 2016**. Brussels: 2014. Disponível em: <http://www.pv-magazine.com/fileadmin/uploads/PDFs/Global_Market_Outlook_2016.pdf> Acessado em:8 abril 2016

FREITAS G. S. **As modificações na matriz energética brasileira e as implicações para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental**. 2011. Dissertação (Doutorado em Economia do Desenvolvimento) - Programa de Pós-Graduação em Economia da Faculdade

de Ciências Econômicas da UFRGS. Porto Alegre, 2011. Disponível em:
<<http://hdl.handle.net/10183/40251>> Acessado em: 1 abril 2016.

GOOGLE. **Google EarthPro Software**. Disponível em:<<https://www.google.com.br/earth/download/gep/agree.html>>. Acessado em: 3 mar. 2016.

IEA – International Energy Agency apud MME - Ministério de Minas e Energia. **Energia Solar – Brasil e Mundo – Ano de referência 2014**. 2015. Disponível em:
<http://www.mme.gov.br/web/guest/publicacoes-e-indicadores/boletins-de-energia?p_p_auth=GvkMomfM&p_p_id=20&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&_20_struts_action=%2Fdocument_library%2Fview_file_entry&_20_redirect=htp%3A%2F%2Fwww.mme.gov.br%2Fweb%2Fguest%2Fpublicacoes-e-indicadores%2Fboletins-de-energia%3Fp_p_auth%3DGvkMomfM%26p_p_id%3D20%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26_20_entryEnd%3D20%26_20_displayStyle%3Ddescriptive%26_20_viewEntries%3D1%26_20_viewFolders%3D1%26_20_expandFolder%3D0%26_20_folderStart%3D0%26_20_action%3DbrowseFolder%26_20_struts_action%3D%252Fdocument_library%252Fview%26_20_folderEnd%3D50%26_20_entryStart%3D0%26_20_folderId%3D3580498&_20_fileEntryId=3589864> Acessado em: 8 abril 2016.

LABSOL. **RADIASOL 2**. Disponível em <<http://www.solar.ufrgs.br/#softwares>>. Acessado em 6 abr. 2016.

LIBRE OFFICE. **Libre Office Calc**. Disponível em:<<https://pt-br.libreoffice.org/>>. Acessado em 10 mar. 2016.

Ministério da Fazenda. **Taxas de Juros Selic**. Brasil, 2017. Disponível em:
<<http://idg.receita.fazenda.gov.br/orientacao/tributaria/pagamentos-e-parcelamentos/taxa-de-juros-selic#Taxaselic>> Acessado em: 20 maio 2017.

Ministério das Cidades. **Portaria N°325**. 2011. Disponível em:
<<http://central3.to.gov.br/arquivo/176708/>> Acessado em: 3 junho 2016.

MME - Ministério de Minas e Energia. **Energia Solar – Brasil e Mundo – Ano de referência 2014**. 2015. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/publicacoes-e-indicadores/boletins-de-energia?p_p_auth=GvkMomfM&p_p_id=20&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&_20_struts_action=%2Fdocument_library%2Fview_file_entry&_20_redirect=htp%3A%2F%2Fwww.mme.gov.br%2Fweb%2Fguest%2Fpublicacoes-e-indicadores%2Fboletins-de-energia%3Fp_p_auth%3DGvkMomfM%26p_p_id%3D20%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26_20_entryEnd%3D20%26_20_displayStyle%3Ddescriptive%26_20_viewEntries%3D1%26_20_viewFolders%3D1%26_20_expandFolder%3D0%26_20_folderStart%3D0%26_20_action%3DbrowseFolder%26_20_struts_action%3D%252Fdocument_library%252Fview%26_20_folderEnd%3D50%26_20_entryStart%3>

D0%26_20_folderId%3D3580498&_20_fileEntryId=3589864> Acessado em: 29 março 2016

MME - Ministério de Minas e Energia. EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Nota Técnica DEA 19/14: Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil – Condicionantes e Impacto**. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/DEA%2019%20-%20%20Inser%C3%A7%C3%A3o%20da%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20Fotovoltaica%20Distribu%C3%ADda%20no%20Brasil%20-%20Condicionantes%20e%20Impactos%20VF%20%20\(Revisada\).pdf](http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/DEA%2019%20-%20%20Inser%C3%A7%C3%A3o%20da%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20Fotovoltaica%20Distribu%C3%ADda%20no%20Brasil%20-%20Condicionantes%20e%20Impactos%20VF%20%20(Revisada).pdf)> Acessado em: 29 março 2016.

PINHO, J. T; GALDINO, M. A (Org). **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro de Referência para Energias Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito, 2014. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf> Acessado em: 30 março 2016.

PROGD – Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica. MME – Ministério de Minas e Energia. **Apresentação do Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica**. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/3013891/15.12.2015+Apresenta%C3%A7%C3%A3o+ProGD/bee12bc8-e635-42f2-b66c-fa5cb507fd06?version=1.0>> Acessado em: 6 junho 2016.

RAFFA, R. **Produção de energia solar será isenta de imposto**. Rio Grande do Sul, 2016. Acessado dia 10 de Junho de 2016, em <http://www.rs.gov.br/conteudo/232284/producao-de-energia-solar-sera-isenta-de-imposto/termosbusca=*>

Rio Grande Energia – Sul. **Tarifas, Taxas e Tributos**. Rio Grande do Sul, 2017. Disponível em: <<https://www.rgesul.com.br/clientes-residenciais-comerciais/Paginas/informacoes/tarifas-taxas-tributos.aspx>> Acessado em: 20 maio 2017.

SCHOTT SOLAR. **SCHOTT PERFORM™ MONO series**. 2012. Disponível em: <http://www.mpptsolar.com/pt/images/paineis-solares/pdf-paineis/schott_perform_mono_255-270.pdf> Acessado em: 7 junho 2016.

SILVA, R. M. **Energia Solar no Brasil: dos incentivos aos desafios**. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado. 2015 (Texto para Discussão nº 166). Disponível em: www.senado.leg.br/estudos. Acesso em 3 de fevereiro de 2015. Acessado em: 29 maio 2016.

TIBA, C.; FRAIDENRAICH N.; MOSZKOWICZ M.; CAVALCANT, E. S. C.; LYRA, F.J.M.; NOGUEIRA, A. M. B.; GALLEGOS, H. G. **Atlas Solarimétrico do Brasil: banco de dados solarimétricos**. 2000. Recife. Ed. Universitária da UFPE. Disponível em:

<http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Atlas_Solarimetrico_do_Brasil_2000.pdf> Acessado em: 21 março 2016.

APÊNDICE A – DADOS CLIMÁTICOS E SOLARIMÉTRICOS

	TEMPERATURA AMBIENTE LESTE – MÁXIMOS											
	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO
1	25,7	25,2	24,1	17,2	18,9	30,9	24,5	23,6	17,9	23,6	21,7	26,1
2	25,7	26,9	27,1	22,8	28,3	12,5	29,1	11,2	19,4	29,1	18,8	28,3
3	23,6	24,7	32,7	22,2	18,8	30,8	14,9	22,3	16,4	22,9	28,0	29,8
4	27,0	20,7	23,5	22,9	13,6	19,1	20,6	16,9	14,0	19,2	17,1	25,8
5	25,4	22,1	21,3	19,0	25,9	18,0	17,2	30,3	12,7	13,8	27,0	28,0
6	25,1	23,5	26,3	26,2	19,5	15,7	23,2	14,2	20,5	30,8	19,9	22,8
7	24,4	26,8	27,9	27,3	15,0	17,7	16,6	11,7	17,4	15,2	22,3	27,2
8	21,5	26,3	22,7	14,6	19,4	16,9	19,5	13,4	18,8	18,7	24,8	24,8
9	29,2	20,7	27,4	16,6	18,0	21,1	16,8	23,9	25,8	29,1	20,0	22,4
10	24,5	31,0	19,8	24,8	20,5	19,9	20,2	17,5	13,4	23,1	23,6	26,7
11	29,3	20,2	34,3	23,7	30,9	27,4	15,7	33,8	19,0	27,9	26,7	25,4
12	26,8	28,0	18,9	20,4	18,7	10,2	26,6	15,8	18,9	20,2	23,2	27,1
13	28,3	32,8	26,7	14,4	20,7	13,2	10,7	20,2	20,1	19,8	30,5	26,9
14	26,0	24,8	24,7	16,0	11,9	16,9	22,4	26,5	19,2	22,3	18,6	25,3
15	27,0	25,2	25,8	23,5	20,4	27,8	14,9	17,6	25,5	22,5	24,1	28,4
16	25,8	26,7	27,4	24,8	17,8	30,1	15,0	20,8	18,5	18,7	22,7	22,0
17	26,0	28,7	25,2	16,3	25,2	14,4	16,9	22,9	22,2	22,0	22,2	25,7
18	28,3	26,8	21,8	27,2	19,0	21,0	31,5	13,2	27,4	19,2	20,5	25,7
19	22,6	25,5	24,2	20,3	14,1	18,4	16,8	28,4	19,6	13,6	25,6	22,7
20	29,1	26,9	21,6	16,9	26,3	30,6	14,5	17,6	13,8	20,0	18,8	21,9
21	32,0	27,5	25,8	20,4	13,6	11,4	17,3	16,5	19,9	15,5	27,3	19,6
22	25,9	23,5	22,1	18,1	21,9	24,3	13,4	16,4	21,7	23,4	22,9	21,1
23	24,5	25,1	24,0	23,4	21,1	30,9	20,6	13,0	22,1	26,1	23,3	31,6
24	31,3	29,4	22,0	21,0	23,7	23,0	12,5	17,7	29,1	15,4	24,0	24,5
25	23,7	27,9	26,3	23,4	14,6	14,5	19,6	25,1	29,6	24,0	25,4	27,2
26	27,6	22,1	22,4	19,1	25,6	18,6	21,8	13,8	19,5	22,2	25,5	23,3
27	25,8	20,2	25,9	18,6	22,9	20,1	23,4	34,3	22,0	23,3	21,9	26,7
28	23,3	31,0	21,6	19,4	19,7	10,0	16,9	12,2	18,9	25,8	24,4	29,9
29	23,3		21,6	14,9	20,0	11,8	18,4	11,9	15,1	17,3	25,3	23,4
30	26,8		24,4	23,3	16,7	11,6	21,9	21,1	24,9	25,4	21,6	20,3
31	26,3		31,6		18,1		14,2	20,8		20,4		32,2

	TEMPERATURA AMBIENTE OESTE – MÁXIMOS											
	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO
1	29,4	27,2	26,7	24,9	23,7	20,6	11,0	14,3	16,7	18,6	18,5	28,9
2	23,7	26,1	23,9	18,4	21,8	25,2	21,0	29,2	19,2	16,8	24,2	20,2
3	24,0	28,4	23,2	30,7	21,9	14,9	25,6	14,1	16,4	23,6	25,2	27,5
4	22,3	25,5	27,7	24,2	17,4	16,4	14,7	22,9	27,8	14,6	17,4	25,6
5	22,4	23,7	34,5	20,6	25,3	30,2	20,7	18,9	15,8	27,1	23,9	24,9
6	26,8	28,6	24,3	23,1	17,7	18,8	22,5	17,4	22,6	17,8	22,6	23,2
7	22,2	26,2	24,7	20,9	21,0	25,9	15,1	19,9	16,3	20,6	23,4	24,2
8	32,0	26,9	25,2	17,2	32,0	17,9	25,5	15,3	20,0	15,3	18,2	30,4
9	23,7	26,6	22,6	30,8	11,4	17,2	14,9	20,1	29,2	23,2	31,7	22,3
10	27,4	25,4	28,5	23,1	20,3	21,6	24,6	14,6	16,7	19,7	21,1	24,5
11	23,7	28,6	24,7	15,3	19,1	14,1	11,5	13,7	19,1	22,7	27,3	30,0
12	28,1	24,9	23,5	17,6	21,1	17,1	13,1	32,3	12,8	33,3	21,4	22,6
13	27,9	21,2	27,0	21,2	20,0	15,3	20,7	11,8	18,1	19,9	26,3	25,7
14	27,7	25,8	25,4	22,1	25,1	13,3	19,2	20,4	25,6	25,3	18,2	25,1
15	24,1	26,0	24,6	21,2	22,3	16,5	22,3	34,0	19,4	16,8	29,3	24,4
16	24,7	24,2	25,4	24,3	12,7	17,3	20,1	18,1	26,1	19,1	20,9	20,9
17	28,3	28,3	22,8	14,6	16,0	15,7	12,1	20,2	14,5	13,7	18,2	36,1
18	26,3	26,2	30,4	21,8	17,6	18,1	25,4	15,9	25,5	23,6	23,1	23,8
19	27,1	20,8	20,1	20,1	30,9	29,6	9,2	19,3	23,4	23,1	22,7	25,3
20	26,6	29,5	25,6	14,6	18,8	25,7	20,9	23,8	27,2	29,8	24,4	29,4
21	26,0	23,3	27,4	16,0	18,4	19,3	16,8	17,9	11,7	20,4	18,0	21,4
22	25,2	23,7	19,8	24,1	27,8	20,5	27,9	20,7	14,9	24,1	22,3	30,3
23	27,1	25,0	24,4	20,2	16,2	30,6	11,5	32,8	25,0	23,3	23,4	25,4
24	24,5	27,8	23,8	21,5	17,7	20,2	17,1	10,9	29,4	25,4	25,8	28,5
25	26,9	22,5	30,0	24,5	18,6	30,6	23,5	10,9	15,9	25,5	24,3	26,3
26	26,3	29,3	24,1	18,6	15,6	15,6	24,5	19,4	13,5	21,0	23,3	28,0
27	22,4	21,2	22,4	22,8	27,1	15,7	27,4	20,8	19,9	23,3	23,9	23,2
28	29,4	26,9	26,4	15,4	17,4	16,1	11,0	27,4	24,1	24,9	20,7	23,0
29	22,5		23,6	22,5	25,7	12,7	16,7	17,3	22,7	18,3	19,7	25,1
30	22,7		29,3	25,2	25,8	23,0	24,3	19,0	24,1	17,8	25,0	22,5
31	28,5		23,7		13,5		12,5	15,8		22,4		24,2

TEMPERATURA CÉLULA LESTE – MÁXIMOS

1	53,48	47,37	43,52	33,38	32,87	39,31	35,20	32,32	28,72	50,91	47,56	54,49
2	50,02	52,77	43,78	45,33	44,83	21,67	37,83	23,58	39,06	53,33	40,04	55,86
3	50,94	42,10	59,13	38,78	31,25	44,22	28,53	34,04	32,21	47,80	48,71	59,75
4	54,40	33,92	43,12	46,21	27,34	31,24	30,23	28,51	31,52	45,11	29,92	58,91
5	47,16	25,39	39,04	34,83	41,79	27,19	31,42	35,90	24,62	27,51	59,68	58,72
6	42,87	48,39	49,15	46,66	36,38	18,21	31,12	27,61	41,07	40,60	44,15	44,51
7	31,89	53,12	52,37	49,35	20,10	18,76	28,39	19,42	33,33	35,85	54,54	53,66
8	46,45	48,55	41,93	22,23	30,01	24,77	33,02	21,27	38,33	43,88	53,72	49,54
9	52,76	43,26	48,75	27,80	30,66	34,57	28,81	35,49	41,16	55,85	48,02	53,53
10	44,00	55,56	39,81	44,76	34,50	29,51	34,10	33,85	26,06	51,79	48,70	35,13
11	55,11	25,85	50,87	47,38	44,78	34,00	29,05	44,64	36,02	52,84	55,94	48,26
12	53,27	54,20	33,98	39,56	33,11	21,05	35,87	26,17	34,41	47,64	46,98	58,22
13	51,83	54,09	50,74	26,85	30,58	23,11	21,70	36,72	36,58	45,27	54,96	55,02
14	55,58	51,70	43,12	25,12	23,85	27,50	35,88	44,59	39,43	42,73	44,16	48,42
15	56,72	51,71	44,53	40,90	33,65	38,98	28,52	36,91	42,95	41,41	51,44	56,56
16	49,38	51,52	44,14	44,71	27,79	43,50	15,56	34,15	34,72	43,70	38,42	40,05
17	55,31	56,27	49,02	32,92	40,87	25,64	27,90	40,10	45,59	49,87	38,47	49,06
18	34,46	54,80	42,09	42,18	32,47	32,93	43,79	29,80	50,38	22,92	51,52	50,91
19	49,62	49,69	48,32	39,68	27,02	29,82	32,08	42,38	37,52	27,48	42,12	53,25
20	54,09	57,66	38,45	22,78	36,72	39,64	24,07	34,53	34,10	38,04	25,37	31,12
21	63,08	58,69	43,03	42,63	26,60	19,02	27,81	26,75	32,54	31,84	36,74	36,99
22	53,51	51,51	41,69	39,15	34,40	33,60	26,28	24,47	41,81	45,45	47,39	43,52
23	51,89	41,84	48,19	43,99	34,73	43,05	33,42	15,35	46,19	44,42	47,97	65,23
24	43,26	51,73	39,00	39,95	37,83	36,75	22,63	36,43	52,66	34,42	56,19	55,65
25	47,37	41,07	51,13	38,26	29,91	18,89	36,03	45,75	47,04	49,84	55,47	60,45
26	51,06	36,36	44,66	36,48	39,17	29,73	34,98	29,14	40,85	43,14	48,02	34,83
27	50,30	35,39	47,60	33,80	36,47	28,32	33,41	49,93	41,30	52,75	41,13	50,72
28	28,87	60,05	43,22	30,44	33,05	19,63	32,08	25,16	33,62	53,34	52,70	59,89
29	43,88		40,21	26,30	31,50	17,08	29,58	17,57	29,02	19,81	59,08	55,85
30	52,85		40,90	35,61	29,49	13,38	36,65	40,19	40,60	51,45	51,34	25,09
31	48,10		51,03		25,01		18,49	38,73		40,23		59,21

TEMPERATURA CÉLULA OESTE – MÁXIMOS

1	47,41	61,76	56,07	54,56	46,45	36,86	25,75	29,14	38,00	39,96	37,31	48,21
2	40,38	57,05	50,17	41,87	46,48	39,24	43,13	39,92	43,56	23,36	53,36	41,50
3	36,70	61,01	42,36	52,31	42,32	28,61	47,13	27,41	29,73	41,66	46,25	61,41
4	35,95	45,99	61,70	48,22	35,72	33,92	34,42	39,96	42,50	25,12	30,99	53,58
5	38,04	42,14	50,84	36,53	37,98	46,69	33,16	31,60	33,54	55,88	45,04	50,63
6	55,84	44,88	51,72	43,04	42,32	37,11	43,00	39,10	39,19	43,20	47,91	43,82
7	53,77	52,75	48,90	47,72	41,61	43,68	31,68	38,28	38,43	43,35	46,71	48,45
8	67,19	55,53	45,56	37,62	40,60	35,26	47,05	34,68	43,28	33,09	33,48	62,83
9	52,94	50,11	37,00	50,97	23,09	33,99	27,80	40,99	59,01	51,56	62,61	45,60
10	34,01	48,11	45,75	43,14	34,45	26,13	42,64	33,20	35,45	46,42	56,34	54,41
11	44,04	59,78	49,02	31,83	41,86	14,51	23,59	24,64	37,76	49,05	64,93	60,90
12	60,75	49,45	49,85	36,14	44,57	17,29	27,78	47,25	29,35	54,72	55,14	46,99
13	51,51	24,99	57,21	42,23	42,20	23,92	43,93	21,41	42,51	50,02	58,61	50,06
14	44,30	52,67	58,24	47,07	42,50	28,07	39,00	35,86	41,46	52,85	28,89	53,82
15	44,69	51,93	53,48	45,61	36,69	33,11	44,62	47,49	49,47	38,85	59,24	52,06
16	45,65	50,53	52,18	47,79	15,20	27,48	36,60	38,07	50,49	30,94	48,08	40,79
17	57,36	58,00	46,16	32,95	16,19	30,59	23,27	43,50	34,26	31,82	46,77	67,04
18	57,45	58,16	44,84	46,99	28,02	35,92	37,26	32,54	48,68	50,64	48,14	51,36
19	60,80	32,26	30,09	36,66	50,56	49,28	19,40	41,09	52,14	50,71	42,29	49,70
20	55,08	43,83	48,55	28,90	40,93	46,10	42,49	35,62	50,03	56,45	49,26	54,34
21	55,06	47,80	41,89	22,20	36,18	36,11	35,38	42,28	30,78	50,53	38,84	51,69
22	45,81	42,19	24,86	51,78	47,08	35,82	41,76	41,10	28,68	50,78	54,01	61,36
23	52,06	52,91	48,38	45,90	26,68	42,61	15,19	50,87	51,50	54,79	50,95	61,18
24	54,02	48,65	54,26	40,66	41,44	40,85	30,88	25,87	47,57	56,48	53,33	59,00
25	58,59	55,59	55,19	49,68	39,78	41,74	47,52	21,69	39,51	52,32	57,49	55,17
26	55,83	58,87	46,10	44,77	27,76	29,83	40,18	43,83	23,66	51,93	53,07	56,76
27	44,74	37,71	47,01	36,99	38,24	18,66	48,16	35,78	42,72	54,65	43,07	48,05
28	58,08	52,09	51,81	38,15	35,76	26,16	25,04	47,59	53,38	53,15	43,15	45,68
29	48,16		47,18	44,19	48,96	25,17	31,48	36,87	50,67	41,41	49,40	52,59
30	48,33		51,93	46,81	48,55	41,62	35,44	37,95	50,12	36,66	54,21	45,47
31	39,93		49,97		32,20		27,85	35,84		44,36		43,48

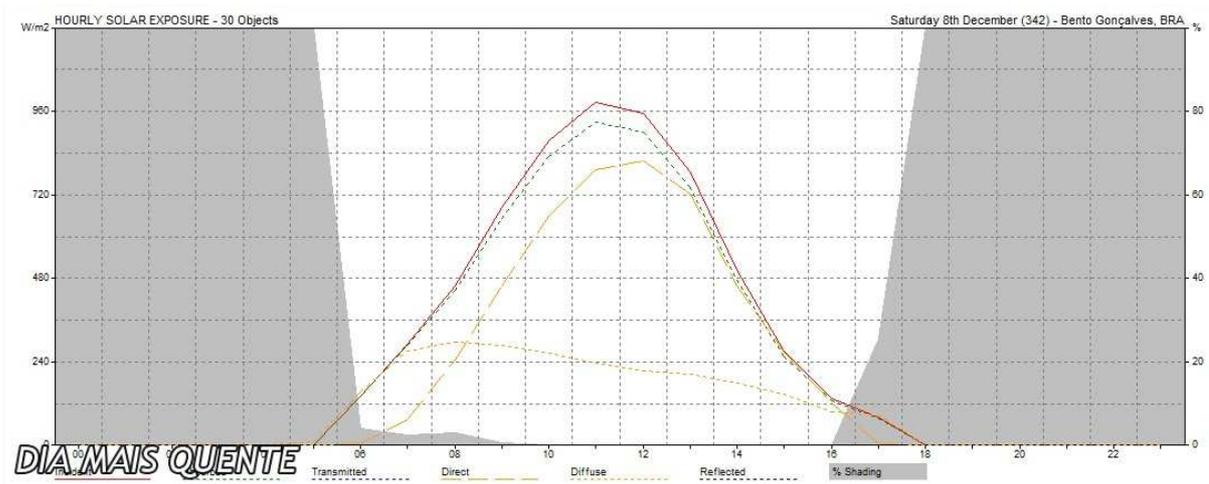
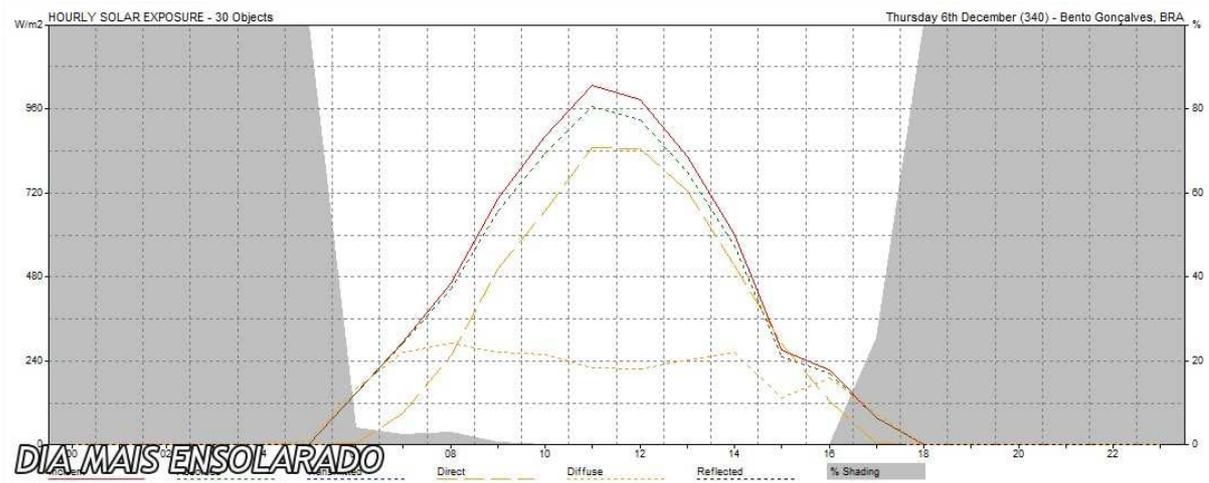
	IRRADIAÇÃO LESTE – MÁXIMOS [W/m²]											
	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO
1	956,00	728,72	733,31	520,81	504,24	414,65	505,99	390,99	413,55	928,32	885,02	1.014,00
2	833,00	936,52	591,47	768,93	650,76	429,10	406,42	524,26	728,30	893,86	738,39	974,67
3	900,59	662,54	924,93	648,70	609,58	503,12	486,42	545,20	566,76	934,25	816,21	1.048,00
4	966,47	494,91	727,06	825,88	458,78	513,68	426,70	437,51	589,58	857,76	438,93	1.101,24
5	790,75	194,99	603,03	560,97	595,09	408,38	537,65	364,82	403,98	445,23	1.074,69	1.111,00
6	581,55	889,19	830,33	709,08	609,51	219,35	438,37	493,09	719,77	576,32	865,54	746,00
7	338,99	890,25	843,77	760,93	281,69	108,88	505,26	272,24	615,48	695,91	1.082,86	907,53
8	843,06	763,11	676,19	298,63	387,40	369,35	534,76	267,90	698,42	885,69	970,20	849,65
9	896,95	773,00	795,16	400,03	414,58	523,69	450,37	476,41	610,02	952,11	938,40	1.038,00
10	655,88	830,78	720,19	741,07	531,26	384,44	528,09	567,91	433,89	953,32	860,81	484,00
11	902,89	199,99	859,81	805,81	618,53	346,64	468,74	632,72	624,53	942,85	996,35	865,65
12	914,12	887,79	540,20	654,65	602,75	369,60	411,69	414,99	573,07	938,80	856,93	1.114,38
13	833,08	710,10	842,91	404,75	476,64	349,24	384,10	659,94	692,71	872,57	926,70	1.015,00
14	980,99	937,47	698,11	320,56	391,92	406,39	520,73	629,85	778,60	717,90	919,06	787,91
15	1.005,36	928,41	695,98	658,87	500,86	413,06	525,71	685,28	683,30	792,77	954,97	967,53
16	805,60	845,52	625,32	727,91	403,89	532,41	73,93	580,08	573,55	843,42	547,72	593,49
17	973,18	943,09	838,46	549,25	565,43	449,42	444,92	620,45	796,41	981,71	651,77	809,34
18	321,99	920,10	722,87	591,28	494,99	500,63	532,62	617,55	798,52	118,99	1.056,67	906,00
19	911,62	847,58	870,94	700,10	455,98	458,30	549,88	555,63	654,45	530,63	643,98	1.025,49
20	940,46	1.048,23	587,14	232,84	535,19	430,88	325,50	605,86	720,03	596,52	246,98	422,96
21	1.012,78	1.046,09	605,78	746,54	499,24	410,37	354,82	383,09	558,11	567,64	338,99	630,00
22	982,76	960,28	642,83	734,28	509,37	466,37	473,16	347,96	720,58	827,25	858,72	736,57
23	931,75	571,67	850,97	722,99	576,98	528,26	521,22	92,97	863,54	715,85	875,69	1.127,43
24	657,79	797,24	585,47	692,95	559,21	526,47	420,25	663,31	865,84	634,33	1.074,94	1.059,00
25	859,76	575,06	884,19	625,96	534,78	188,35	599,45	740,67	786,49	895,21	996,08	1.086,45
26	873,48	571,46	792,30	594,49	523,37	418,78	482,16	577,32	811,27	749,62	815,03	403,99
27	839,59	543,62	745,63	537,69	509,67	404,67	421,86	704,24	756,08	1.028,82	743,32	847,71
28	270,99	1.008,04	749,40	420,52	492,50	324,21	538,57	462,77	615,01	945,42	961,57	1.094,00
29	728,81		624,28	412,85	409,53	175,25	444,15	184,91	470,96	128,00	1.116,09	1.086,43
30	945,45		636,94	416,25	441,20	210,40	578,26	763,25	586,38	987,30	996,47	227,00
31	819,15		692,07		220,98		191,85	660,28		727,40		1.024,45

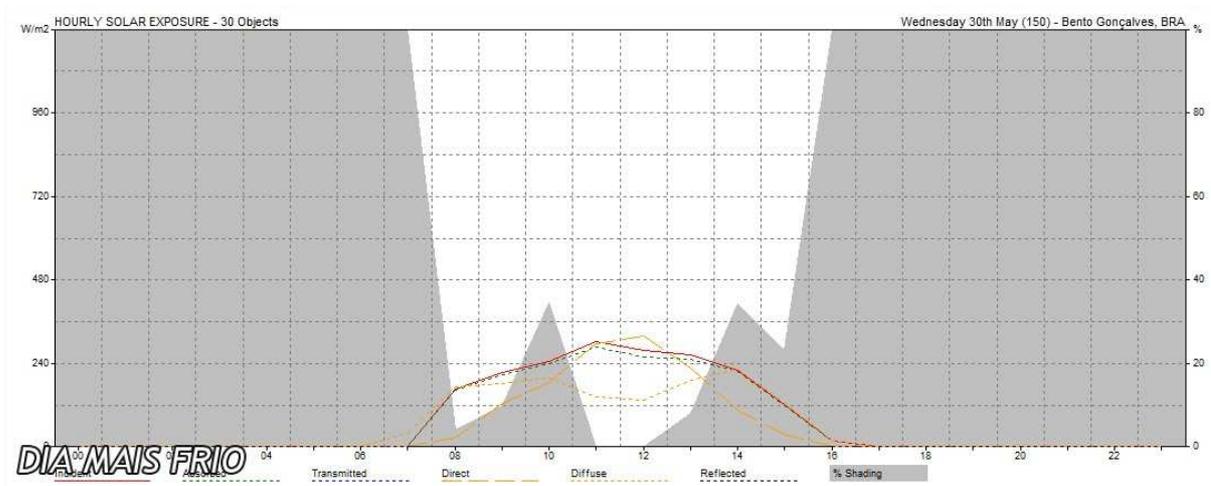
	IRRADIAÇÃO OESTE – MÁXIMOS [W/m²]											
	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO
1	698,00	1.122,00	1.019,84	952,32	852,65	620,80	494,37	574,15	755,08	705,93	649,99	676,00
2	536,89	1.000,00	840,74	786,22	821,87	554,95	725,34	448,58	798,57	257,85	994,00	697,65
3	495,92	1.050,00	657,88	806,78	653,46	441,82	711,29	477,08	442,54	654,66	808,00	1.101,00
4	468,94	780,42	1.097,73	768,59	643,92	612,23	634,19	618,67	605,32	518,89	466,85	972,00
5	570,73	635,00	715,78	567,39	613,66	578,96	485,06	469,54	567,69	956,01	734,00	926,00
6	971,00	553,70	886,45	669,96	819,77	617,80	665,68	694,51	662,21	838,34	864,45	695,00
7	1.039,00	945,71	867,22	864,76	720,41	610,67	604,20	669,93	743,21	795,17	906,00	824,00
8	1.126,00	916,00	734,64	711,20	396,92	654,58	728,12	631,20	751,45	610,86	540,30	1.076,00
9	974,23	845,00	520,23	802,12	390,00	559,59	443,72	678,22	963,55	923,38	1.050,00	745,61
10	382,98	749,00	731,35	727,66	457,30	344,17	636,99	599,30	599,98	909,47	1.134,00	959,00
11	721,14	1.048,96	855,18	528,95	760,28	188,88	415,62	369,28	657,99	875,14	1.204,00	1.056,00
12	1.064,00	871,95	843,14	593,23	751,19	100,97	469,63	649,61	574,49	838,99	1.099,00	835,00
13	778,00	147,00	989,01	673,00	726,31	413,35	746,64	387,53	841,86	1.005,58	1.114,00	833,87
14	633,55	927,00	1.063,73	821,57	588,94	475,74	656,00	561,85	607,95	881,73	355,00	919,00
15	666,41	868,07	940,32	803,59	591,59	586,06	743,19	719,63	984,60	791,85	1.035,00	898,00
16	732,05	909,84	863,22	786,82	196,91	419,02	659,31	696,56	834,74	474,78	869,71	687,68
17	1.045,00	976,00	770,04	619,34	70,98	540,51	379,80	745,48	728,33	618,12	943,00	1.051,00
18	1.000,00	1.026,00	702,08	818,75	371,77	576,58	504,37	567,58	885,62	935,66	814,24	949,00
19	1.104,00	370,00	364,51	545,86	746,98	633,12	348,91	719,73	964,36	883,55	681,28	809,46
20	972,00	516,32	839,94	476,95	797,69	684,89	694,01	611,92	790,72	993,46	866,00	906,67
21	930,00	795,79	588,51	284,89	605,69	560,41	629,80	815,30	645,62	976,88	715,00	998,00
22	717,00	643,00	192,97	901,74	616,90	541,31	696,45	687,90	469,79	898,66	1.037,00	1.026,00
23	962,00	986,00	802,55	830,23	345,08	597,00	281,73	670,94	937,75	1.011,00	904,35	1.162,00
24	951,00	756,77	984,31	613,23	766,19	686,32	482,59	504,54	837,34	1.074,62	957,00	1.056,00
25	1.030,00	1.097,27	843,28	847,47	677,66	570,94	775,10	377,23	800,19	899,77	1.062,00	943,00
26	945,00	1.051,83	831,98	875,86	427,41	496,82	543,38	810,71	337,88	996,14	1.007,03	955,04
27	722,00	563,45	813,81	503,03	391,94	264,39	699,52	594,53	810,32	1.028,77	723,81	814,39
28	1.068,00	844,34	813,14	750,34	626,06	462,87	462,07	742,14	978,57	961,29	792,00	812,00
29	821,00		805,61	725,92	757,11	440,52	607,36	683,44	927,27	774,07	992,11	886,00
30	836,00		807,46	714,58	727,95	637,58	583,60	638,31	855,11	626,00	954,00	735,00
31	388,00		872,78		636,75		509,97	692,51		777,12		645,76

APÊNDICE B – DADOS OBTIDOS NO ECOTECH

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE											
Bento Gonçalves, BRA											
Objects: 30 (Exposed Area: 22.873 m2)											
MONTH	AVAIL.	AVG	REFLECT	INCIDENT	ABSORBED	TRANSMITTED	TOT.Wh	Wh/m2	TOT.Wh	Wh/m2	TOT.Wh
-----	Wh/m2	SHADE	Wh/m2	Wh/m2	TOT.Wh	Wh/m2	-----	-----	-----	-----	-----
Jan	176170	2,00%	0	71602	1637727	66022	1510110	0	1510110	0	0
Feb	144920	4,00%	0	56091	1282951	51625	1180804	0	1180804	0	0
Mar	132617	7,00%	0	39345	899917	35956	822409	0	822409	0	0
Apr	95203	14,00%	0	25155	575360	22704	519307	0	519307	0	0
May	72266	21,00%	0	13573	310461	11912	272467	0	272467	0	0
Jun	49705	16,00%	0	6656	152237	5701	130388	0	130388	0	0
Jul	60326	21,00%	0	9511	217540	8229	188221	0	188221	0	0
Aug	83359	16,00%	0	19033	435328	17044	389846	0	389846	0	0
Sep	103334	10,00%	0	30339	693926	27585	630949	0	630949	0	0
Oct	114204	10,00%	0	37178	850359	34031	778372	0	778372	0	0
Nov	164130	3,00%	0	68515	1567117	62986	1440672	0	1440672	0	0
Dec	174750	4,00%	0	76268	1744451	70300	1607960	0	1607960	0	0
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
TOTALS	1370984		0	453263	10367374	414096	9471506	0	9471506	0	0

<u>AVERAGE DAILY SOLAR EXPOSURE</u>										
Bento Gonçalves, BRA										
Objects: 30 (Exposed Area: 22.873 m ²)										
<u>MONTH</u>	<u>AVAIL.</u> Wh/m ²	<u>AVG</u> <u>SHADE</u>	<u>REFLECT</u> Wh/m ²	<u>INCIDENT</u> Wh/m ²	<u>ABSORBED</u> TOT_Wh	<u>TRANSMITTED</u> Wh/m ²	<u>TOT_Wh</u>	<u>Wh/m²</u>	<u>TOT_Wh</u>	
Jan	5396	2,00%	0	2140	48951	1974	45142	0	0	
Feb	5207	3,00%	0	2071	47365	1906	43599	0	0	
Mar	4291	7,00%	0	1304	29827	1194	27307	0	0	
Apr	3148	12,00%	0	870	19911	788	18015	0	0	
May	2326	24,00%	0	453	10361	399	9121	0	0	
Jun	1623	23,00%	0	211	4816	180	4123	0	0	
Jul	1933	23,00%	0	295	6749	254	5807	0	0	
Aug	2685	16,00%	0	621	14200	555	12697	0	0	
Sep	3435	18,00%	0	980	22405	889	20332	0	0	
Oct	3658	14,00%	0	1181	27006	1081	24731	0	0	
Nov	5463	3,00%	0	2225	50888	2043	46724	0	0	
Dec	5877	4,00%	0	2600	59467	2396	54814	0	0	





APÊNDICE C– CÁLCULO DO CONSUMO ENERGÉTICO

Dependência	Dimensões				PONTOS DE ILUMINAÇÃO				
	L1(m)	L2(m)	Área (m²)	Perímetro(m)	Cálculo N° pts	N° de pontos	Potência Unitária (W)	Número de Horas Estimadas de Consumo (horas / dia)	Energia Gasta Mensal (Wh)
DORMITÓRIO CASAL 01	4,0	3,5	14,0	15,0	14 = 6 + 4 + 4	3,0	220,0	5,0	33.000,00
DORMITÓRIO FEMININO 02	3,5	2,7	9,5	12,4	9,5 = 6 + 3,5	2,0	160,0	5,0	24.000,00
DORMITÓRIO MASCULINO 03	3,5	2,8	9,7	12,5	9,7 = 6 + 3,7	2,0	160,0	5,0	24.000,00
SALA DE ESTUDOS 04	3,5	2,4	8,4	11,8	8,4 = 6 + 2,4	2,0	160,0	7,0	33.600,00
SALA DE ESTAR/ESTUDOS 05	7,6	3,2	24,3	21,6	24,3 = 6 + 4 + 4 + 4 + 2,3	6,0	400,0	7,0	84.000,00
COZINHA/REFETÓRIO/ESTUDOS 06	7,0	3,0	21,0	20,0	menor igual a 6m²	2,0	160,0	10,0	48.000,00
ACESSO COBERTO/ÁREA ESTUDOS EXI 07	4,2	3,7	15,4	15,7	15,4 = 6 + 4 + 4 + 1,4	4,0	280,0	6,0	50.400,00
BANHITO CASAL 08	4,0	3,8	15,2	15,6	15,2 = 6 + 4 + 4 + 1,2	4,0	280,0	4,0	33.600,00
BANHITO MISTO 09	4,5	3,2	14,2	15,3	14,2 = 6 + 4 + 4 + 0,2	3,0	220,0	4,0	26.400,00
AVARANDADO 10	12,0	3,0	36,0	30,0	36 = 6 + 4 + 4 + 4 + 4 + 4 + 2	9,0	580,0	6,0	104.400,00
VESTÍBULO 11	3,3	1,5	4,9	9,5	menor igual a 6m²	1,0	100,0	6,0	18.000,00
Totais									429.600

Dependência	TOMADAS DE USO GERAL									
	Nº de pontos (mín)	Cálculo Nº Pts	Nº de pontos	Potência Unitária (VA)	Potência Total (VA)	Número de Horas Estimadas de Consumo (horas / dia)	Energia Gasta Mensal (kWh)	Energia Gasta Mensal (Wh)		
DORMITÓRIO CASAL 01	4,0	15 = 5 + 5 + 5	3,0	600,0	2400,0	3,0	72.000,00	46.800,00		
DORMITÓRIO FEMININO 02	1,0	12,4 = 5 + 5 + 2,4	3,0	600,0	600,0	3,0	18.000,00	11.700,00		
DORMITÓRIO MASCULINO 03	4,0	12,5 = 5 + 5 + 2,5	3,0	600,0	2000,0	3,0	60.000,00	39.000,00		
SALA DE ESTUDOS 04	3,0	11,8 = 5 + 5 + 1,8	4,0	600,0	2400,0	10,0	180.000,00	117.000,00		
SALA DE ESTAR/ESTUDOS 05	4,0	21,6 = 5 + 5 + 5 + 5 + 1,6	5,0	800,0	2000,0	10,0	120.000,00	78.000,00		
COZINHA/REFEITÓRIO/ESTUDO 5 06	1,0	menor que 6m ²	5,0	600,0	600,0	3,0	10.800,00	7.020,00		
ACESSO COBERTO/ÁREA ESTUDOS EXT 07		15,7 = 5 + 5 + 5 + 0,7	3,0	300,0	1800,0	2,0	36.000,00	23.400,00		
BANHEIRO CASAL 08	1,0	15,6 = 5 + 5 + 5 + 0,6	3,0	1800,0	1800,0	2,0	36.000,00	23.400,00		
BANHEIRO MISTO 09	4,0	15,3 = 5 + 5 + 5 + 0,3	3,0	1800,0	5400,0	2,0	108.000,00	70.200,00		
AVARANDADO 10		36 = 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 1	7,0	700,0	4900,0	2,0	42.000,00	27.300,00		
VESTÍBULO 11	2,0	9,5 = 5 + 4,5	3,0	200,0	600,0	2,0	12.000,00	7.800,00		
Totais								453.600		

TOMADAS DE USO ESPECIAL												
Dependência	Tipos de aparelhos utilizados	Aparelho 1	Número de horas Estimadas de Consumo (horas / dia)	Aparelho 2	Número de horas Estimadas de Consumo (horas / dia)	Aparelho 3	Número de horas Estimadas de Consumo (horas / dia)	Aparelho 4	Número de horas Estimadas de Consumo (horas / dia)	Potência média (W)	Energia Gasta Mensal (kWh)	Energia Gasta Mensal (Wh)
DORMITÓRIO CASAL 01										0,00	0,00	0,00
DORMITÓRIO FEMININO 02										0,00	0,00	0,00
DORMITÓRIO MASCULINO 03										0,00	0,00	0,00
SALA DE ESTUDOS 04	Computadores	250,0	3,0	250,0	3,0	250,0	3,0	250,0	3,0	2.250,00	67.500,00	43.875,00
SALA DE ESTUDOS 05	Computadores	250,0	3,0	250,0	3,0	250,0	3,0	250,0	3,0	2.250,00	67.500,00	43.875,00
COZINHA/RFEITÓRIO/ESTUDOS 06	Cafeteira, Torradeira, Geladeira, Freezer	1000,0	1,0	800,0	0,5	400,0	10,0	200,0	10,0	7.400,00	222.000,00	144.300,00
ACESSO COBERTO/ÁREA ESTUDOS EXT 07										0,00	0,00	0,00
BANHEIRO CASAL 08	Chuveiro Elétrico	3500,0	0,8							2.730,00	81.900,00	53.235,00
BANHEIRO MISTO 09	Chuveiro Elétrico	3500,0	0,8							2.730,00	81.900,00	53.235,00
AVARANDADO 10										0,00	0,00	0,00
VESTÍBULO 11										0,00	0,00	0,00
Totais												338,32

APÊNDICE D- CÁLCULO DA PRODUÇÃO ENERGÉTICA

SOMBREAMENTO ECOTECT			ANÁLISE PERDAS			
	% sombr.	fator	PERDAS CONSTANTES			
Janeiro	0,02	0,98	Sujeira	2 - 3 %	3	0,97
Fevereiro	0,04	0,96	Mismatch	0,5 - 1,5 %	1,5	0,985
Março	0,07	0,93	Cabos CC	0,5 - 1,5 %	1,5	0,985
Abril	0,14	0,86	Cabos CA	0,5 - 1,5 %	1,5	0,985
Maio	0,21	0,79	Inversor		5	0,95
Junho	0,16	0,84	Perdas Nivel Irad	2 - 3 %	3	0,97
Julho	0,21	0,79			PR	85,42%
Agosto	0,16	0,84				
Setembro	0,1	0,9				
Outubro	0,1	0,9				
Novembro	0,03	0,97				
Dezembro	0,04	0,96				

DIA	ENERGIA GERADA ÁGUA LESTE											
	JANEIRO [kWh/dia]	FEVEREIRO [kWh/dia]	MARÇO [kWh/dia]	ABRIL [kWh/dia]	MAIO [kWh/dia]	JUNHO [kWh/dia]	JULHO [kWh/dia]	AGOSTO [kWh/dia]	SETEMBRO [kWh/dia]	OUTUBRO [kWh/dia]	NOVEMBRO [kWh/dia]	DEZEMBRO [kWh/dia]
1	24,35	15,23	12,40	9,32	8,66	7,11	7,68	5,60	7,59	19,61	20,25	20,69
2	20,75	20,61	11,24	15,80	10,03	9,19	6,59	10,26	13,66	18,30	15,71	22,98
3	24,66	12,12	20,56	13,60	9,68	8,90	8,85	9,28	13,68	19,89	16,12	26,91
4	22,97	9,07	18,51	15,79	6,53	9,35	7,28	9,01	14,08	19,33	10,56	29,16
5	15,38	4,00	14,89	8,66	10,16	8,06	8,80	4,59	6,25	8,77	27,22	27,71
6	12,47	21,94	18,62	15,28	11,00	2,57	6,48	9,59	13,97	9,75	17,93	15,14
7	5,77	19,60	18,79	14,34	3,34	1,51	7,90	5,12	10,99	14,87	27,99	24,05
8	24,71	15,53	16,03	4,83	5,07	4,87	7,87	4,45	12,75	16,64	25,29	21,66
9	24,69	18,39	18,04	6,66	7,60	8,90	7,79	8,01	11,33	20,03	21,64	27,71
10	11,16	16,88	15,90	13,64	8,33	7,29	8,83	10,85	11,37	19,29	19,87	7,75
11	25,36	4,45	15,00	16,53	10,29	4,73	8,17	9,04	12,92	18,19	20,16	16,87
12	23,56	22,27	12,00	13,04	9,26	5,45	7,85	5,17	13,41	21,23	18,65	23,34
13	20,81	12,74	18,48	6,79	5,64	5,12	5,38	10,83	13,15	17,42	20,62	22,90
14	25,17	18,84	13,60	4,89	6,85	6,77	8,78	11,11	13,29	15,41	23,49	16,92
15	24,10	22,16	16,34	12,39	8,96	6,98	9,15	13,33	12,44	16,24	25,45	23,29
16	16,76	21,21	11,53	13,67	6,62	9,40	1,49	11,66	9,47	19,95	11,50	10,88
17	23,97	19,20	17,59	12,04	9,81	8,96	6,20	11,73	17,67	20,83	11,15	16,42
18	7,60	21,23	13,74	11,76	9,04	8,76	8,16	11,17	17,02	3,10	23,22	18,18
19	25,22	20,88	18,97	13,80	8,08	7,31	9,57	9,65	15,48	11,90	11,09	27,37
20	20,72	25,83	10,42	3,95	6,53	6,69	4,42	10,51	13,36	13,80	4,60	8,39
21	22,15	25,65	12,59	14,82	7,89	6,04	4,76	8,96	9,83	9,36	7,87	10,68
22	22,31	20,96	13,47	13,35	7,84	7,62	8,30	5,01	17,88	17,38	20,97	15,17
23	17,77	15,30	17,78	14,18	9,21	8,60	8,68	2,03	15,77	13,58	19,40	29,37
24	10,42	21,31	10,66	12,36	9,00	9,48	6,16	12,74	17,50	9,34	26,93	28,43
25	18,43	12,15	19,06	12,18	9,18	2,72	9,60	14,25	14,79	16,68	23,00	29,11
26	22,98	10,80	15,75	10,19	8,89	6,34	8,79	9,25	14,00	19,42	18,48	7,43
27	23,93	8,65	16,21	10,80	8,45	6,79	7,13	12,10	14,77	20,55	17,51	22,06
28	4,56	22,48	14,75	6,06	9,23	5,83	8,76	6,49	15,26	22,41	26,52	26,10
29	14,59		11,57	6,67	7,45	4,01	7,97	3,63	8,72	3,44	29,83	27,57
30	21,33		12,02	7,94	6,74	2,58	10,11	13,70	8,70	19,73	26,74	4,36
31	15,88		14,79		3,12		3,23	12,55		17,21		24,30

ENERGIA GERADA ÁGUA OESTE

DIA	JANEIRO [kWh/dia]	FEVEREIRO [kWh/dia]	MARÇO [kWh/dia]	ABRIL [kWh/dia]	MAIO [kWh/dia]	JUNHO [kWh/dia]	JULHO [kWh/dia]	AGOSTO [kWh/dia]	SETEMBRO [kWh/dia]	OUTUBRO [kWh/dia]	NOVEMBRO [kWh/dia]	DEZEMBRO [kWh/dia]
1	10,50	25,80	9,59	13,91	11,64	6,22	10,87	10,01	10,31	12,72	15,57	25,54
2	9,53	17,09	24,94	13,62	9,44	10,12	11,44	9,73	10,06	8,75	8,03	22,87
3	9,78	10,08	12,36	9,95	8,47	8,13	9,34	9,58	9,60	21,43	12,57	19,22
4	25,18	11,69	22,09	9,29	13,25	11,37	11,32	12,00	14,19	14,55	20,17	15,16
5	28,26	19,67	18,13	18,35	12,46	8,71	10,15	10,61	16,83	14,16	15,90	18,19
6	27,17	22,07	13,03	16,02	6,68	9,70	11,42	12,58	17,06	10,13	9,67	26,75
7	25,40	17,39	9,70	12,81	5,21	9,50	8,54	12,16	20,49	19,54	25,10	18,62
8	7,32	16,76	10,73	11,97	8,30	4,93	9,90	10,79	12,33	18,43	28,69	24,15
9	17,48	25,32	16,82	7,59	13,25	2,48	7,16	5,30	9,48	18,50	29,46	20,37
10	27,01	18,32	16,25	9,56	12,18	1,86	6,34	11,17	10,25	16,59	26,48	20,45
11	22,85	3,92	21,86	11,47	13,04	5,68	13,16	6,41	15,87	18,74	26,16	23,18
12	12,12	19,16	24,17	16,52	9,94	8,84	11,44	9,47	9,77	19,16	7,19	24,48
13	12,88	21,90	22,00	16,26	8,69	9,45	11,71	9,47	21,88	12,65	21,67	19,18
14	16,85	18,12	20,78	13,05	3,71	6,91	9,24	13,38	16,88	8,41	22,66	15,60
15	22,23	22,49	16,28	11,11	1,43	7,11	5,81	13,51	13,24	10,07	23,97	20,56
16	24,57	21,69	10,44	15,87	5,24	10,99	8,60	11,46	15,43	19,88	22,36	23,80
17	26,88	7,76	8,14	8,08	11,06	10,43	5,78	11,56	17,26	18,83	12,05	19,84
18	23,29	12,18	13,57	6,68	12,23	11,32	11,71	9,42	13,89	19,50	22,19	20,94
19	24,45	14,82	7,79	4,96	10,04	10,72	10,14	15,79	12,31	22,91	14,96	26,74
20	17,12	15,03	3,47	17,59	7,59	9,74	9,89	13,40	8,78	20,24	18,77	25,85
21	18,98	18,61	16,59	16,18	6,30	8,81	5,05	11,98	15,70	22,31	24,74	29,90
22	27,00	17,60	20,67	11,61	13,67	10,88	8,39	8,68	13,59	19,48	24,06	24,47
23	20,73	23,54	13,60	14,81	12,58	8,89	13,57	6,02	12,71	19,54	26,88	22,28
24	23,29	19,94	15,69	15,08	5,64	8,24	7,55	12,81	5,85	23,13	24,43	26,19
25	18,20	10,97	17,63	8,00	6,07	4,18	9,57	10,01	14,04	23,03	18,80	18,19
26	20,30	17,84	17,86	15,89	9,47	6,10	7,61	11,18	20,73	19,30	21,78	15,12
27	20,43	22,62	15,55	13,31	13,06	6,00	8,83	12,30	20,64	19,39	22,85	16,45
28	16,44	19,58	14,78	14,56	11,34	11,88	8,65	11,74	20,31	12,79	21,05	17,10
29	6,82	20,08	13,49	10,06	10,06	7,95	7,49	10,15	14,06	18,35	13,16	14,12
30	25,39	16,45	13,96	10,84	10,84	12,69	9,56	12,58	5,72	14,46	12,91	
31	23,97	15,12	11,64	8,58	8,58		8,75	16,27		20,21		

ENERGIA GERADA TOTAL

DIA	JANEIRO [kWh/dia]	FEVEREIRO [kWh/dia]	MARÇO [kWh/dia]	ABRIL [kWh/dia]	MAIO [kWh/dia]	JUNHO [kWh/dia]	JULHO [kWh/dia]	AGOSTO [kWh/dia]	SETEMBRO [kWh/dia]	OUTUBRO [kWh/dia]	NOVEMBRO [kWh/dia]	DEZEMBRO [kWh/dia]
1	34,85	41,03	22,00	23,23	20,30	13,33	18,54	15,61	17,90	32,32	35,82	46,22
2	30,28	37,70	36,18	29,43	19,48	19,31	18,03	19,99	23,72	27,05	23,73	45,85
3	34,45	22,20	32,92	23,55	18,15	17,03	18,20	18,86	23,29	41,32	28,69	46,13
4	48,15	20,76	40,60	25,08	19,78	20,72	18,60	21,02	28,27	33,88	30,73	44,32
5	43,64	23,68	33,02	27,01	22,61	16,77	18,95	15,20	23,08	22,92	43,11	45,89
6	39,64	44,01	31,65	31,30	17,68	12,27	17,90	22,16	31,03	19,87	27,60	41,90
7	31,17	36,99	28,50	27,16	8,55	11,00	16,44	17,28	31,49	34,41	53,09	42,67
8	32,03	32,28	26,76	16,80	13,37	9,80	17,77	15,24	25,08	35,07	53,98	45,81
9	42,17	43,70	34,86	14,25	20,86	11,38	14,95	13,30	20,82	38,53	51,11	48,08
10	38,16	35,20	32,15	23,20	20,51	9,15	15,18	22,02	21,62	35,88	46,35	28,20
11	48,21	8,38	36,86	28,00	23,33	10,40	21,33	15,45	28,78	36,93	46,32	40,06
12	35,68	41,42	36,17	29,56	19,19	14,29	19,29	14,64	23,18	40,39	25,84	47,81
13	33,69	34,64	40,48	23,04	14,33	14,57	17,10	20,30	35,03	30,06	42,30	42,08
14	42,02	36,97	34,38	17,94	10,55	13,68	18,02	24,49	30,17	23,82	46,15	32,52
15	46,33	44,65	32,62	23,51	10,40	14,09	14,96	26,84	25,68	26,30	49,43	43,85
16	41,33	42,91	21,97	29,53	11,86	20,39	10,09	23,12	24,90	39,83	33,86	34,68
17	50,86	26,97	25,74	20,12	20,86	19,39	11,98	23,29	34,93	39,66	23,20	36,26
18	30,88	33,41	27,31	18,44	21,27	20,08	19,86	20,59	30,91	22,60	45,41	39,12
19	49,66	35,70	26,75	18,76	18,12	18,03	19,71	25,45	27,78	34,81	26,04	54,11
20	37,83	40,86	13,89	21,54	14,12	16,44	14,31	23,90	22,15	34,04	23,37	34,24
21	41,13	44,26	29,19	31,00	14,19	14,85	9,81	20,94	25,53	31,67	32,61	40,58
22	49,31	38,56	34,14	24,96	21,51	18,50	16,69	13,69	31,47	36,87	45,03	39,65
23	38,50	38,84	31,38	28,99	21,79	17,49	22,25	8,06	28,48	33,12	46,28	51,65
24	33,71	41,25	26,35	27,44	14,64	17,73	13,71	25,56	23,35	32,47	51,36	54,62
25	36,63	23,12	36,69	20,18	15,24	6,90	19,17	24,27	28,83	39,71	41,81	47,30
26	43,28	28,64	33,61	26,09	18,35	12,44	16,40	20,43	34,72	38,72	40,26	22,55
27	44,36	31,27	31,76	24,11	21,52	12,79	15,96	24,40	35,41	39,94	40,36	38,51
28	21,00	42,06	29,53	20,62	20,57	17,71	17,41	18,24	35,57	35,20	47,58	43,21
29	21,41	-	31,65	20,15	17,51	11,95	15,46	13,79	22,78	21,79	43,00	41,69
30	46,72	-	28,47	21,90	17,58	15,27	19,67	26,28	14,42	34,19	39,65	4,36
31	39,85	-	29,91	11,64	11,70	-	11,98	28,83	-	37,43	-	24,30

APÊNDICE E- ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA

SIMULAÇÃO ECONÔMICA

Ano	Produção Energia [kWh/ano]	Energia Demandada [kWh/ano]	Preço Energia [R\$/kWh]	Conta de Luz	Net Metering	Residual Conta Luz	Economia [R\$]	Cash-Flow [R\$]	Taxa Desc. [%]	TIR [%]	Financiamento Tax. [R\$]	Inversor [R\$]	Placas [R\$]	VPL [R\$]	Ano
0							-R\$ 39.035,00	-R\$ 39.035,00	7,50%		-R\$ 1.490,30	-R\$ 10.560,00	-R\$ 21.375,00	-R\$ 36.311,63	0
1	10.287,35	15.234,48	R\$ 0,64	R\$ 9.779,55	R\$ 6.603,81	R\$ 3.175,74	R\$ 4.316,65	-R\$ 34.718,35	7,50%		-R\$ 1.687,17			-R\$ 66.354,55	1
2	10.235,91	15.242,10	R\$ 0,69	R\$ 10.567,20	R\$ 7.096,46	R\$ 3.470,74	R\$ 4.586,42	-R\$ 30.131,94	7,50%		-R\$ 1.910,04			-R\$ 90.609,57	2
3	10.184,73	15.249,72	R\$ 0,75	R\$ 11.418,28	R\$ 7.625,86	R\$ 3.792,43	R\$ 4.863,50	-R\$ 25.268,44	7,50%		-R\$ 2.162,36			-R\$ 109.530,60	3
4	10.133,81	15.257,34	R\$ 0,81	R\$ 12.337,91	R\$ 8.194,74	R\$ 4.143,17	R\$ 5.146,74	-R\$ 20.121,71	7,50%		-R\$ 2.448,01			-R\$ 123.546,54	4
5	10.083,14	15.264,97	R\$ 0,87	R\$ 13.331,60	R\$ 8.806,07	R\$ 4.525,53	R\$ 5.434,68	-R\$ 14.687,02	7,50%		-R\$ 2.771,39			-R\$ 133.063,17	5
6	10.032,72	15.272,60	R\$ 0,94	R\$ 14.405,33	R\$ 9.463,01	R\$ 4.942,33	R\$ 5.725,51	-R\$ 8.961,51	7,50%		-R\$ 3.137,49			-R\$ 138.464,77	6
7	9.982,56	15.280,24	R\$ 1,02	R\$ 15.565,54	R\$ 10.168,95	R\$ 5.396,59	R\$ 6.016,99	-R\$ 2.944,52	7,50%		-R\$ 3.551,95			-R\$ 140.115,76	7
8	9.932,65	15.287,88	R\$ 1,10	R\$ 16.819,19	R\$ 10.927,55	R\$ 5.891,64	R\$ 6.306,38	R\$ 3.361,86	7,50%		-R\$ 4.021,17			-R\$ 138.362,27	8
9	9.882,99	15.295,52	R\$ 1,19	R\$ 18.173,80	R\$ 11.742,74	R\$ 6.431,06	R\$ 6.590,38	R\$ 9.952,25	7,50%		-R\$ 4.552,36			-R\$ 133.533,50	9
10	9.833,57	15.303,17	R\$ 1,28	R\$ 19.637,52	R\$ 12.618,75	R\$ 7.018,77	R\$ 6.865,02	R\$ 16.817,27	7,50%		-R\$ 5.153,73			-R\$ 125.943,14	10
11	9.784,40	15.310,82	R\$ 1,39	R\$ 21.219,13	R\$ 13.560,11	R\$ 7.659,02	R\$ 7.125,57	R\$ 23.942,84	7,50%		-R\$ 5.834,54			-R\$ 115.890,64	11
12	9.735,48	15.318,46	R\$ 1,50	R\$ 22.928,12	R\$ 14.571,70	R\$ 8.356,42	R\$ 7.366,42	R\$ 31.309,26	7,50%		-R\$ 6.605,28			-R\$ 103.662,43	12
13	9.686,80	15.326,14	R\$ 1,62	R\$ 24.774,75	R\$ 15.658,74	R\$ 9.116,00	R\$ 7.580,91	R\$ 38.890,17	7,50%		-R\$ 7.477,84			-R\$ 89.533,11	13
14	9.638,37	15.333,80	R\$ 1,75	R\$ 26.770,10	R\$ 16.826,89	R\$ 9.943,22	R\$ 7.761,23	R\$ 46.651,40	7,50%		-R\$ 8.465,66			-R\$ 73.766,52	14
15	9.590,18	15.341,47	R\$ 1,89	R\$ 28.926,17	R\$ 18.082,17	R\$ 10.844,00	R\$ 7.898,20	R\$ 54.549,60	7,50%	2,37%	-R\$ 9.583,97	-R\$ 10.560,00		-R\$ 56.616,84	15
16	9.542,23	15.349,14	R\$ 2,04	R\$ 31.255,88	R\$ 19.431,10	R\$ 11.824,78	R\$ 8.271,10	R\$ 62.820,70	7,50%	4,49%				-R\$ 38.244,74	16
17	9.494,51	15.356,81	R\$ 2,20	R\$ 33.773,23	R\$ 20.880,66	R\$ 12.892,57	R\$ 20.280,66	R\$ 83.101,36	7,50%	6,44%				-R\$ 15.637,07	17
18	9.447,04	15.364,49	R\$ 2,38	R\$ 36.493,33	R\$ 22.438,36	R\$ 14.054,97	R\$ 21.838,36	R\$ 104.939,72	7,50%	8,14%				R\$ 10.919,93	18
19	9.399,81	15.372,17	R\$ 2,57	R\$ 39.432,50	R\$ 24.112,26	R\$ 15.320,24	R\$ 23.512,26	R\$ 128.451,98	7,50%	9,61%				R\$ 41.159,22	19
20	9.352,81	15.379,86	R\$ 2,77	R\$ 42.608,39	R\$ 25.911,04	R\$ 16.697,36	R\$ 25.311,04	R\$ 153.763,02	7,50%	10,85%				R\$ 74.831,63	20
21	9.306,04	15.387,55	R\$ 2,99	R\$ 46.040,07	R\$ 27.844,00	R\$ 18.196,07	R\$ 27.244,00	R\$ 181.007,02	7,50%	11,90%				R\$ 111.704,69	21
22	9.259,51	15.395,24	R\$ 3,23	R\$ 49.748,14	R\$ 29.921,16	R\$ 19.826,98	R\$ 29.321,16	R\$ 210.328,18	7,50%	12,80%				R\$ 151.561,52	22
23	9.213,22	15.402,94	R\$ 3,49	R\$ 53.754,86	R\$ 32.153,28	R\$ 21.601,58	R\$ 31.553,28	R\$ 241.881,46	7,50%	13,56%				R\$ 194.199,78	23
24	9.167,15	15.410,64	R\$ 3,77	R\$ 58.084,27	R\$ 34.551,92	R\$ 23.532,36	R\$ 33.951,92	R\$ 275.833,38	7,50%	14,21%				R\$ 239.430,67	24
25	9.121,31	15.418,35	R\$ 4,07	R\$ 62.762,38	R\$ 37.129,49	R\$ 25.632,89	R\$ 36.529,49	R\$ 312.362,86	7,50%	14,77%				R\$ 287.078,09	25

**ANEXO A - FICHA TÉCNICA E ANÚNCIO DE OFERTA DAS PLACAS
FOTOVOLTAICAS**




*Black frame product can be provided upon request.

CS6P-260 | 265 | 270P

The high quality and reliability of Canadian Solar's modules is ensured by 15 years of experience in module manufacturing, well-engineered module design, stringent BOM quality testing, an automated manufacturing process and 100% EL testing.

KEY FEATURES

- 
 Excellent module efficiency of up to 16.79 %
- 
 Outstanding low irradiance performance: 96.5 %
- 
 Positive power tolerance of up to 5 W
- 
 High PTC rating of up to 92.0 %
- 
 IP67 junction box for long-term weather endurance
- 
 Heavy snow load up to 5400 Pa, wind load up to 2400 Pa
- 
 Salt mist, ammonia and blown sand resistance, for seaside, farm and desert environments*

25
years

linear power output warranty

10
years

product warranty on materials and workmanship

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES*

ISO 9001:2008 / Quality management system
 ISO/TS 16949:2009 / The automotive industry quality management system
 ISO 14001:2004 / Standards for environmental management system
 OHSAS 18001:2007 / International standards for occupational health & safety

PRODUCT CERTIFICATES*

IEC 61215 / IEC 61730: VDE / CE / MCS / JET / SII / CEC AU / INMETRO / CQC
 UL 1703 / IEC 61215 performance: CEC listed (US) / FSEC (US Florida)
 UL 1703: CSA / IEC 61701 ED2: VDE / IEC 62716: VDE / IEC 60068-2-68: SGS
 Take-e-way / UNI 9177 Reaction to Fire: Class 1



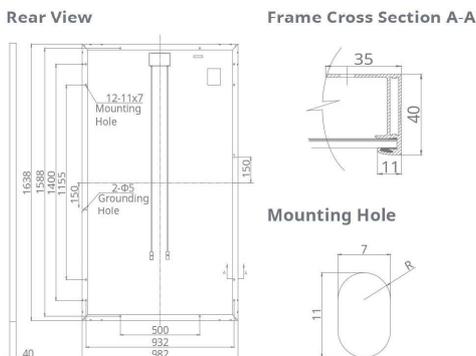
* As there are different certification requirements in different markets, please contact your local Canadian Solar sales representative for the specific certificates applicable to the products in the region in which the products are to be used.

CANADIAN SOLAR INC. is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. As a leading manufacturer of solar modules and PV project developer with over 14 GW of premium quality modules deployed around the world since 2001, Canadian Solar Inc. (NASDAQ: CSIQ) is one of the most bankable solar companies worldwide.

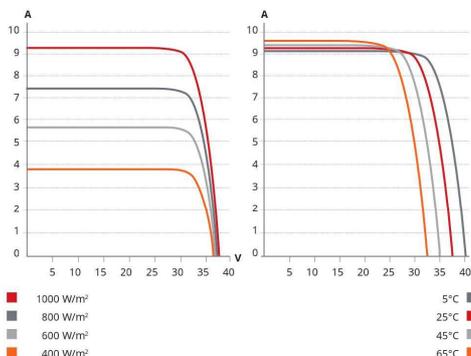
CANADIAN SOLAR INC.

545 Speedvale Avenue West, Guelph, Ontario N1K 1E6, Canada, www.canadiansolar.com, support@canadiansolar.com

ENGINEERING DRAWING (mm)



CS6P-265P / I-V CURVES



ELECTRICAL DATA | STC*

CS6P	260P	265P	270P
Nominal Max. Power (Pmax)	260 W	265 W	270 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	30.4 V	30.6 V	30.8 V
Opt. Operating Current (Imp)	8.56 A	8.66 A	8.75 A
Open Circuit Voltage (Voc)	37.5 V	37.7 V	37.9 V
Short Circuit Current (Isc)	9.12 A	9.23 A	9.32 A
Module Efficiency	16.16 %	16.47 %	16.79 %
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C		
Max. System Voltage	1000 V (IEC) or 1000 V (UL)		
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)		
Max. Series Fuse Rating	15 A		
Application Classification	Class A		
Power Tolerance	0 ~ + 5 W		

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

ELECTRICAL DATA | NOCT*

CS6P	260P	265P	270P
Nominal Max. Power (Pmax)	189 W	192 W	196 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	27.7 V	27.9 V	28.1 V
Opt. Operating Current (Imp)	6.80 A	6.88 A	6.97 A
Open Circuit Voltage (Voc)	34.5 V	34.7 V	34.8 V
Short Circuit Current (Isc)	7.39 A	7.48 A	7.55 A

* Under Nominal Operating Cell Temperature (NOCT), irradiance of 800 W/m², spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

PERFORMANCE AT LOW IRRADIANCE

Industry leading performance at low irradiance, average relative efficiency of 96.5 % from an irradiance of 1000 W/m² to 200 W/m² (AM 1.5, 25°C).

The specification and key features described in this datasheet may deviate slightly and are not guaranteed. Due to on-going innovation, research and product enhancement, Canadian Solar Inc. reserves the right to make any adjustment to the information described herein at any time without notice. Please always obtain the most recent version of the datasheet which shall be duly incorporated into the binding contract made by the parties governing all transactions related to the purchase and sale of the products described herein.

Caution: For professional use only. The installation and handling of PV modules requires professional skills and should only be performed by qualified professionals. Please read the safety and installation instructions before using the modules.

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Poly-crystalline, 6 inch
Cell Arrangement	60 (6×10)
Dimensions	1638×982×40 mm (64.5×38.7×1.57 in)
Weight	18 kg (39.7 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame Material	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP67, 3 diodes
Cable	4 mm² (IEC) or 4 mm² & 12 AWG 1000 V (UL), 1000 mm (39.4 in) (650 mm (25.6 in) is optional)
Connectors	Friends PV2a (IEC), Friends PV2b (IEC / UL)
Standard	26 pieces, 515 kg (1135.4 lbs)
Packaging	(quantity & weight per pallet)
Module Pieces per Container	728 pieces (40' HQ)

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.41 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.31 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.053 % / °C
Nominal Operating Cell Temperature	45±2 °C

PARTNER SECTION



Scan this QR-code to discover solar projects built with this module



busca:

Início > Painéis Fotovoltaicos > Painel Solar Fotovoltaico Canadian CSI CS6P-260P (260Wp)

MENU

- Promoção
- Liquidacao
- Carro Elétrico
- Painéis Fotovoltaicos
- Kits Energia Solar
 - » Sistemas Isolados - Off-grid
 - » Conexão à Rede - Grid-tie
 - » Bombeamento de Água
- Inversores
 - » Sistemas Isolados - Off-grid
 - » Conexão à Rede - Grid-tie
 - » Inversor Carregador
- Controladores

Painel Solar Fotovoltaico Canadian CSI CS6P-260P (260Wp)

1010012 [Mais informações](#)

ESGOTADO

de: R\$742,50

por: R\$593,75

em até de 3X de R\$ 197,92 sem juros [ver todos](#)

à vista: R\$ 570,00 no Boleto (4% desconto)

busca:

Início > Painéis Fotovoltaicos > Painel Solar Fotovoltaico 265Wp - Canadian CSI CS6P-265P - BR

MENU

- Promoção
- Liquidacao
- Carro Elétrico
- Painéis Fotovoltaicos
- Kits Energia Solar
 - » Sistemas Isolados - Off-grid
 - » Conexão à Rede - Grid-tie
 - » Bombeamento de Água
- Inversores
 - » Sistemas Isolados - Off-grid
 - » Conexão à Rede - Grid-tie
 - » Inversor Carregador
- Controladores
- Estruturas / Montagem
- Baterias
- Iluminação

Painel Solar Fotovoltaico 265Wp - Canadian CSI CS6P-265P - BR

10000036 [Mais informações](#)

ENVIO IMEDIATO

de: R\$739,00

por: R\$623,85

em até de 3X de R\$ 207,95 sem juros [ver todos](#)

à vista: R\$ 598,90 no Boleto (4% desconto)



195,4cm

98,2 cm

Painel Solar Fotovoltaico Canadian 320W

(placa-solar-canadian-320W)

A Placa Solar 320W da Canadian Solar para Energia Solar. Painel Fotovoltaico ideal para uso tanto em sistemas conectados à rede, quanto em sistemas isolados com baterias e controlador de carga.

Menor consumo na categoria

R\$ 1.028,56



Placa Solar



Bateria Estacionaria



Aquecedor Solar de Agua



Kit Energia Solar



Lampada LED

Instalar Energia Solar Residencial

Categorias



Painel Solar Fotovoltaico Canadian Solar 270W (placa-solar-canadian-270w)



Placa Solar 270W da marca Canadian para sistemas de geração de energia solar. Ideal para sistemas fotovoltaicos Grid Tie (conexão à rede). O Painel Fotovoltaico da Canadian se destaca em eficiência e durabilidade, sendo *best in class* no segmento.



R\$ 678,04

**ANEXO B - FICHA TÉCNICA E ANÚNCIO DE OFERTA DOS
INVERSORES**

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging



INVERSOR TRANSFORMADOR FRONIUS IG PLUS

/ O inversor versátil com máxima segurança de rendimento.

/ Fronius
Conceito MIX™/ Comutação do
transformador AP/ Fronius Module
Manager/ Conceito de substi-
tuição das placas/ Sistema de
montagem/ Conceito de
ventilação

/ A geração de inversores Fronius IG Plus é a evolução da conceituada gama Fronius IG. Classes de potência de 2,6 a 12 kW asseguram a adequação a instalações de qualquer tamanho possível. Com uma eficiência máxima de 95,9%, a série Fronius IG Plus alcança dos mais elevados valores em inversores transformadores.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO FRONIUS IG PLUS (25 V-1, 30 V-1, 35 V-1, 50 V-1, 55 V-1, 60 V-1)

DADOS DE ENTRADA	25 V-1	30 V-1	35 V-1	50 V-1	55 V-1	60 V-1
Potência máxima DC com $\cos \varphi = 1$	2740 W	3170 W	3710 W	4260 W	5,260 W	6320 W
Corrente de entrada máxima ($I_{dc\ max}$)	11,9 A	13,8 A	16,2 A	18,9 A	22,9 A	27,5 A
Máxima corrente de curto circuito por arranjo	17,9 A	20,7 A	24,3 A	27,9 A	34,4 A	41,3 A
Tensão de entrada mínima ($U_{dc\ min}$)	230 V					
Alimentação de tensão inicial ($U_{dc\ start}$)	260 V					
Tensão de entrada nominal (U_{dc})	370 V					
Tensão de entrada máxima ($U_{dc\ max}$)	600 V					
Intervalo de tensão do MPPT ($U_{mppt\ min} - U_{mppt\ max}$)	230 - 500 V					
Número de entradas DC	6					
DADOS DE SAÍDA	25 V-1	30 V-1	35 V-1	50 V-1	55 V-1	60 V-1
Potência nominal AC (P_{ac})	2600 W	3000 W	3500 W	4000 W	5000 W	6000 W
Potência de saída máxima	2600 VA	3000 VA	3500 VA	4000 VA	5000 VA	6000 VA
Corrente de saída máxima ($I_{ac\ max}$)	11,3 A	13,0 A	15,2 A	17,4 A	21,7 A	26,1 A
Ligação à rede (U_{ac})	Monofásica, NPE 230 V					
Tensão de saída mínima ($U_{ac\ min}$)	180 V					
Tensão de saída máxima ($U_{ac\ max}$)	270 V					
Frequência (f_i)	50 Hz/60 Hz					
Gama de frequências ($f_{min} - f_{max}$)	46 - 65 Hz					
Distorção harmónica	< 3%					
Factor de potência ($\cos \varphi_{ac}$)	0,75 - 1 ind./cap. ¹⁾					

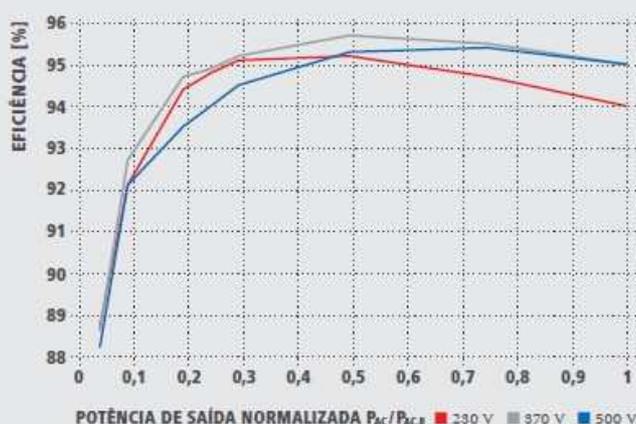
DADOS GERAIS	25 V-1	30 V-1	35 V-1	50 V-1	55 V-1	60 V-1
Dimensões (altura x largura x profundidade)	673 x 434 x 250 mm			968 x 434 x 250 mm		
Peso	28,8 kg			36,9 kg		
Tipo de protecção	IP 54 ²⁾					
Classe de protecção	I					
Categoria de sobretensão (DC/AC)	2/3					
Consumo nocturno	aprox. 1 W					
Conceito do inversor	Transformador AP					
Refrigeração	Refrigeração a ar regulada					
Montagem	No interior e exterior					
Intervalo de temperaturas ambiente	-20 – +55 °C					
Humidade do ar permitida	0 – 95%					
Tecnologia de ligação DC	Ligação de terminal rosçado, 1,5 – 16 mm ²					
Tecnologia de ligação AC	Ligação de terminal rosçado, 2,5 – 85 mm ²					
Certificados e normas cumpridas	DIN V VDE V 0126-1-1, ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, UTE C15-712-1, EN 50438, GRS, G59, C 10 / 11, CER 06-190, CEI 0-21, AS 4777-1, AS 4777-2, AS 4777-3, VDE AR N 4105, ABNT NR 16149					

Mais informações sobre a disponibilidade dos inversores no seu país pode ser encontrada em www.fronius.com.

¹⁾ Especificação para cada país

²⁾ Observe as indicações constantes do manual de instruções para a correcta instalação do inversor (IP 44 aplicado na Austrália).

CURVA DE EFICIÊNCIA DO FRONIUS IG PLUS 50 V-1



REDUÇÃO DA POTÊNCIA DO FRONIUS IG PLUS 50 V-1 DEVIDO À TEMPERATURA



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO FRONIUS IG PLUS (25 V-1, 30 V-1, 35 V-1, 50 V-1, 55 V-1, 60 V-1)

EFICIÊNCIA	25 V-1	30 V-1	35 V-1	50 V-1	55 V-1	60 V-1
Eficiência máxima	95,7%	95,7%	95,7%	95,7%	95,7%	95,7%
Eficiência europeia (η_{21})	94,6%	94,8%	95,0%	95,0%	94,9%	95,0%
η a 5% $P_{ac,21}$ ¹⁾	87,5 / 87,3 / 86,8%	87,9 / 87,6 / 87,2%	88,2 / 88,1 / 87,4%	88,7 / 88,6 / 88,2%	89,7 / 90,3 / 89,6%	90,2 / 91,0 / 90,0%
η a 10% $P_{ac,21}$ ¹⁾	89,7 / 89,8 / 89,4%	90,4 / 90,8 / 90,2%	91,6 / 92,3 / 91,5%	92,1 / 92,7 / 92,1%	91,4 / 91,8 / 90,8%	92,3 / 92,2 / 91,6%
η a 20% $P_{ac,21}$ ¹⁾	93,0 / 93,6 / 92,8%	93,6 / 94,2 / 93,2%	94,1 / 94,6 / 93,4%	94,4 / 94,7 / 93,5%	93,9 / 94,1 / 92,9%	94,6 / 94,5 / 93,7%
η a 25% $P_{ac,21}$ ¹⁾	93,8 / 94,3 / 93,3%	94,3 / 94,6 / 93,5%	94,6 / 94,8 / 93,7%	94,8 / 94,9 / 94,0%	94,4 / 94,6 / 93,6%	94,8 / 94,9 / 94,2%
η a 30% $P_{ac,21}$ ¹⁾	94,4 / 94,8 / 93,6%	94,7 / 94,9 / 93,8%	94,9 / 95,0 / 94,1%	95,1 / 95,2 / 94,5%	94,6 / 94,6 / 94,0%	95,0 / 95,2 / 94,7%
η a 50% $P_{ac,21}$ ¹⁾	95,2 / 95,4 / 94,7%	95,2 / 95,5 / 94,9%	95,3 / 95,7 / 95,3%	95,2 / 95,7 / 95,3%	94,9 / 95,5 / 94,7%	95,3 / 95,5 / 94,9%
η a 75% $P_{ac,21}$ ¹⁾	95,2 / 95,7 / 95,3%	95,1 / 95,7 / 95,4%	94,9 / 95,6 / 95,4%	94,7 / 95,5 / 95,4%	95,0 / 95,6 / 94,9%	95,1 / 95,7 / 95,3%
η a 100% $P_{ac,21}$ ¹⁾	94,9 / 95,6 / 95,4%	94,7 / 95,5 / 95,4%	94,4 / 95,2 / 95,1%	94,0 / 95,0 / 95,0%	95,1 / 95,7 / 95,2%	94,7 / 95,5 / 95,3%
Eficiência adaptativa do MPPT	> 99,9%					

DISPOSITIVOS DE PROTECÇÃO	25 V-1	30 V-1	35 V-1	50 V-1	55 V-1	60 V-1
Medição do isolamento DC	Aviso/desconexão (consoante a configuração do país) com $R_{iso} < 600 \text{ k}\Omega$					
Comportamento de sobrecarga	Deslocação do ponto de trabalho, limitação da potência					
Seccionador DC	Integrado					

Mais informações sobre a disponibilidade dos inversores no seu país pode ser encontrada em www.fronius.com.

¹⁾ E com $U_{inpp, min}/U_{dc,21}/U_{inpp, máx}$.



Olá, Visitante!
Entre ou Cadastre-se

BUSCAR

TODAS AS CATEGORIAS OFF-GRID GRID-TIE PAINEL SOLAR KIT SOLAR BOMBA SOLAR CONTROLADOR INVERSOR BATERIAS



Inversor Grid-Tie 5,0Kw (Sem Wifi) B&B Power - SF5000TL

SKU 1335
Disponibilidade: Imediata

★★★★★ (Avalie agora!)

27% OFF



De R\$ 8.649,00

R\$ 6.290,00

ou 12 x de R\$ 594,86 com juros ▶ Ver parcelas

COMPRAR

ou R\$ 5.849,70 (7,00% de desconto no Boleto Bancário)

Frete e prazo: CEP Ok

Não sei meu cep

NeoSolar

A NEOSOLAR CALCULADORA SOLAR CURSOS LOJA

busca: Digite o que procura...



O seu carrinho está vazio

Início > Inversores > Conexão à Rede - Grid-tie > Inversor Fronius IG Plus 60V-1 (6.000W)

MENU

Promoção

Liquidacao

Carro Elétrico

Painéis Fotovoltaicos

Kits Energia Solar

▶ Sistemas Isolados - Off-grid

▶ Conexão à Rede - Grid-tie

▶ Bombeamento de Água

Inversores

▶ Sistemas Isolados - Off-grid

▶ Conexão à Rede - Grid-tie

▶ Inversor Carregador



Inversor Fronius IG Plus 60V-1 (6.000W)

03.503.014 [Mais informações](#)

ENVIAR IMEDIATO

de: R\$11.000,00

por: R\$5.500,00

em até de 3X de R\$ 1.833,33 sem juros [ver todos](#)

à vista: R\$ 5.280,00 no Boleto (4% desconto)

COMPARAR PRODUTO

MINHA CONTA ATENDIMENTO INTEGRADORES BLOG TELEVENDAS: (31) 3479-1400



Olá, Visitante!
Entre ou Cadastre-se

BUSCAR

TODAS AS CATEGORIAS OFF-GRID GRID-TIE PAINEL SOLAR KIT SOLAR BOMBA SOLAR CONTROLADOR INVERSOR BATERIAS



Inversor Grid-Tie 3,0Kw (Sem Wifi) B&B Power - SF3000TL

SKU 1333
Disponibilidade: Imediata

★★★★★ (Avalie agora!)

19% OFF



De R\$ 5.809,00

R\$ 4.690,00

ou 12 x de R\$ 443,55 com juros ▶ Ver parcelas

COMPRAR

ou R\$ 4.361,70 (7,00% de desconto no Boleto Bancário)

Frete e prazo: CEP Ok

Não sei meu cep

**ANEXO C – PLANTAS FORNECIDAS PELA ARQUITETA
RESPONSÁVEL**

