

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
UNIVERSIDADE ABERTA DO BRASIL
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
APLICADA AOS PROCESSOS PRODUTIVOS

Eduardo Carvalho da Costa

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE
GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA POR MEIO DE PAINÉIS
FOTOVOLTAICOS EM UMA EDIFICAÇÃO MULTIFAMILAR JÁ
CONSTRUÍDA NA CIDADE DE ALEGRETE-RS**

Santana do Livramento, RS
2017

Eduardo Carvalho da Costa

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GERAÇÃO
DE ENERGIA ELÉTRICA POR MEIO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS EM UMA
EDIFICAÇÃO MULTIFAMILIAR JÁ CONSTRUÍDA NA CIDADE DE ALEGRETE-RS**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos (EaD), da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Especialista em Eficiência Energética.**

Orientador: Prof. Alexandre Aparecido Buenos
Coorientador: Prof. Cesar Addis Valverde Salvador

Santana do Livramento, RS
2017

Eduardo Carvalho da Costa

ANÁLISE DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA POR MEIO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS EM UMA EDIFICAÇÃO JÁ CONSTRUÍDA NA CIDADE DE ALEGRETE-RS

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos (EaD), da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Especialista em Eficiência Energética**.

Aprovado em 28 de Julho de 2017

Cesar Addis Valverde Salvador, Dr. (UFSM)
(Presidente/Coorientador)

Flávio Dias Mayer, Dr. (UFSM)

Ronaldo Hoffmann, Dr. (UFSM)

Santana do Livramento, RS
2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, pelo dom da vida e pela oportunidade de aprender e servir sempre.

A minha família, por todo apoio prestado durante o curso de pós-graduação e por não medir esforços para auxiliar-me da melhor maneira.

A minha namorada, Tamires, pela compreensão e apoio prestados sempre.

Aos amigos, que colaboraram de alguma maneira na construção deste trabalho.

À Universidade Aberta do Brasil, pela oferta do curso.

À Universidade Federal de Santa Maria e ao polo UAB de Santana do Livramento-RS, pela oportunidade de realização do curso.

Ao meu orientador, prof. Dr. Alexandre Aparecido Buenos, pelas diretrizes fornecidas e por toda ajuda durante a realização do trabalho.

Ao corpo docente do curso e aos tutores, pelos conhecimentos ministrados e ajuda prestada com muita paciência.

Aos colegas de curso, pela troca de experiências e novos conhecimentos.

À empresa ESCO GD e ao engenheiro eletricista Raul Ledur Kuhn, pela parceria na realização deste trabalho.

RESUMO

ANÁLISE DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA POR MEIO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS EM UMA EDIFICAÇÃO JÁ CONSTRUÍDA NA CIDADE DE ALEGRETE-RS

AUTOR: Eduardo Carvalho da Costa
ORIENTADOR: Alexandre Aparecido Buenos
COORIENTADOR: Cesar Addis Valverde Salvador

A geração de energia elétrica por meio de painéis solares vem crescendo muito nos últimos anos, superando as expectativas mais otimistas. O Brasil possui grande potencial para esse tipo de sistema de geração energética devido ao elevado índice de radiação solar que atinge o nosso país. Os painéis solares são constituídos por células fotovoltaicas compostas por materiais semicondutores, como o silício. Essas células são capazes de transformar a radiação solar em energia elétrica pelo chamado “efeito fotovoltaico”. Tal tecnologia poderia ser aplicada em edificações residenciais ou comerciais com o intuito de gerar economia de energia. Com isso, o objetivo deste trabalho foi definido como sendo a análise de viabilidade de implantação de um sistema de geração de energia elétrica por meio de painéis fotovoltaicos em uma edificação. Para essa análise foi selecionado o edifício Marana que tem 6 pavimentos e doze apartamentos, localizado na cidade de Alegrete no estado do Rio Grande do Sul. Foi proposta a instalação de painéis fotovoltaicos sobre a cobertura das garagens situadas na parte posterior do terreno da edificação. Neste trabalho foi proposto instalar 96 módulos fotovoltaicos com 270 Wp de potência cada um, chegando a um sistema gerador de 25,92 kWp. Os resultados da análise mostram uma redução de até 87% no consumo de energia elétrica proveniente da concessionária de energia, quando comparado com o histórico de consumo médio de energia elétrica da edificação. O custo para o investimento desse sistema foi calculado no valor de R\$116.000,00, e o tempo de retorno total do investimento foi de quatro anos. Ao final do trabalho concluiu-se que o sistema alternativo é viável economicamente e é capaz de suprir grande quantidade de demanda de energia elétrica, no entanto, o efeito do sombreamento dos painéis durante os meses mais frios do ano pode representar perda de efetividade do sistema.

Palavras-chave: Energia. Fotovoltaica. Edificação.

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE VIABILITY OF IMPLEMENTATION OF AN ELECTRICITY GENERATION SYSTEM BY PHOTOVOLTAIC PLATES IN A BUILDING ALREADY BUILT IN THE CITY OF ALEGRETE-RS

AUTHOR: EDUARDO CARVALHO DA COSTA
ADVISOR: ALEXANDRE APARECIDO BUENOS
CO-ADVISOR: CESAR ADDIS VALVERDE SALVADOR

The generation of electric energy through solar panels has been growing a lot in recent years, surpassing the most optimistic expectations. Brazil has great potential for this type of energy generation system due to the high rate of solar radiation that reaches our country. The solar panels are made of photovoltaic cells made of semiconductor materials, such as silicon. These cells are capable of transforming solar radiation into electrical energy by the so-called "photovoltaic effect". This technology could be applied in residential or commercial buildings in order to generate energy savings. Therefore, the objective of this work was defined as the feasibility analysis of the implantation of a system of electric power generation through photovoltaic panels in a building. For this analysis was selected the Marana building with 6 floors and 12 apartments, located in the city of Alegrete, in the state of Rio Grande do Sul. It was proposed the installation of photovoltaic panels on the roof of the garages located at the rear of the building. In this work, proposed the installation of 96 photovoltaic modules with 270 Wp of power each, reaching a generator system of 25.92 kWp. The results of the analysis show a reduction of up to 87% in energy consumption from the utility, compared to the history of the average electric energy consumption of the building. The investment cost of this system was calculated in the amount of R\$ 116,000.00, and the total return time of the investment was four years. At the end of the study, it was concluded that the alternative system is economically viable and capable of supplying a large amount of electricity demand, however, the effect of panel shading during the colder months of the year may represent a loss of Effectiveness of the system.

Keywords: Energy. Photovoltaic. Building.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Piranômetro para medição da radiação global.....	12
Figura 2 - Valores de radiação solar média anual no Brasil (MJ/m ² .dia).....	13
Figura 3 - Valores de radiação solar média para o mês de Dezembro (MJ/m ² .dia)...	14
Figura 4 - Painel solar de silício policristalino.....	18
Figura 5 - Componentes de um módulo FV de silício cristalino (1).....	18
Figura 6 - Componentes de um módulo FV de silício cristalino (2).....	19
Figura 7 - Caixa de junção do tipo JB3 e componentes.....	20
Figura 8 - Conectores de cabos terminais.....	21
Figura 9 - Inversor componente de um sistema interligado à rede.....	22
Figura 10 - Fluxograma de atividades.....	28
Figura 11 – Localização da cidade Alegrete-RS.....	29
Figura 12 - Edifício Marana, Alegrete-RS.....	30
Figura 13 - Dimensões do terreno e área coberta das garagens (em metros).....	32
Figura 14 - Vista superior da área coberta das garagens.....	33
Figura 15 - Módulo fotovoltaico CS6K-270P da marca Canadian Solar.....	35
Figura 16 - Representação da instalação de 96 painéis fotovoltaicos (em metros)...	41
Figura 17 - Representação da inclinação dos módulos.....	43
Figura 18 - Modelo utilizado para estudo do sombreamento dos painéis.....	43
Figura 19 - Sombreamento Janeiro, Fevereiro e Março.....	44
Figura 20 - Sombreamento Abril, Maio e Junho.....	45
Figura 21 - Sombreamento Julho, Agosto e Setembro.....	46
Figura 22 - Sombreamento Outubro, Novembro e Dezembro.....	47
Figura 23 - Inversor FRONIUS ECO 25.0-3-S.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Levantamento de custos de um sistema fotovoltaico de 1,5 kWp.....	24
Tabela 2 - Estimativa de custos de sistemas fotovoltaicos no Brasil (R\$/Wp).....	25
Tabela 3 – Características do módulo fotovoltaico CS6K-270P da marca Canadian Solar.....	36
Tabela 4 - Consumo médio mensal de energia elétrica durante o ano de 2015.....	39
Tabela 5 - Consumos anuais com energia pelo edifício Marana.....	40
Tabela 6 – Características do inversor FRONIUS ECO 25.0-3-S:.....	49
Tabela 7 - Estimativa de geração de energia elétrica.....	49
Tabela 8 - Estimativa de custos de instalação do sistema fotovoltaico.....	51

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	9
1.1.	OBJETIVOS	10
1.1.1.	Objetivo geral	10
1.1.2.	Objetivos específicos	10
1.2.	DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS	10
2.	REVISÃO DA LITERATURA	11
2.1.	ENERGIA SOLAR	11
2.1.1.	Radiação solar e fatores de influência	11
2.1.2.	Radiação solar no Brasil	13
2.2.	GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	15
2.2.1.	Materiais semicondutores	15
2.2.2.	Tipos de sistemas de geração de energia solar fotovoltaica	15
2.2.3.	Componentes de um sistema de geração do tipo conectado à rede	17
2.3.	VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA	23
2.3.1.	Custo do sistema de energia solar fotovoltaica	23
2.3.2.	Tarifação	25
2.3.3.	Instalação e regularização junto a concessionárias de energia elétrica	26
2.3.4.	Manutenção, Garantia e Vida útil	26
2.4.	NORMAS E RESOLUÇÕES PARA SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS	27
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	28
3.1.	PLANEJAMENTO	28
3.2.	EDIFICAÇÃO EM ESTUDO: “EDIFÍCIO MARANA”	29
3.2.1.	Caracterização das áreas da edificação	31
3.2.2.	Caracterização do consumo de energia da edificação	34
3.3.	SIMULAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO	34
3.3.1.	Consulta de mercado	34
3.3.2.	Módulo fotovoltaico	35
3.3.3.	Inversor	36
3.3.4.	Análise técnica: dimensionamento	36
3.3.5.	Sombreamento	37
3.3.6.	Análise econômica	37
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	39

4.1.	CONSUMO ENERGÉTICO DA EDIFICAÇÃO	39
4.2.	REPRESENTAÇÃO GRÁFICA.....	41
4.2.1.	Sombreamento.....	43
4.3.	POTÊNCIA INSTALADA	48
4.3.1.	Inversor	48
4.4.	GERAÇÃO ENERGÉTICA	49
4.5.	ESTIMATIVA DE CUSTO E DE RETORNO DO INVESTIMENTO.....	51
5.	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	53
5.1.	CONCLUSÕES.....	53
5.2.	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	54
	REFERÊNCIAS.....	55
	ANEXO A – ORÇAMENTO FORNECIDO PELA EMPRESA ESCO GD.....	58

1. INTRODUÇÃO

As consequências do aumento do efeito estufa e do aquecimento global têm demonstrado que, cada vez mais, deve-se procurar novas fontes de produção de energia, de modo que possamos preservar o meio ambiente para as próximas gerações. O Plano Nacional de Energia 2030 (EPE, 2007) afirma que a tendência é que o consumo de energia elétrica no país aumente consideravelmente nos próximos anos, o que exigirá um acréscimo na oferta de energia elétrica.

Atualmente, as hidrelétricas produzem cerca de 65% de toda a oferta interna de energia elétrica brasileira (EPE, 2014), enquanto a energia produzida através da radiação solar, que causa pouquíssima influência no meio ambiente, sequer consta nos dados do Balanço Energético Nacional 2015.

A energia solar fotovoltaica é um tipo de energia limpa que transforma a radiação solar em energia elétrica através de células fotovoltaicas. Esse tipo de produção de energia vem apresentando um alto crescimento mundial nos últimos anos, superando as previsões mais otimistas (ALONSO, GARCÍA, SILVA, 2013). O Brasil apresenta grande potencial para a produção de energia solar fotovoltaica, uma vez que é alta a incidência de radiação solar no nosso país. O Plano Nacional de Eficiência Energética estabelece, entre outras coisas, panoramas e sugestões de superação para a execução de edificações energeticamente mais eficientes, incluindo a implantação de sistemas alternativos de geração de energia elétrica.

No entanto, há muito o que ser realizado no país em relação à produção de energia fotovoltaica e eficiência energética em edifícios. Apesar de o Brasil isentar alguns equipamentos fotovoltaicos de impostos e da existência de alguns programas de estímulo ao uso da energia solar fotovoltaica (VARELLA, CAVALIERO, SILVA, 2008), ainda é pequeno o percentual de edificações que utilizam esse sistema para a produção de energia. Conforme dados da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2012) estima-se que o Brasil possua atualmente cerca de 20 MW de capacidade de geração solar fotovoltaica instalada.

A grande maioria das edificações localizadas na cidade de Alegrete e na região oeste do Rio Grande do Sul não possuem sistema alternativo para a geração de energia elétrica. Com isso, a ideia de analisar a viabilidade de implantação desse tipo de fonte de energia em uma dessas edificações vai ao encontro dos interesses sustentáveis e de eficiência energética.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo geral

Analisar a viabilidade técnica econômica da implantação de um sistema de painéis solares fotovoltaicos para a geração de energia elétrica, em uma edificação localizada na cidade de Alegrete no estado do Rio Grande do Sul.

1.1.2. Objetivos específicos

- a) Estimar o consumo energético da edificação já construída;
- b) Avaliar os meios de implantação de um sistema de geração de energia solar fotovoltaica (espaço físico disponível, instalação de equipamentos, etc);
- c) Estimar a quantidade de energia que poderá ser produzida e utilizada pelo novo sistema;
- d) Estimar uma possível economia anual no consumo de energia elétrica da rede pública após a instalação do sistema proposto;

1.2. DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS

Este trabalho está dividido em 5 capítulos. O primeiro capítulo introduz o trabalho, descreve o objetivo geral e também os objetivos específicos a serem alcançados.

O segundo capítulo trata-se da revisão da literatura disponível acerca do tema proposto. Apresenta os princípios da geração de energia solar, os fatores de influência da radiação solar, os principais equipamentos utilizados pelos sistemas fotovoltaicos, as ligações com a rede convencional e o tempo de vida útil do sistema.

No terceiro capítulo é apresentado o plano de execução do trabalho, a metodologia de cálculo e a edificação a ser analisada.

No quarto capítulo são demonstrados e discutidos os resultados encontrados para o dimensionamento do sistema de geração de energia elétrica por meio de painéis fotovoltaicos.

No quinto capítulo são indicadas as principais conclusões chegadas ao fim do trabalho e também as sugestões para trabalhos futuros.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. ENERGIA SOLAR

Situado a uma distância de aproximadamente 150 milhões de quilômetros da Terra, o Sol é o mantenedor da vida e a principal fonte energética do nosso planeta (PINHO; GALDINO, 2014).

Considerada como a energia menos poluente e menos finita conhecida até o momento, a energia solar está disponível para a humanidade desde o seu surgimento (LOPEZ, 2012). Ela mantém a Terra aquecida e iluminada, propiciando as melhores condições para a manutenção e a evolução dos seres vivos.

O Sol é composto, em sua fase atual, de 92,1% de átomos de hidrogênio e 7,8% de átomos de hélio (MCIT, 2013) e sua energia provém das reações de fusão nuclear que ocorrem em seu núcleo, onde átomos de hidrogênio se fundem para formar átomos de hélio, reação que libera uma grande quantidade de energia.

Alguns combustíveis atualmente utilizados, como os combustíveis fósseis e a biomassa, têm sua origem nos seres vivos, que por sua vez, obtêm energia da luz solar, por meio da fotossíntese ou da alimentação direta (LOPEZ, 2012). Logo, a maioria das fontes energéticas, são, em última instância, derivadas da energia do Sol (PINHO; GALDINO, 2014)

A radiação solar pode ser utilizada diretamente como fonte de energia térmica e/ou luminosa, mas também pode ser convertida em energia elétrica, onde os dois principais sistemas de conversão conhecidos são os sistemas heliotérmicos e fotovoltaicos.

2.1.1. Radiação solar e fatores de influência

A energia solar que chega ao nosso planeta é transmitida na forma de radiação eletromagnética. Essa radiação é formada de ondas eletromagnéticas com frequências e comprimentos de onda diferentes (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

Os seres humanos percebem a radiação solar visível apenas como luz branca, quando na verdade “[...] ela se espalha por uma ampla variedade de comprimentos de onda, desde o infravermelho até o ultravioleta” (BOYLE, 2004, p.21, tradução nossa).

A radiação que incide no topo da atmosfera não alcança a superfície em sua totalidade. Cerca de 30% de toda a radiação solar é refletida de volta para o espaço. Desse modo, “[...] a incidência total de radiação solar sobre um corpo localizado no solo é a soma das componentes direta, difusa e refletida” (LOPEZ, 2012, p.22).

Denomina-se radiação direta aquela que ocorre quando os raios de sol incidem diretamente sobre o plano horizontal da superfície. Radiação difusa é aquela que chega ao solo de modo indireto, atravessando obstáculos como poeira, nuvens e demais objetos. A soma da radiação difusa com a radiação direta é chamada de radiação global. (VILLALVA; GAZOLI, 2012). Por último, radiação refletida é aquela que chega ao solo e é refletida de volta à atmosfera, dependendo das características do objeto que sofre incidência.

Os principais fatores que influenciam na quantidade de radiação solar que chega à superfície de determinado local são a latitude, a posição da Terra em relação ao Sol (estações do ano) e fatores atmosféricos, tais como nuvens e poluição.

O piranômetro, demonstrado na Figura 1, é um instrumento capaz de medir a radiação global em um determinado local, recebendo luz de todas as direções e concentrando em um sensor de radiação localizado em seu núcleo (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

Figura 1 - Piranômetro para medição da radiação global



Fonte: Adaptado de Hukseflux (2017)

Conforme Villalva e Gazoli (2012, p.45) “uma grandeza empregada para quantificar a radiação solar é a irradiância”, também conhecida como irradiação, expressa em unidade de potência, watt por metro quadrado (W/m^2).

Em um dia claro, o valor de irradiação solar, ou irradiância, pode chegar a $1000 W/m^2$ (BOYLE, 2004, tradução nossa). Esse valor é utilizado como padrão na indústria fotovoltaica.

2.1.2. Radiação solar no Brasil

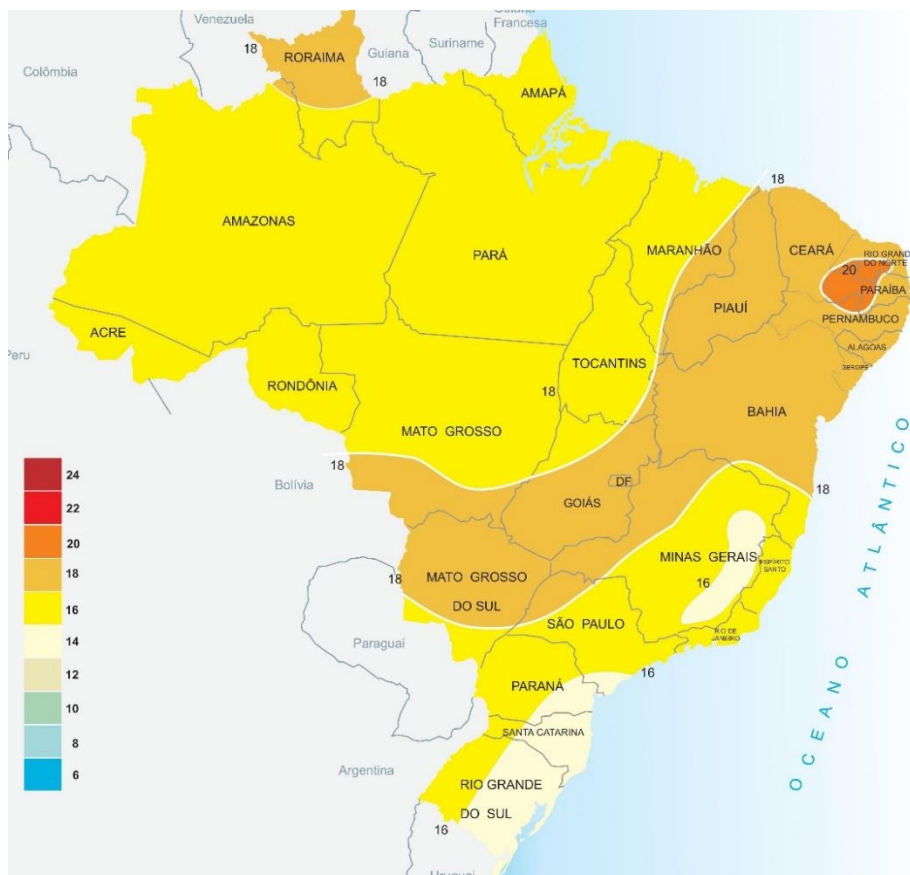
O território brasileiro é localizado, na grande maioria, em uma região intertropical (PEREIRA *et al*, 2006), com as regiões Norte e Nordeste próximas à linha do Equador. Isso o torna privilegiado em relação ao potencial de radiação solar incidente (EPE, 2007).

Contudo, a maioria da população brasileira e das atividades socioeconômicas realizadas no país se concentram em regiões mais próximas do litoral e mais distantes da linha do Equador, como as regiões Sul e Sudeste.

Como o território brasileiro apresenta grande extensão, o ângulo de aproveitamento máximo da radiação solar pelos painéis solares pode variar bastante de região para região.

De acordo com dados do Atlas Solarimétrico do Brasil (TIBA, 2000) os valores de radiação solar global no Brasil variam entre 8 e 22 MJ/m².dia.

Figura 2 - Valores de radiação solar média anual no Brasil (MJ/m².dia)



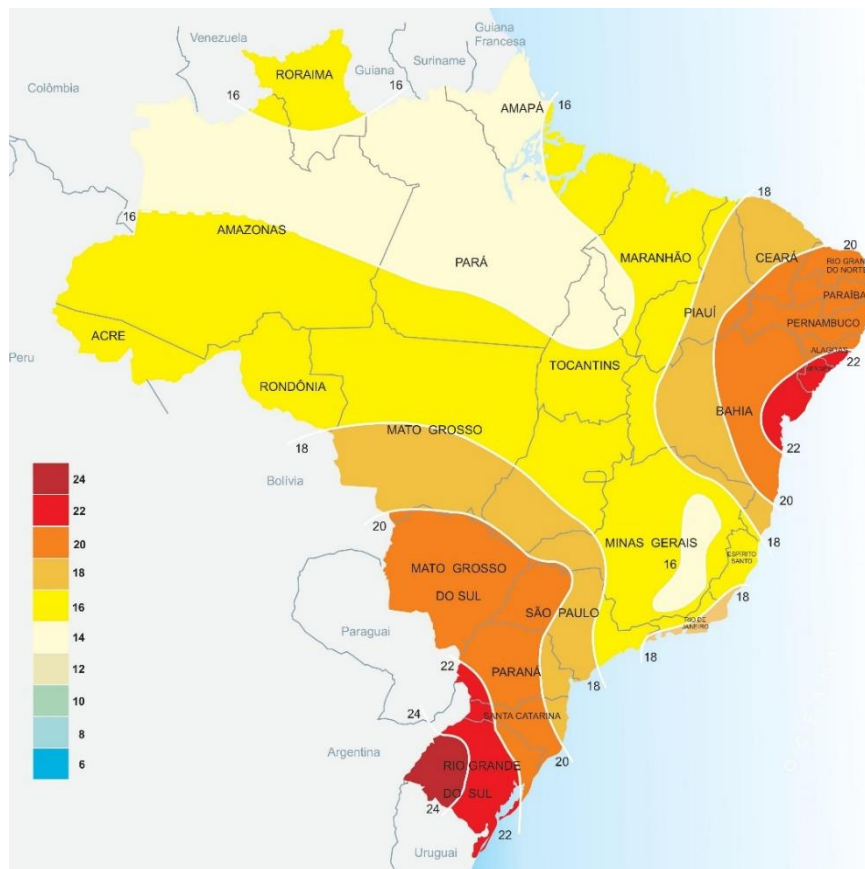
Fonte: Adaptado de Atlas Solarimétrico do Brasil, TIBA, (2000).

A região Nordeste é a que apresenta os maiores valores de radiação solar, comparáveis às melhores regiões do mundo, além de sofrer menos com as variações sazonais (TIBA, 2000).

Em comparação com as demais regiões brasileiras, a região Sul possui os menores índices de radiação solar média anual. O clima temperado dessa região e a influência de massas polares contribuem para o aumento da nebulosidade, principalmente durante o inverno (EPE, 2007).

No entanto, especificamente na parte oeste do Rio Grande do Sul, a radiação média mensal entre os meses de Novembro e Janeiro pode ficar entre os 22 e 24 MJ/m².dia, com destaque para o mês de Dezembro, onde a média atinge o valor máximo nacional de 24 MJ/m².dia, maior, inclusive, do que na região Nordeste.

Figura 3 - Valores de radiação solar média para o mês de Dezembro (MJ/m².dia)



Fonte: Adaptado Atlas Solarimétrico do Brasil, TIBA, (2000)

2.2. GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A energia fotovoltaica é a energia produzida através da conversão direta da luz solar em energia elétrica (BOYLE, 2004, tradução nossa).

Essa transformação se dá por meio do chamado “efeito fotovoltaico”, que consiste no “[...] aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção da luz” (LOPEZ, 2012, p.85).

O efeito fotovoltaico foi constatado pela primeira vez em 1839, pelo físico francês Edmond Becquerel (PINHO; GALDINO, 2014). Becquerel descreveu seu experimento quando notou que lâminas de prata aumentavam a voltagem de uma bateria quando expostas à luz solar (BOYLE, 2004, p. 67, tradução nossa).

Outros pesquisadores realizaram estudos e experimentos relacionados ao efeito fotovoltaico, mas apenas a partir da década de 1970 que esses dispositivos tiveram maior desenvolvimento (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

2.2.1. Materiais semicondutores

Um material semicondutor é aquele que possui características de isolamento de eletricidade quando em temperatura ambiente e características condutivas quando em temperaturas muito altas.

Os principais elementos semicondutores pertencem aos grupos 14 e 16 da tabela periódica, como o Carbono (C), Silício (Si), Germânio (Ge), Arsênio (As), Fósforo (P), Selênio (Se) e Telúrio (Te) (PINHO; GALDINO, 2014).

Destes, os mais utilizados em células fotovoltaicas são o silício e o germânio, em virtude de seus átomos se organizarem de forma cristalina com estrutura cúbica.

2.2.2. Tipos de sistemas de geração de energia solar fotovoltaica

Existem três tipos diferentes de sistemas fotovoltaicos: sistema isolado ou autônomo (*off-grid*), sistema conectado à rede elétrica (*grid-tie*) e sistema híbrido (LOPEZ, 2012).

2.2.2.1. Sistema isolado: Off-grid

Os sistemas fotovoltaicos isolados são geralmente empregados em locais não atendidos por uma rede de distribuição de eletricidade. (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

A opção por esse tipo de sistema é mais comum em zonas rurais, praias, ilhas, áreas de camping e em qualquer lugar desprovido de rede elétrica. Também encontram aplicações em equipamentos para sinalização em estradas, alimentação de sistemas de telecomunicações, carregamento de baterias e várias outras. Esses sistemas exigem pouca manutenção (exceto quanto à reposição das baterias), além de serem ecológicos e silenciosos (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

Um componente essencial ao sistema autônomo de geração de energia elétrica é a bateria, que serve para armazenamento de energia em casos de pouca ou nenhuma radiação solar, como em dias chuvosos e à noite. Santos (2013) afirma que o uso de baterias minimiza a eficiência do sistema fotovoltaico. Supercapacitores também podem ser utilizados para o armazenamento de energia. (LOPEZ, 2012)

Conforme Pinho e Galdino (2014, p.257) “os sistemas isolados foram regulamentados inicialmente pela Resolução Aneel Nº 83/2004, a qual teve um papel importante na inserção de sistemas fotovoltaicos nos programas de eletrificação rural no país”. Em 2012 a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) publicou a Resolução Nº 493/2012, que substituiu a antiga 83/2004 e estabelece condições de fornecimento por meio de microssistemas isolados de geração de energia elétrica (PINHO; GALDINO, 2014).

Como no Brasil muitas localidades não são atendidas por rede elétrica, principalmente nas regiões mais distantes do litoral, o sistema autônomo fotovoltaico representa uma boa alternativa para suprir essa necessidade.

2.2.2.2. Sistema conectado à rede: Grid-tie

O sistema fotovoltaico conectado à rede é aquele instalado em locais já atendidos por concessionária de distribuição de energia elétrica (VILLALVA; GAZOLI, 2012). Nesse caso, o sistema não necessita de baterias para armazenamento de energia (LOPEZ, 2012).

Villalva e Gazoli (2012, p. 149) afirmam que “residências e empresas que possuem sistemas fotovoltaicos conectados à rede e produzem energia excedente

deixam de ser consumidores e tornam-se produtores de eletricidade”. Santos (2013, p.47) ratifica dizendo que um sistema conectado à rede elétrica “funciona como uma miniusina fornecendo energia à rede pública”, permitindo uma geração sem armazenamento e mais eficiente.

Conforme a Resolução Normativa Nº 482/2012 (ANEEL; 2012) ficam definidas como microgeração distribuída, minigeração distribuída e usinas de eletricidade, centrais geradoras com potência instalada de até 75 kW, entre 75 kW e 5 MW e acima de 5 MW, respectivamente.

De acordo com Urbanetz Junior (2010), os sistemas fotovoltaicos podem ser empregados, no meio urbano, em casas isoladas, edifícios residenciais, comerciais e até mesmo em indústrias. Contudo, ainda existem poucos sistemas como esse instalados no Brasil, a grande maioria deles encontra-se em universidades e centros de pesquisa.

Para o desenvolvimento desse trabalho, optou-se pela análise de implantação de um sistema de geração de energia elétrica fotovoltaica através de um sistema conectado à rede.

2.2.2.3. Sistema híbrido

Sistema híbrido é aquele que combina a geração de energia elétrica através de painéis fotovoltaicos com outro tipo de fonte energética, como turbinas eólicas e geração diesel (LOPEZ, 2012).

Comumente esses sistemas precisam ser analisados caso a caso em suas particularidades, Pinho e Galdino (2014, p. 255) afirmam que “[...] a contribuição de cada fonte poderá variar de 0 a 100% dependendo de fatores como: investimento inicial, custo da manutenção, dificuldade da obtenção de combustível” etc.

2.2.3. Componentes de um sistema de geração do tipo conectado à rede

Um sistema fotovoltaico conectado à rede é composto por vários itens: painéis solares, sistema de fixação, cabos, inversores, terminais de proteção e outros.

2.2.3.1. Painéis solares

Um painel, ou módulo, é um agrupamento de células fotovoltaicas conectadas em paralelo ou em série com a finalidade de produzir as tensões e correntes necessárias (LOPEZ, 2012).

O silício é o elemento mais utilizado na composição de células constituintes de módulos fotovoltaicos em todo o planeta, correspondendo em 2011 a mais de 85% do mercado mundial. Módulos típicos encontrados comercialmente podem conter 36, 60 e 72 células de silício monocristalino, policristalino ou amorfo. (PINHO; GALDINO, 2014).

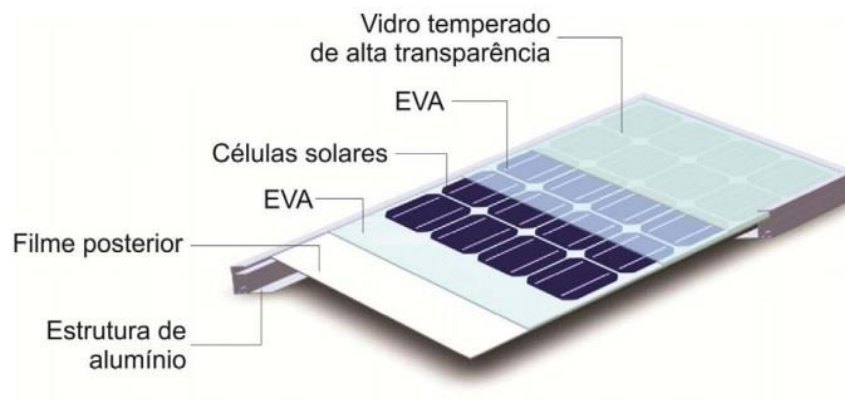
Figura 4 - Painel solar de silício policristalino



Fonte: Adaptado de Canadian Solar (2017)

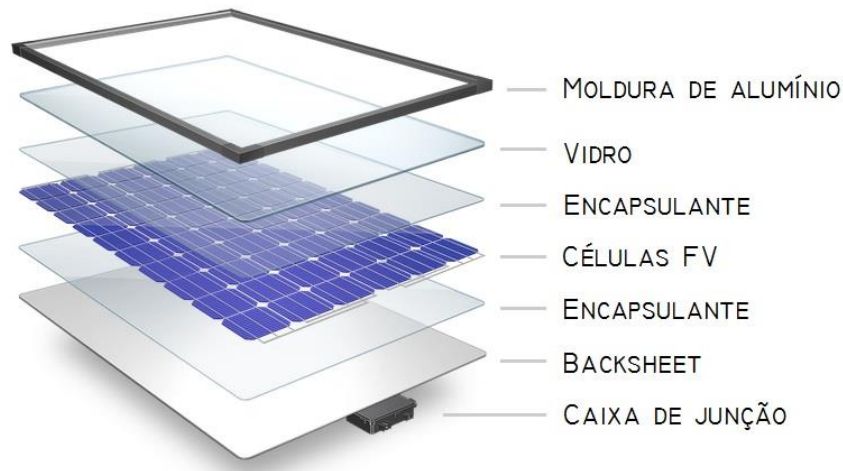
Nas Figura 5 e 6, são apresentados os principais componentes de um módulo fotovoltaico de silício.

Figura 5 - Componentes de um módulo FV de silício cristalino (1)



Fonte: Pinho e Galdino (2014)

Figura 6 - Componentes de um módulo FV de silício cristalino (2)



Fonte: Adaptado de Wealthdaily (201?)

Percebe-se, analisando as imagens de duas bibliografias diferentes, que o filme encapsulante corresponde ao EVA (*Ethylene Vinyl Acetat*), película que protege a célula contra o envelhecimento precoce, e o *backsheet* corresponde ao filme posterior, que fornece a proteção inferior às células FV. Por fim, a caixa de junção (conexão) conecta eletricamente as células conectadas em série (*strings*) e assegura o funcionamento e segurança do painel solar (PORTAL SOLAR, 201?).

Existem também os painéis de filmes finos, que são constituídos por apenas uma célula com as dimensões do próprio módulo. Esses, porém, são mais difíceis de empregar devido às suas configurações elétricas (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

2.2.3.2. Estrutura de fixação

A estrutura de fixação dos módulos fotovoltaicos é comumente metálica. Ela deve suportar as cargas mecânicas, de vento e peso próprio dos módulos, além de possíveis expansões e contrações térmicas (RUTHER, 2004).

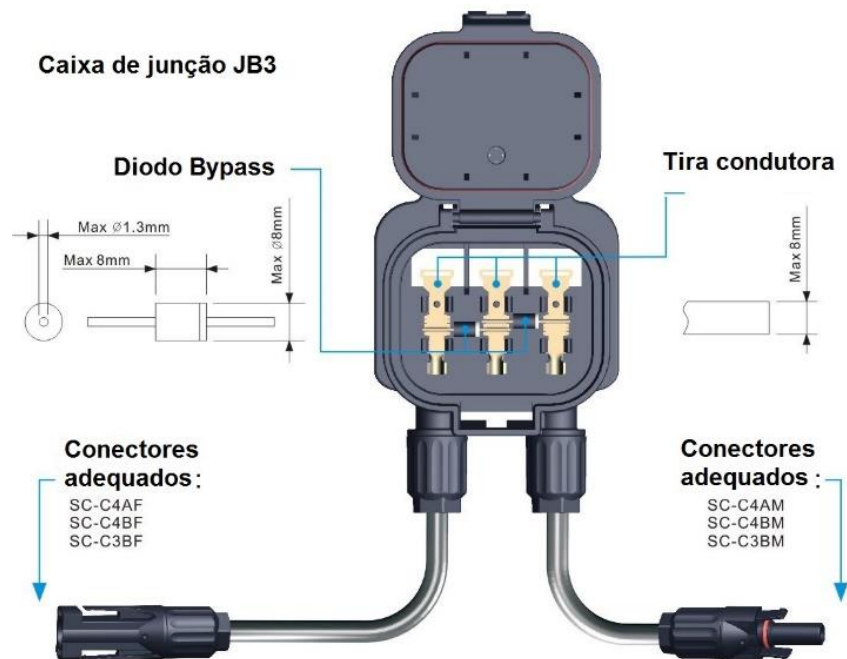
2.2.3.3. Sistema elétrico

O sistema elétrico é composto de caixas de junção, cabos e conectores, inversores, dispositivos de proteção e medidores.

A caixa de junção, ou caixa de conexão, localiza-se a parte inferior dos módulos e serve para conectar as *strings* e para abrigar os diodos de desvio, chamados de *by-*

pass (PINHO; GALDINO, 2014). Os diodos de *by-pass*, conforme descreve Lopez (2012, p. 118) “[...] protegem as células fotovoltaicas da destruição térmica no caso de sombreamento total ou parcial de uma célula enquanto outras ficam plenamente expostas”. As caixas de junção normalmente são fixadas nos módulos por fitas de silicone ou fita dupla-face especial (PORTAL SOLAR, 201?). No entanto, em alguns módulos a caixa de junção não é acessível, com os cabos saindo de uma caixa lacrada (PINHO; GALDINO, 2014). A Figura 7 exemplifica os componentes de uma caixa de junção.

Figura 7 - Caixa de junção do tipo JB3 e componentes



Fonte: Adaptado de Eastwatt (2009)

Conectados à caixa de junção estão os cabos terminais, que devem suportar as intempéries e proporcionar uma boa conexão. Para isso, precisam ter isolamento duplo e proteção contra a radiação ultravioleta (RUTHER, 2004).

Os cabos não devem estar soltos e sujeitos à ação do vento, portanto necessitam estar presos à estrutura do painel fotovoltaico por meio de abraçadeiras apropriadas. Geralmente os cabos possuem conectores de engate rápido para facilitar a instalação (PINHO; GALDINO, 2014)

A Figura 8 mostra os conectores de cabos terminais

Figura 8 - Conectores de cabos terminais



Fonte: Pinho e Galdino (2014)

Os módulos fotovoltaicos produzem eletricidade em corrente contínua, porém, a maioria dos dispositivos são projetados para operar em corrente alternada (LOPEZ, 2012). É necessário um equipamento que converta a corrente contínua (c.c.) oriunda dos módulos em corrente alternada (c.a.) para a utilização, esse conversor é chamado de inversor.

De acordo com Lopez (2012, p.190) “os inversores podem ser classificados em dois tipos: inversores monofásicos e inversores trifásicos”, Villalva e Gazoli (2012, p.160) esclarecem que “normalmente os inversores empregados em microgeração e minigeração são monofásicos, com potências tipicamente de até 5 kW”.

Pinho e Galdino (2014, p.216) ainda afirmam que “[...] no caso de sistemas conectados à rede elétrica a tensão de saída do inversor deve ser sincronizada com a tensão da rede”.

A Figura 9 mostra um inversor componente de um sistema fotovoltaico conectado à rede.

Figura 9 - Inversor componente de um sistema interligado à rede



Fonte: Urbanetz Junior (2010)

Quanto à segurança em sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica convencional, Ruther (2004, p.32) afirma:

É da máxima importância que o sistema inversor sob hipótese alguma injete energia gerada pelos módulos fotovoltaicos na rede elétrica quando esta estiver desligada. Este fenômeno, denominado *islanding*, pode resultar na rede elétrica estar energizada mesmo quando desconectada do sistema de geração central e oferece sérios riscos aos operadores da rede. Por esta razão são recomendados transformadores de isolamento (trafo ou núcleo toroidal) no sistema inversor. Da mesma forma, é necessário prover proteção contra sobrecorrentes, surtos, sobre/subfreqüência, sobre/subtensão tanto pela entrada CC como pela saída CA.

Os sistemas de proteção são constituídos principalmente pelos disjuntores de proteção, os próprios diodos de *by-pass* e o sistema de aterramento.

Os disjuntores podem ser divididos em dois quadros de proteção: o quadro de proteção de corrente contínua (c.c.) e o quadro de proteção de corrente alternada (c.a.). O primeiro incorpora chave de desconexão C.C. e dispositivo de proteção contra surto, podendo substituir a caixa de junção. Já o segundo faz a conexão entre os inversores e a rede elétrica convencional (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

Sempre deve existir um sistema de aterramento para toda a instalação. A principal função desse sistema é proteger os equipamentos contra descargas atmosféricas, e deve consistir em um eletrodo de aterramento e condutor que interligue o barramento de terra com o eletrodo (LOPEZ, 2012).

Por fim, os medidores podem ser bidirecionais ou unidirecionais. No primeiro caso, um único medidor realiza as medições de consumo da rede convencional e saída de energia elétrica do sistema fotovoltaico para a rede pública. No segundo, medidores distintos são utilizados para medir a entrada e saída de energia elétrica da edificação. Os medidores devem ser instalados em caixas apropriadas, conforme recomendações da concessionária de energia.

2.3. VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA

Analisando a partir de uma ótica ambiental, a implantação de um sistema de geração de energia solar apresenta inúmeras vantagens, como o pequeníssimo impacto ambiental gerado, a inexistência de ruídos e de resíduos oriundos da conversão energética, entre outros. Pode-se afirmar que a geração fotovoltaica de energia elétrica representa um modelo limpo e ideal de utilização. No entanto, esse sistema é pouco utilizado no país.

A viabilidade da implantação de um sistema fotovoltaico conectado à rede depende de diversos fatores, onde se destacam: a potência necessária para a instalação, a área disponível para colocação dos módulos (cobertura ou superfície não integrada à edificação), a proximidade de empresas fornecedoras dos equipamentos, os custos totais da instalação e tempo de retorno do investimento.

No que concerne à viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos, Pinho e Galdino (2014, p. 292) afirmam que “[...] o custo de aquisição e instalação destes sistemas ainda inibe o seu desenvolvimento no país”. Ruther (2004, p.40) salienta essa afirmação dizendo que “no Brasil ainda existem poucos sistemas fotovoltaicos conectados à rede, e a grande maioria está instalada em universidades e centros de pesquisa [...]”. Fica claro que, apesar do sistema apresentar inúmeras vantagens, os fatores econômicos representam uma grande dificuldade quanto a implantação de um sistema fotovoltaico em edificações.

2.3.1. Custo do sistema de energia solar fotovoltaica

A tecnologia de geração de energia elétrica por sistemas fotovoltaicos, apesar de ser uma das mais caras entre as fontes renováveis de energia, é a que vem

apresentando maior estimativa de redução de custos ao longo dos anos (EPIA, 2008 apud SALAMONI, 2009)

Conforme Pinho e Galdino (2014), a redução dos custos de investimento em sistemas fotovoltaicos vem crescendo, principalmente a partir de 2006, muito em virtude de significativas reduções nos preços dos módulos, que podem representar 50% do custo de um sistema conectado à rede no Brasil.

Montenegro (2013) realizou cotações em duas empresas nacionais quanto aos custos dos componentes de um sistema fotovoltaico conectado à rede. O autor da pesquisa considerou 1,50 kWp de potência nominal do sistema e também estimou os demais custos, como transporte e aquisição de acessórios. A Tabela 1 mostra o levantamento de custos realizado por Montenegro.

Tabela 1 - Levantamento de custos de um sistema fotovoltaico de 1,5 kWp

EMPRESA 1	qde	pot. Unit (Wp)	pot. Total (Wp)	preço unitário (R\$)	preço total (R\$)	preço do Wp (R\$/Wp)	preço do Wp (U\$/Wp)
Módulos FV	6	245	1470	850,00	5100,00	3,47	1,70
Inversor FV	1	1500	1500	3400,00	3400,00	2,31	1,14
Frete / Transporte					200,00	0,14	0,07
Cabos elétricos e acessórios					150,00	0,01	0,05
Materiais de instalação					200,00	0,14	0,07
Serviços de instalação					500,00	0,34	0,17
				TOTAL	9550,00	6,50	3,19
EMPRESA 1	qde	pot. Unit (Wp)	pot. Total (Wp)	preço unitário (R\$)	preço total (R\$)	preço do Wp (R\$/Wp)	preço do Wp (U\$/Wp)
Módulos FV	10	140	1400	560,00	5600,00	4	1,96
Inversor FV	1	1500	1500	3200,00	3200,00	2,29	1,12
Frete / Transporte					200,00	0,14	0,07
Cabos elétricos e acessórios					150,00	0,11	0,05
Materiais de instalação					200,00	0,14	0,07
Serviços de instalação					500,00	0,36	0,18
				TOTAL	9850,00	7,04	3,46

Fonte: Adaptado de Montenegro (2013).

A Tabela 2 mostra a estimativa de custos de um sistema fotovoltaico de acordo com pesquisa da Empresa de Pesquisa Energética (2012).

Tabela 2 - Estimativa de custos de sistemas fotovoltaicos no Brasil (R\$/Wp)

Potência	Painéis (2)	Inversores	Instalação&Montagem	TOTAL
Residencial (4-6 kWp)	4,88	1,25	1,53	7,66
Residencial (8-10 kWp)	4,42	1,09	1,38	6,89
Comercial (100 kWp)	3,81	0,92	1,18	5,91
Industrial (>1.000 kWp)	3,5	0,66	1,04	5,2

Fonte: Adaptado de EPE (2012).

Nota-se que os dados obtidos por Montenegro (2013) vão ao encontro dos apresentados pela Empresa de Pesquisa Energética (2012), com o custo do Wp para edifícios residenciais variando em torno de R\$ 7,00.

2.3.2. Tarifação

Existem dois tipos distintos de tarifação da energia produzida através de sistema fotovoltaico, a *net meeting* e a *feed in*.

Na tarifação *net meeting* é feito o registro da energia consumida da rede elétrica pela edificação e da energia que o sistema fotovoltaico produz e exporta para a rede. Essa medição pode ser feita por um medidor bidirecional, que gira para ambos os lados. Quando a edificação consome energia da rede convencional o medidor registra esse consumo, e quando a edificação exporta energia para a rede, o medidor gira em sentido contrário. Esse sistema gera créditos ao consumidor, e ao final do mês ele paga apenas a diferença entre o que consumiu e o que gerou (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

No sistema *feed in*, de acordo com Montenegro (2013, p. 24) “as concessionárias nacionais e regionais são obrigadas a comprar a eletricidade renovável em valores acima do mercado, pagando as tarifas estabelecidas pelo governo”. Villalva e Gazoli (2012, p. 157) ainda dizem que “[...] o consumidor é premiado com a instalação de um sistema de energia fotovoltaica em sua residência, recebendo um pagamento pela energia que o sistema fotovoltaico exporta [...]”.

O sistema *net meeting* é o que será implantado no Brasil para gerar energia durante o dia, quando o consumo residencial é menor, e implantar na rede elétrica convencional, gerando créditos para o consumidor (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

2.3.3. Instalação e regularização junto a concessionárias de energia elétrica

A regularização de um sistema fotovoltaico de geração de energia elétrica junto à concessionária é regulamentada de acordo com a Resolução Normativa nº 472 de 2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e também de acordo com as normas técnicas próprias da concessionária.

A Rio Grande Energia (RGE Sul) é responsável pela distribuição de energia elétrica na cidade de Alegrete. A concessionária regula as instalações de mini e microgeração de energia por meio da Norma Técnica NTD 014.001 de 2016.

Para a instalação do sistema, é necessário solicitar autorização à empresa RGE Sul, responsável pela distribuição de energia elétrica no estado do Rio Grande do Sul, mediante apresentação do projeto elétrico elaborado por profissional responsável e com devido registro no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA), além de outros documentos de autorização.

Quanto aos custos, a Resolução N° 472 (ANEEL, 2012,) afirma, em seu Art. 5º.

§1º Os custos de eventuais melhorias ou reforços no sistema de distribuição em função exclusivamente da conexão de microgeração distribuída não devem fazer parte do cálculo da participação financeira do consumidor, sendo integralmente arcados pela distribuidora, exceto para o caso de geração compartilhada.

§2º Os custos de eventuais melhorias ou reforços no sistema de distribuição em função exclusivamente da conexão de minigeração distribuída devem fazer parte do cálculo da participação financeira do consumidor.

2.3.4. Manutenção, Garantia e Vida útil

Um sistema fotovoltaico, por não possuir partes móveis, apresenta uma necessidade de manutenção, reparação e reposição muito simplificada (DELUCCHI; JACOBSON, 2011 apud NASCIMENTO, 2013). Um dos fatores que contribui para a pouca necessidade de manutenção em um sistema conectado à rede é a ausência de baterias, que necessitam de maior reparação e eventuais reposições.

Embora um sistema fotovoltaico tenha um alto custo de investimento, o custo de sua manutenção é bem baixo (LOPEZ, 2012), representando cerca de 1% do custo total do investimento (EPE, 2012).

Ruther (2004) afirma que a vida útil esperada de um arranjo fotovoltaico é de 30 anos, devendo suportar as intempéries, o peso próprio e possíveis cargas

acidentais. Já Pinho e Galdino (2014, p.132) dizem que “os módulos FV de c-*Se* têm geralmente uma garantia contra defeitos de fabricação de 3 a 5 anos, e garantia de rendimento mínimo durante 25 anos”.

2.4. NORMAS E RESOLUÇÕES PARA SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS

A partir do ano de 2011, fóruns de discussão reunindo representantes de empresas e universidades com o objetivo de promover a energia fotovoltaica representaram avanços no setor fotovoltaico no país (VILLALVA, GAZOLI, 2012).

Em 2012 foi aprovada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) a Resolução Normativa Nº 482, que regulamenta o uso de micro e minigeração distribuída de energia elétrica. A resolução teve alterações em Novembro de 2015, entre as quais houve a mudança dos limites de potência instalada para microgeração, que passou de 100 kW para 75 kW, e de minigeração, que passou da faixa entre 100 kW e 1 MW para acima de 75 kW e menor que 3 MW.

Outras Leis, Resoluções e normas referentes ao sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica:

- Lei nº11.488, de 15 de junho de 2007 (http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111488.htm), estabelece desconto nas tarifas de uso dos sistemas de distribuição e transmissão para sistemas com fontes solar, eólica, biomassa até 30 MW;
- NBR 11704:2008 – Sistema fotovoltaicos – Classificação;
- NBR 10899:2013 – Energia Solar Fotovoltaica – Terminologia;
- ABNT NBR 16149:2013 –Sistemas fotovoltaicos (FV) — Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição — Procedimento de ensaio de conformidade;
- NBR 16274:2014 – Sistemas fotovoltaicos conectados à rede - Requisitos mínimos para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

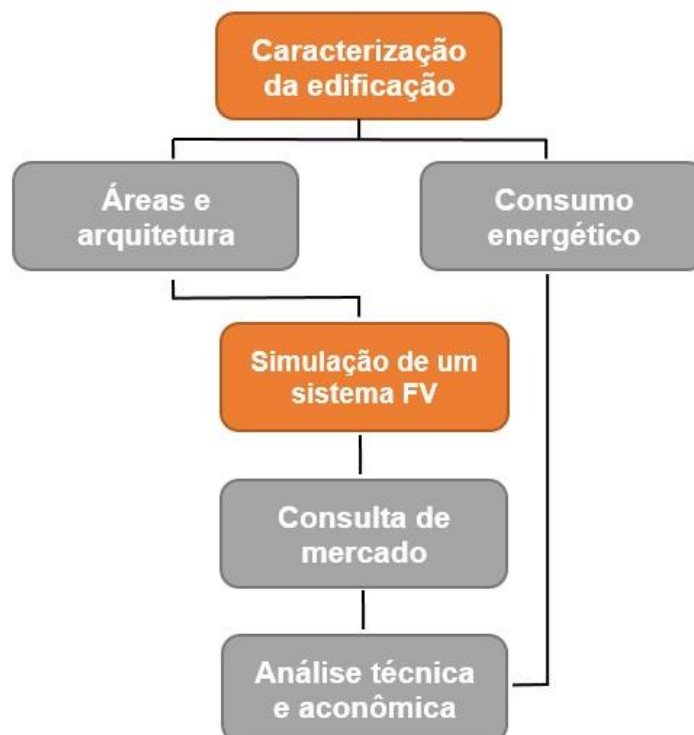
No presente capítulo é demonstrada a metodologia do trabalho, o planejamento de ações, a caracterização da edificação, o consumo de energia elétrica da edificação, equações matemáticas e alternativas tecnológicas.

3.1. PLANEJAMENTO

Após a descrição dos princípios de funcionamento e dos principais componentes de um sistema de geração de energia fotovoltaica, caracterizou-se a edificação em estudo para a qual será dimensionado o sistema alternativo.

Posteriormente, apresenta-se a simulação de um sistema de painéis fotovoltaicos, caracterizado pela escolha de um modelo de painel solar fornecido por uma empresa previamente consultada e pela análise técnica do sistema. Logo após, mostram-se as equações de consumo de energia elétrica e, por fim, a metodologia de avaliação econômica do sistema. A Figura 10 mostra as etapas da metodologia de trabalho.

Figura 10 - Fluxograma de atividades



3.2. EDIFICAÇÃO EM ESTUDO: “EDIFÍCIO MARANA”

Trata-se de uma edificação residencial multifamiliar situada na Rua Joaquim Antônio, na cidade de Alegrete, Rio Grande do Sul. A cidade localiza-se na região oeste do estado, nas coordenadas geográficas 29° 47' S e 55° 47' W. Apresenta clima subtropical com altitude perto dos 100 metros acima do nível do mar e população de cerca de 78.000 habitantes, conforme dados de 2016 do IBGE.

Figura 11 – Localização da cidade Alegrete-RS



Fonte: Adaptado de Wikipedia (200?)

O Edifício Marana é constituído por 12 apartamentos distribuídos em 6 pavimentos, sendo dois apartamentos por pavimento. A edificação também possui área externa coberta de garagens.

Por ter sido construído no centro da cidade, próximo à Praça Getúlio Vargas, o edifício se encontra em uma das maiores altitudes locais, sendo cercado, nas fachadas sul e leste, por residências, na fachada norte por outro edifício de mesmo porte e na fachada oeste (frontal) pelo logradouro público. A Figura 12 retrata o Edifício Marana.

Figura 12 - Edifício Marana, Alegrete-RS



Fonte: Autor

3.2.1. Caracterização das áreas da edificação

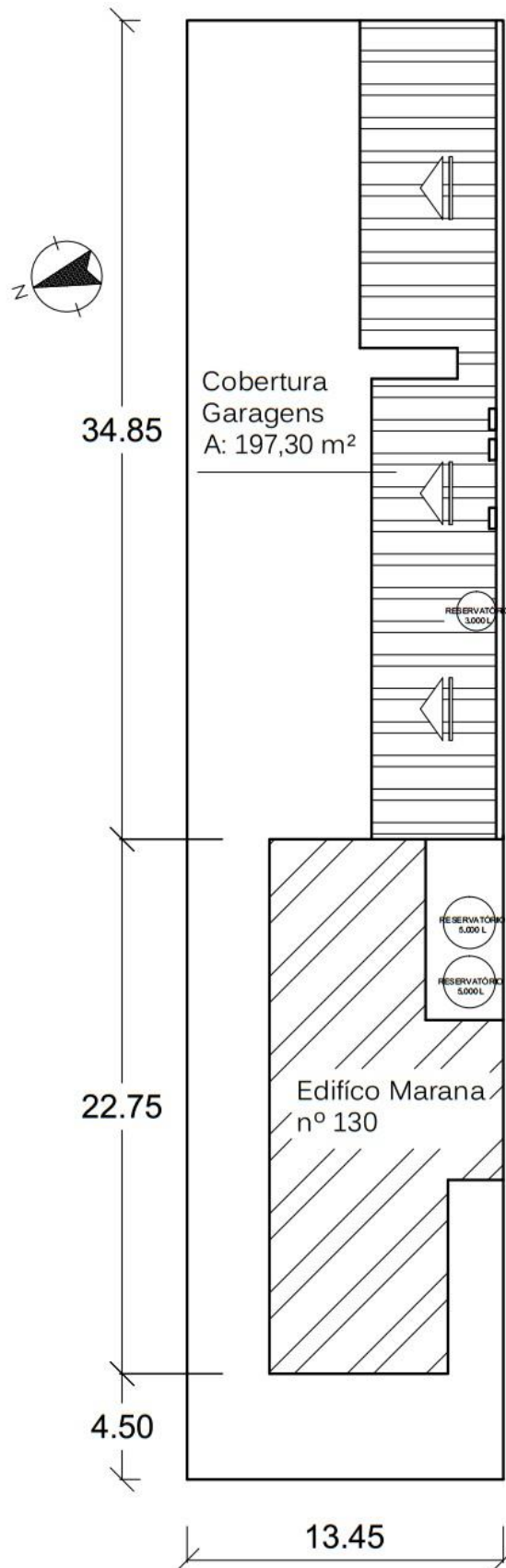
A edificação divide-se em 6 tipos diferentes de apartamentos:

- Apartamento 101: área de 79,00 m², dois dormitórios, uma suíte e não possui sacada;
- Apartamento 102: área de 60,32 m², dois dormitórios e não possui sacada;
- Apartamentos 201 ao 501: área de 85,66 m², dois dormitórios, uma suíte e duas sacadas;
- Apartamentos 202 ao 502: área de 63,92 m², dois dormitórios e uma sacada;
- Apartamento 601: área de 146,20 m², dois dormitórios, uma suíte, duas sacadas, compreendendo também terraço e piscina na cobertura;
- Apartamento 602: área de 141,92 m², dois dormitórios, uma suíte, uma sacada, área para churrasqueira.

Usualmente, no caso de edifícios similares, a instalação dos módulos fotovoltaicos é realizada na cobertura, por aproveitar com maior eficiência a radiação solar ao longo do dia. No entanto, na edificação em estudo, a área de cobertura é quase permanentemente privada e ocupada, sendo parte integrante do apartamento de número 601.

Sendo assim, a área mais propícia a receber a instalação dos módulos fotovoltaicos acaba sendo a área de cobertura das garagens. Representando 197,30 m² ou 23,62 % da área total do terreno. A área coberta das garagens localiza-se na parte posterior do terreno, recebendo boa quantidade de radiação solar durante toda a manhã, diminuindo essa intensidade ao longo da tarde. A Figura 13 mostra a situação do prédio e garagens dentro do lote.

Figura 13 - Dimensões do terreno e área coberta das garagens (em metros)



A Figura 14 mostra a vista superior das garagens em um dia ensolarado de outono, por volta das 10 horas da manhã.

Figura 14 - Vista superior da área coberta das garagens



Fonte: Autor

3.2.2. Caracterização do consumo de energia da edificação

A soma dos valores individuais de consumo de energia elétrica dos apartamentos e da área em comum da edificação resulta no consumo total do prédio.

Realizou-se uma pesquisa com os proprietários e com a empresa de imóveis administradora do prédio para a aquisição do histórico de consumo de energia elétrica individual e compartilhada.

Através do número do cliente, fornecido pela concessionária na conta de energia elétrica (AES SUL – Distribuidora Gaúcha de Energia S.A., posteriormente passou a se chamar RGE SUL), foi possível acessar o histórico de consumo de todos os apartamentos da edificação em um período de 12 meses, compreendido entre Janeiro e Dezembro de 2015. Escolheu-se o ano de 2015 e não o de 2016 (mais recente) pois o primeiro apresentava valores de consumo mais elevados do que o segundo.

No período de análise, apenas o apartamento “402” não estava sendo utilizado por moradores, sendo o consumo do mesmo igual a 0 kWh mensais. Para uma situação mais próxima da realidade, prevendo futuros moradores no apartamento 402, adotou-se como consumo energético para este apartamento a média aritmética dos consumos mensais dos apartamentos de igual área (202, 302 e 502).

3.3. SIMULAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO

Conhecida a edificação no que tange às áreas disponíveis para a instalação dos módulos fotovoltaicos e ao consumo de energia elétrica mensal, fez-se uma simulação de arranjo fotovoltaico, buscando avaliar a capacidade máxima de instalação possível.

Realizou-se uma pesquisa em uma empresa especializada em projetos fotovoltaicos em Alegrete e fez-se a simulação de instalação com a tecnologia de módulos ofertada pela empresa.

3.3.1. Consulta de mercado

A cidade de Alegrete conta com a presença de uma jovem empresa no ramo de projetos e instalações de elementos de geração de energia fotovoltaica. Trata-se

da “Esco GD Tecnologia em Energia LTDA”, fundada por três engenheiros eletricitas no ano de 2015 e atualmente sediada e incubada no Parque Tecnológico do Pampa (PAMPATEC).

A empresa, embora jovem, trabalha atendendo a demanda de projetos e instalação de sistemas fotovoltaicos em Alegrete e nas cidades próximas, como Uruguaiana e Rosário do Sul.

A escolha pela Esco GD como parceira neste estudo deu-se, principalmente, pela facilidade de comunicação e de acesso às informações de projeto.

3.3.2. Módulo fotovoltaico

Após breve troca de informações com a empresa, determinou-se como melhor opção um estudo de viabilidade de implantação utilizando o módulo CS6K-270P, da marca Canadian Solar. O módulo, como o nome sugere, possui potência de geração de 270 Wp e é constituído por células de silício policristalino. Suas principais dimensões são de 1650 mm (altura) e 992 mm (largura). A Figuras 15 mostra o módulo escolhido.

Figura 15 - Módulo fotovoltaico CS6K-270P da marca Canadian Solar



Fonte: Adaptado de Canadian Solar (2017)

Tabela 3 – Características do módulo fotovoltaico CS6K-270P da marca Canadian Solar

MARCA	MODELO	POTÊNCIA (Wp)	PESO (kg)	DIMENSÕES (mm)	TEMPE. DE OPERAÇÃO (°C)	EFICIÊNCIA DO MÓDULO (%)
CANADIAN SOLAR	CS6K-270P	270	18,2	1650 x 992 x 40	(-)40 até (+)85	16,5

Fonte: Adaptado de Canadian Solar (2017)

3.3.3. Inversor

Um componente essencial do sistema de geração de energia elétrica fotovoltaica é o inversor. O tipo de inversor a ser utilizado no sistema depende da capacidade de geração de energia elétrica pelo sistema fotovoltaico. Sendo assim, para este trabalho foi escolhido um inversor adequado para o sistema proposto após o seu dimensionamento.

3.3.4. Análise técnica: dimensionamento

Considerando que o estudo consiste em analisar a capacidade máxima de instalação de módulos fotovoltaicos, primeiramente distribuiu-se os módulos sobre a cobertura das garagens e multiplicou-se o valor da área do módulo pela quantidade de módulos.

$$A_{geração} = n * A_{módulo} \quad (1)$$

Onde:

$A_{geração}$ = área total de módulos (m²);

n = número de módulos;

$A_{módulos}$ = área líquida de um módulo, informada pelo fabricante (m²).

A potência total pode ser calculada multiplicando a potência de um módulo pelo número de módulos instalados.

$$P_{total} = n * P_{módulo} \quad (2)$$

Onde:

P_{total} = potência total gerada pelos módulos (kWp);

n = número de módulos;

$P_{módulo}$ = potência de um módulo (kWp²).

3.3.5. Sombreamento

Com auxílio do software Google Sketchup 2015 foi possível realizar breve análise do efeito do sombreamento dos módulos ocasionado pelos prédios nos arredores.

Foram inseridas no software as informações de latitude e orientação norte-sul da cidade de Alegrete, com isso, o efeito do sombreamento pode ser realizado de forma confiável.

3.3.6. Análise econômica

A análise econômica consiste em avaliar se a instalação do sistema é viável financeiramente. Para ser realizada, são necessárias as seguintes informações:

- Consumo anual de energia elétrica (kWh) = somatório dos consumos mensais;
- Custo anual com energia elétrica (R\$) = somatório dos custos mensais;
- Consumo médio mensal de energia elétrica (kWh/mês) = média aritmética dos consumos mensais;
- Custo médio mensal com energia elétrica (R\$/mês) = média aritmética dos custos mensais;
- Geração média mensal dos painéis (kWh/mês) = energia média gerada pelos painéis considerando perdas;
- Geração estimada por ano (kWh/ano) = a estimativa de energia que pode ser gerada pelos painéis no período de um ano;
- Relação geração/consumo (%) = a parcela de energia que o sistema consegue gerar em relação ao consumo total da edificação;
- Payback (anos) = tempo de retorno do investimento, calculado conforme a equação (3):

$$\textit{Payback simples} = \frac{\textit{Custo total do sistema (R\$)}}{\textit{Economia gerada (R\$)}} \quad (3)$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Apresentam-se, neste capítulo, os resultados do estudo de viabilidade de implantação de um sistema alternativo de geração de energia elétrica por painéis solares no edifício Marana.

4.1. CONSUMO ENERGÉTICO DA EDIFICAÇÃO

A partir da pesquisa com os proprietários dos apartamentos e do acesso às informações de históricos de consumo de energia elétrica no endereço eletrônico da concessionária, fez-se a quantificação do consumo de energia elétrica da edificação. Com os valores individuais, foi possível calcular o consumo total de energia elétrica em kWh e o custo total em reais. O ano de 2015 foi escolhido para análise por apresentar valores acima dos obtidos no ano de 2016, demonstrando um consumo maior. A Tabela 4 mostra o consumo mensal com energia elétrica realizados pelo edifício Marana durante o ano de 2015.

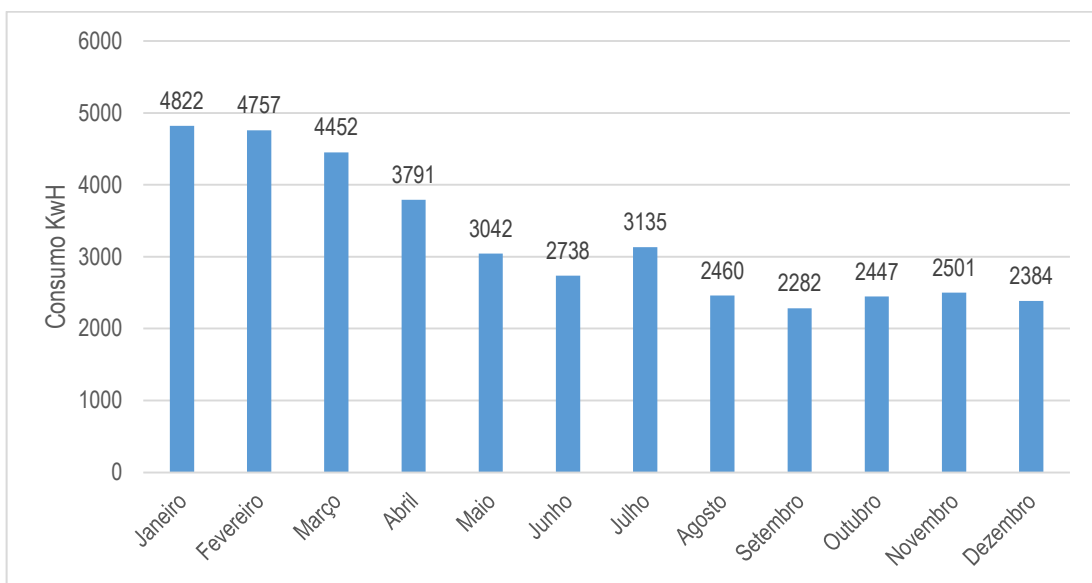
Tabela 4 - Consumo médio mensal de energia elétrica durante o ano de 2015

CONCESS.	ANO	MÊS	CONSUMO TOTAL (kWh)	VALOR TOTAL (R\$)
AES SUL	2015	Janeiro	4822	2.157,87
		Fevereiro	4757	2.494,76
		Março	4452	2.176,27
		Abril	3791	2.615,25
		Mai	3042	2.386,08
		Junho	2738	2.126,66
		Julho	3135	2.547,90
		Agosto	2460	1.887,36
		Setembro	2282	1.883,32
		Outubro	2447	1.938,63
		Novembro	2501	2.006,04
		Dezembro	2384	1.937,18

Fonte: Autor

Observa-se que o mês de Janeiro, no verão, representou o mês de maior consumo energético, com 4.822 kWh, enquanto o mês de Setembro, início da primavera, foi o mês de menor consumo, com 2.282 kWh. Em relação aos custos, o mais elevado aconteceu no mês de Abril, em virtude do aumento de tarifas como o ICMS, sendo o valor total de R\$ 2.615,25. O Gráfico 1 mostra os dados de consumo mensal médio ao longo de 2015.

Gráfico 1 - Consumo médio mensal de energia elétrica do Edifício Marana no ano de 2015



Fonte: Autor

A Tabela 5 mostra os valores totais de consumo para o ano de 2015.

Tabela 5 - Consumos anuais com energia pelo edifício Marana

ANO	CONSUMO ANUAL (kWh)	CUSTO ANUAL (R\$)	CONSUMO MÉDIO MENSAL (kWh)	CUSTO MÉDIO MENSAL (R\$)
2015	38.810	26.157,32	3.234	2.179,78

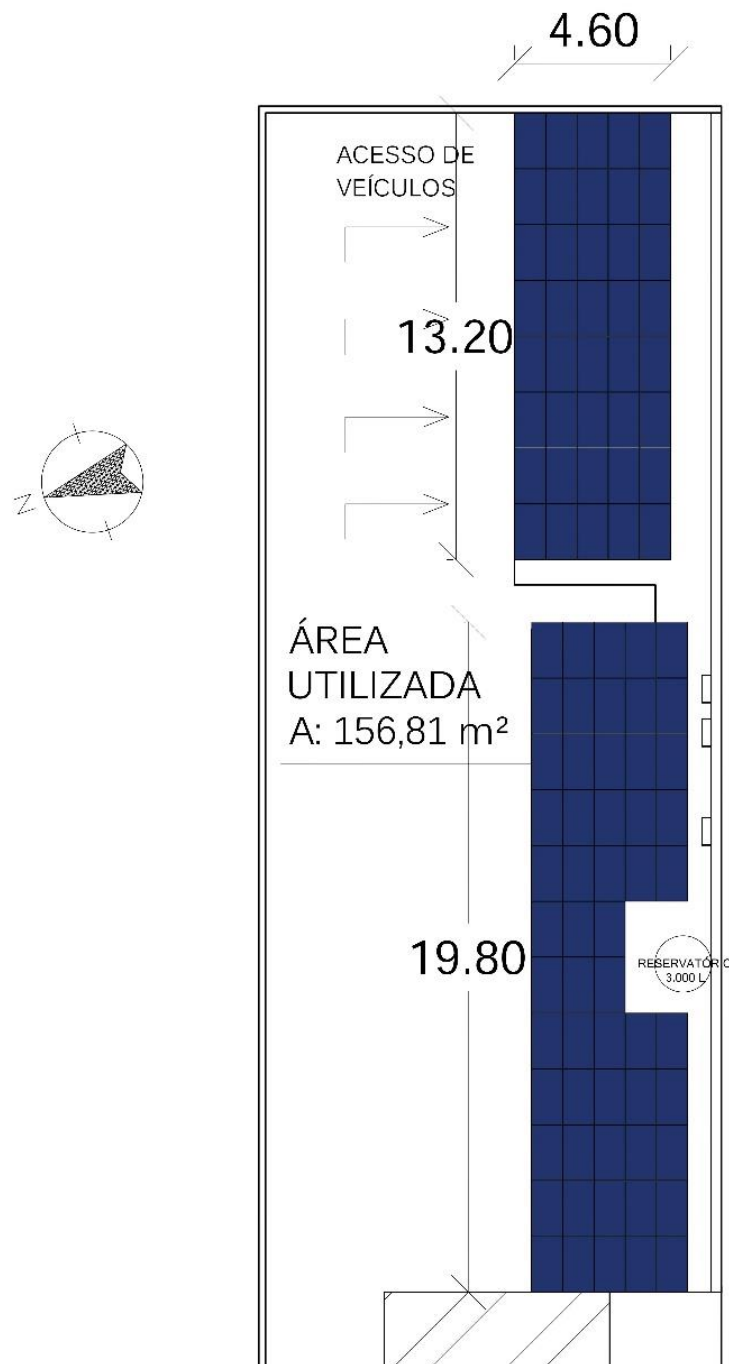
Fonte: Autor

Realizando o somatório de consumos e custos, chegou-se nos valores de 38.810 kWh de consumo de energia elétrica e R\$ 26.157,32 de gasto total com energia durante todo o ano de 2015.

4.2. REPRESENTAÇÃO GRÁFICA

Realizando a distribuição dos painéis fotovoltaicos de maneira a aproveitar ao máximo a área disponível de cobertura nas garagens, chegou-se ao número de 96 painéis, voltados para a direção norte, distribuídos conforme a Figura 16.

Figura 16 - Representação da instalação de 96 painéis fotovoltaicos (em metros)



De acordo com a área disponível de cobertura, os módulos foram separados em dois grupos, um de 56 módulos, próximo ao reservatório localizado na cobertura das garagens e outro de 40 módulos mais próximos do fundo do terreno. A área total de módulos foi calculada de acordo com a Equação (1)

$$A_{geração} = n * A_{módulo}$$

$$A_{geração} = 96_{módulos} * 1,615 m^2$$

$$A_{geração} = 155,04 m^2$$

Constata-se que a largura do conjunto de 5 módulos (4,60 m) é menor do que a largura de um módulo multiplicada por 5 (0,99 m x 5 = 4,95 m), isso acontece porque os módulos já estão representados na sua visão superior, demonstrando a sua inclinação em relação à superfície da cobertura.

A inclinação ideal dos painéis fotovoltaicos varia conforme a latitude do local, a empresa Esco GD afirma que, para a obtenção de menores perdas na geração energética, a inclinação ideal para a cidade de Alegrete é de 22°, angulação próxima à latitude da cidade.

Conforme a Equação (3), calculou-se a largura de projeção horizontal dos painéis sobre a cobertura das garagens.

$$\cos 22^\circ = \frac{x}{992 mm} \quad (3)$$

$$x = 920 mm$$

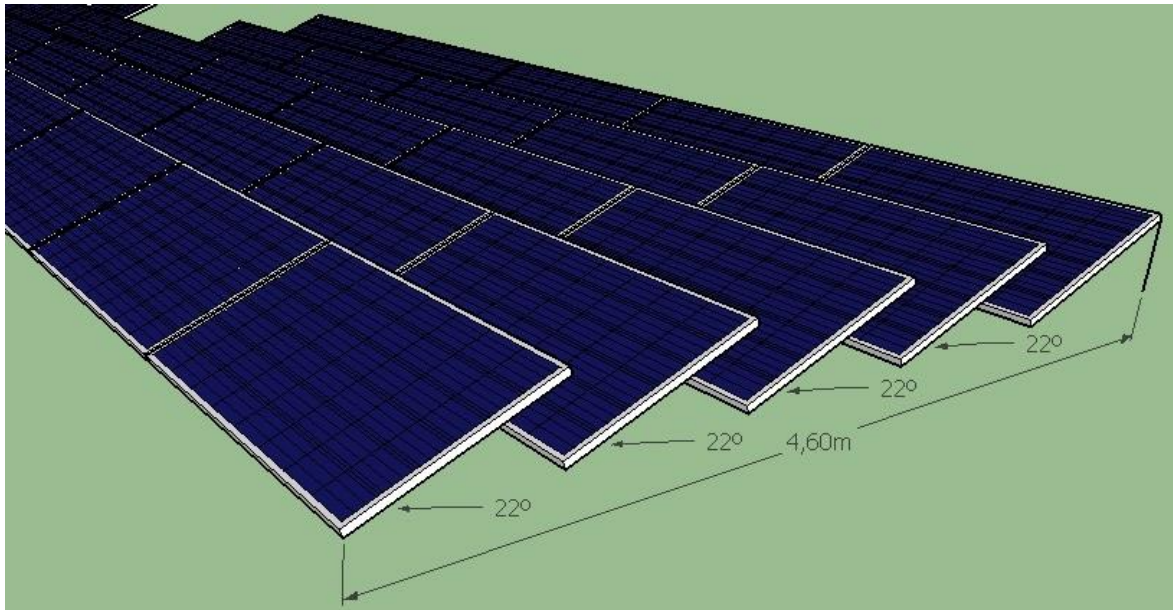
Onde:

x = dimensão da projeção da largura do painel sobre a cobertura da garagem;

992 mm = largura do painel, conforme dados do fabricante.

Logo, multiplicando a largura da projeção dos módulos (0,92 m) pelo número de módulos (5) chega-se ao valor de 4,60 m como demonstrado na Figura 16. A Figura 17 mostra o formato de instalação e a inclinação dos módulos fotovoltaicos.

Figura 17 - Representação da inclinação dos módulos

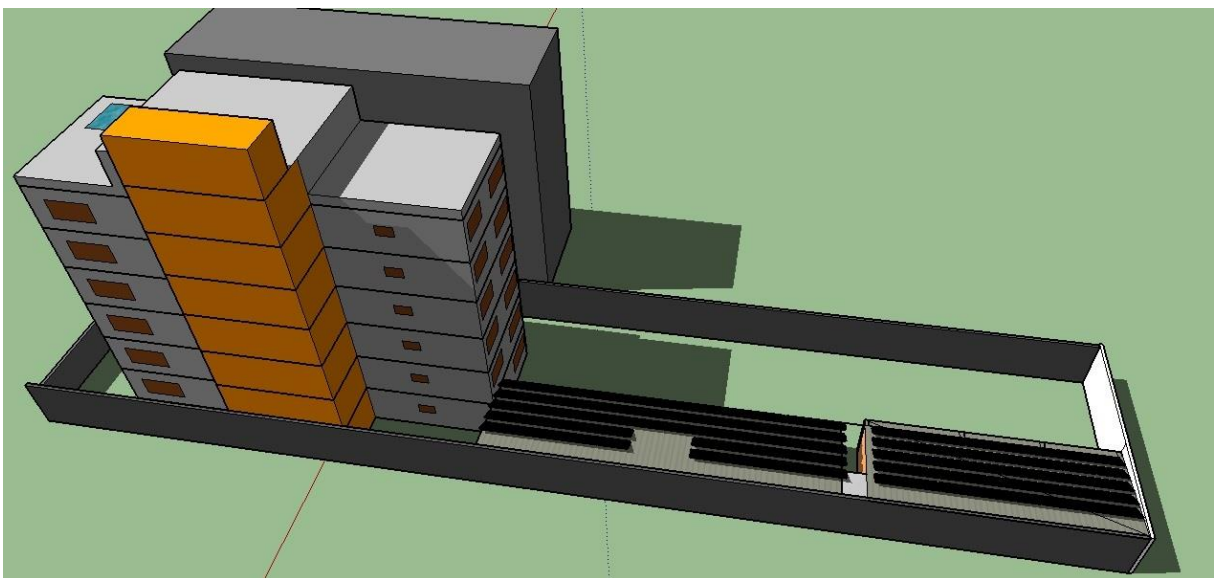


Fonte: Autor

4.2.1. Sombreamento

Utilizando o software Google SketchUp 2015, representou-se a situação dos módulos conforme a Figura 18. O edifício Marana foi representado com altura de 20,90 m e o edifício vizinho com altura de 16,20 m, distanciados um do outro em 6 m.

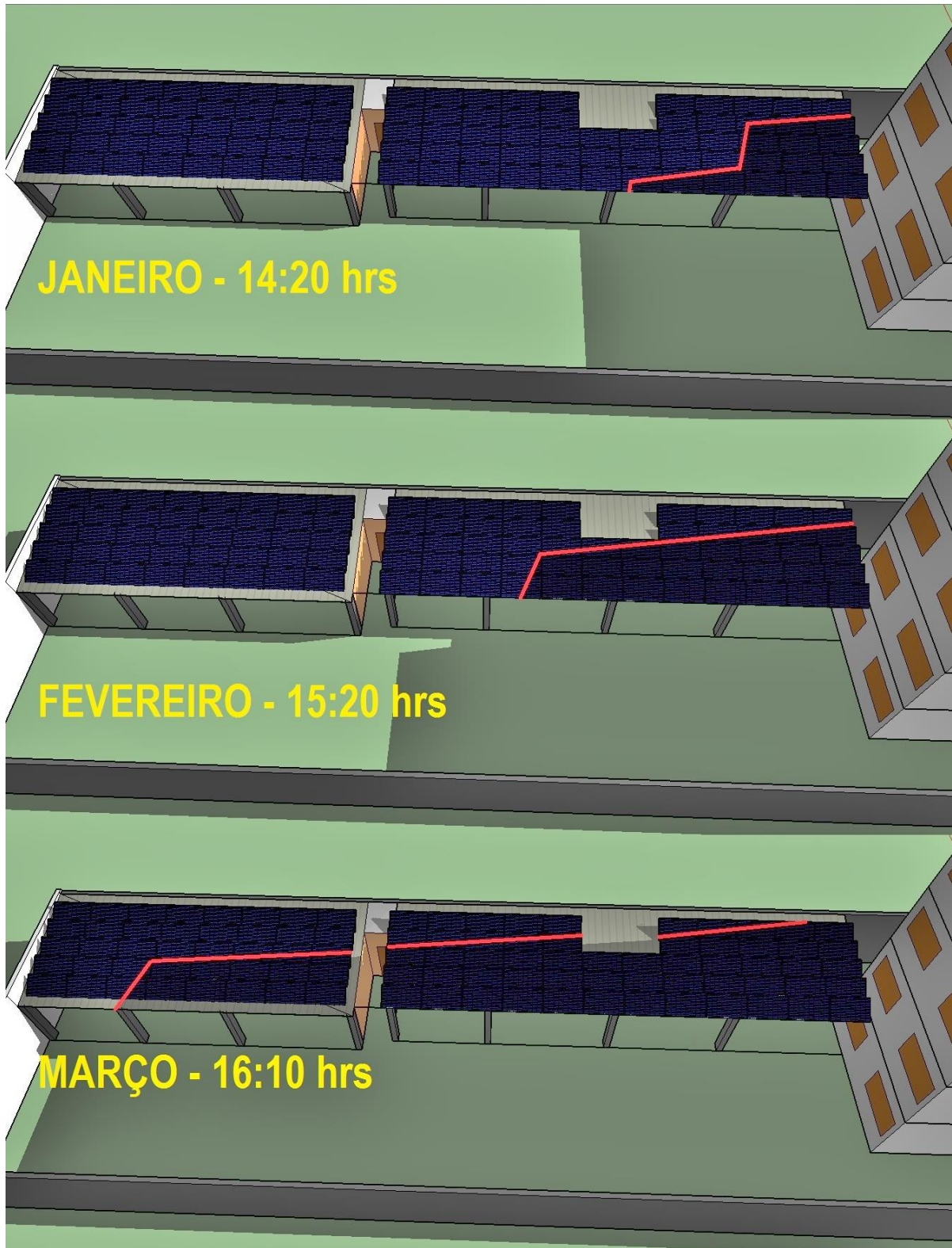
Figura 18 - Modelo utilizado para estudo do sombreamento dos painéis



Fonte: Autor

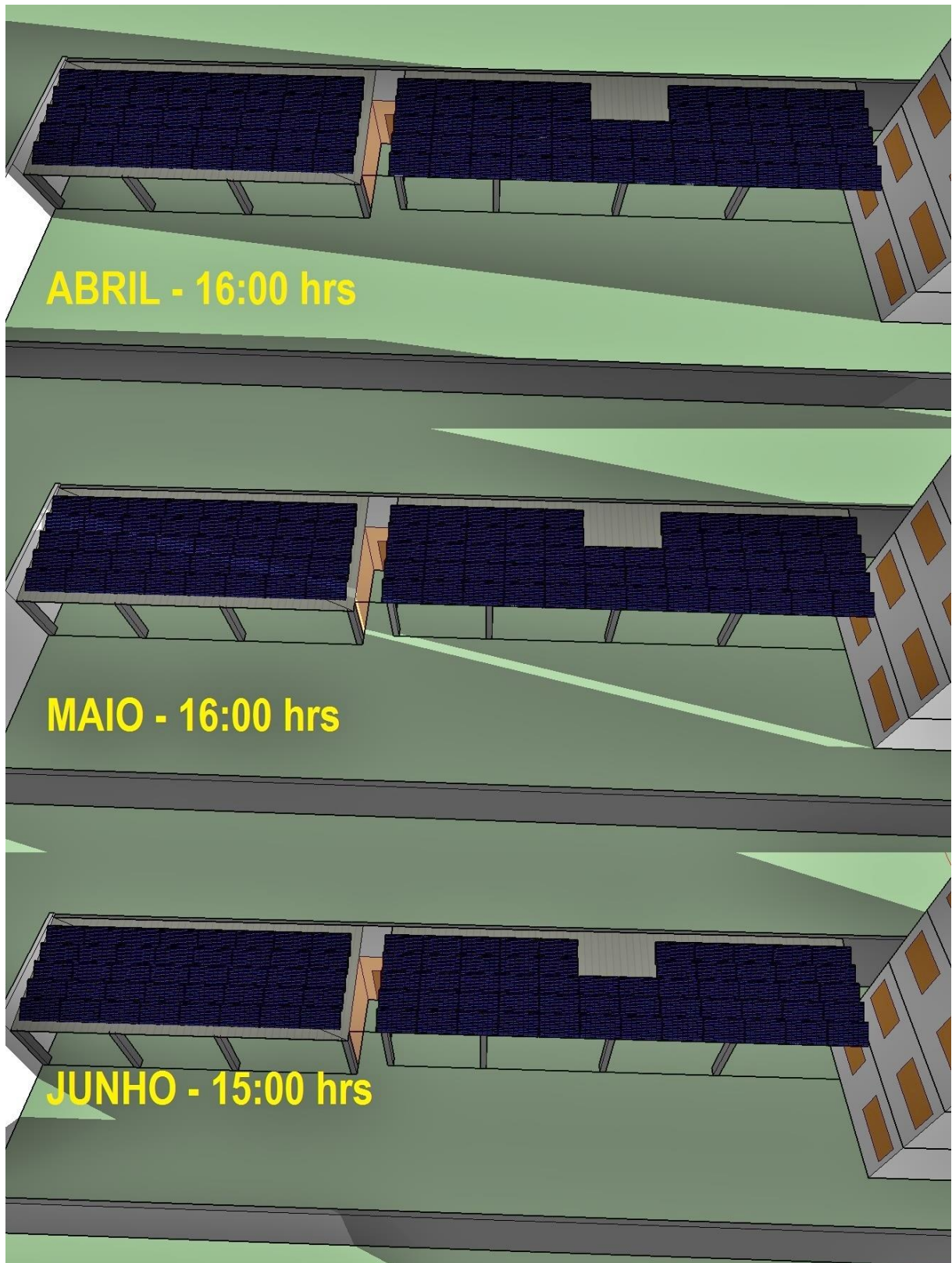
As Figuras 19, 20, 21 e 22 mostram o sombreamento estimado para cada período de três meses.

Figura 19 - Sombreamento Janeiro, Fevereiro e Março



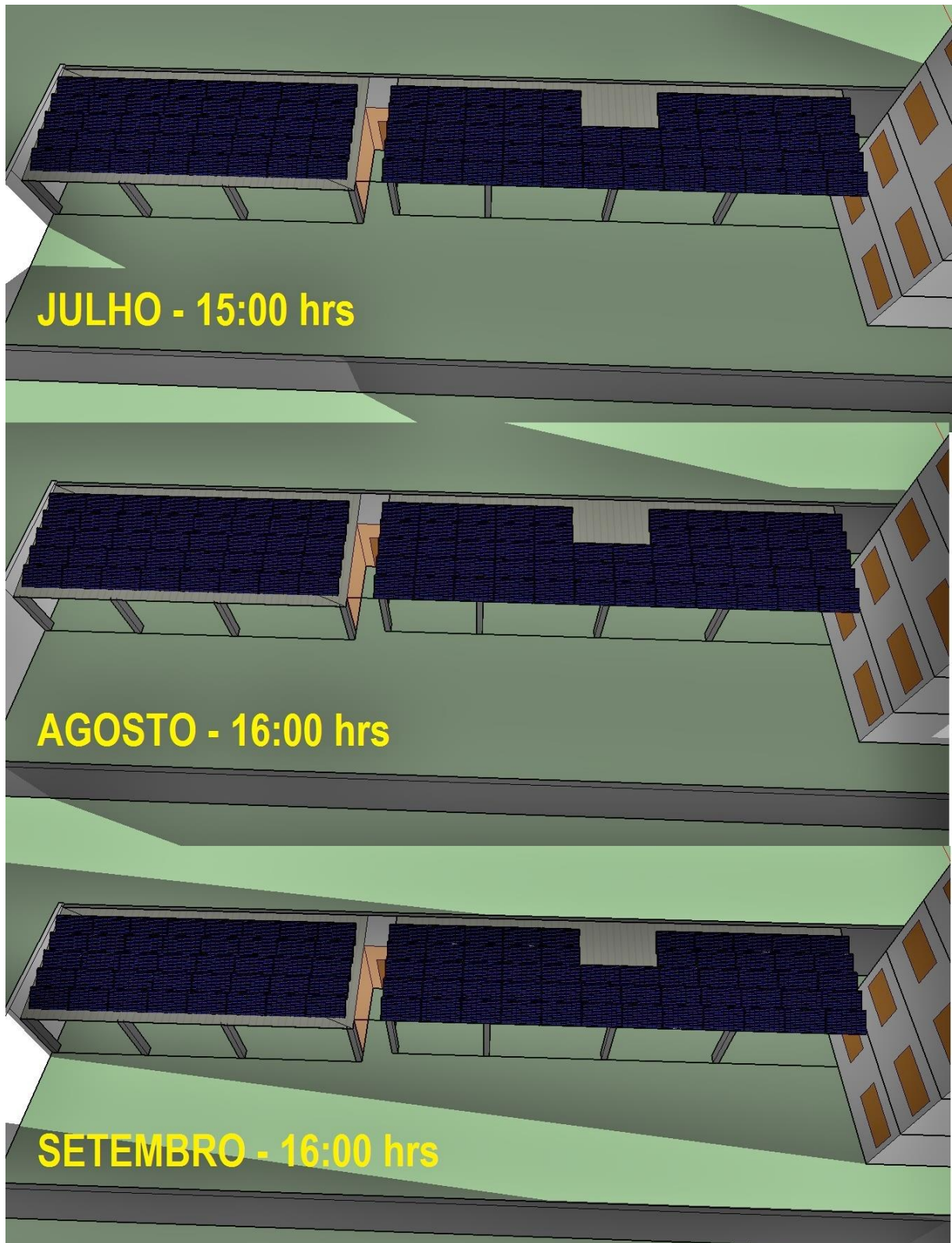
Fonte: Autor

Figura 20 - Sombreamento Abril, Maio e Junho



Fonte: Autor

Figura 21 - Sombreamento Julho, Agosto e Setembro



Fonte: Autor

Figura 22 - Sombreamento Outubro, Novembro e Dezembro



Fonte: Autor

A disponibilidade de radiação solar diminui conforme o sol “se desloca” para a direção oeste, quando a edificação impede que os raios solares cheguem às garagens. Constata-se, através da simulação, que os meses de Janeiro e Dezembro apresentam os menores índices de sombreamento sobre os painéis solares. Esse resultado já era esperado devido ao alto índice de radiação solar na região durante o verão.

Em contrapartida, durante os meses de Abril, Maio, Junho, Julho, Agosto e Setembro, entre as 15:00 e 16:00 horas, acontece o sombreamento total dos módulos, ocasionando uma redução da eficiência do sistema.

Vale ressaltar que a situação ideal de instalação dos painéis solares seria na cobertura da edificação, onde o sombreamento seria muito menor, no entanto, pelo motivo já explicado de que a cobertura do edifício Marana é de domínio particular, a área de cobertura das garagens foi a alternativa mais viável de instalação.

4.3. POTÊNCIA INSTALADA

A potência instalada pode ser calculada por meio da equação (2), logo:

$$P_{total} = 96 * 270 \text{ Wp}$$

$$P_{total} = 25,92 \text{ kWp}$$

Propõe-se, então, a instalação de um sistema fotovoltaico com potência de 25,92 kWp, constituído de 96 painéis solares da marca Canadian Solar, modelo CS6K-270, feito de células de silício policristalino, voltados para a direção norte, com a inclinação de 22° e sobre a cobertura das garagens da edificação.

4.3.1. Inversor

A empresa Esco GD trabalha com inversores fabricados em países como Canadá e China. Para o sistema proposto de 25,92 kWp, escolheu-se o inversor da marca Fronius (canadense), modelo ECO 25.0-3-S.

De acordo com as informações fornecidas pelo fabricante, o modelo é recomendado para sistemas com potência instalada entre 25,0 e 27 kWp.

Figura 23 - Inversor FRONIUS ECO 25.0-3-S



Fonte: Adaptado de Fronius (2016)

Tabela 6 – Características do inversor FRONIUS ECO 25.0-3-S:

MARCA	MODELO	POTÊNCIA (kW)	PESO (kg)	DIMENSÕES (mm)	EFICIÊNCIA MÁXIMA (%)
FRONIUS	ECO 35.0-3-S	25	37,5	725 x 510 x 225	98,2

Fonte: Adaptado de Fronius (2016)

4.4. GERAÇÃO ENERGÉTICA

Comparou-se, os valores indicativos de consumo médio e geração média de energia elétrica através dos módulos fotovoltaicos. A Tabela 7 mostra a capacidade de geração elétrica média mensal dos módulos fornecido pela empresa Esco GD

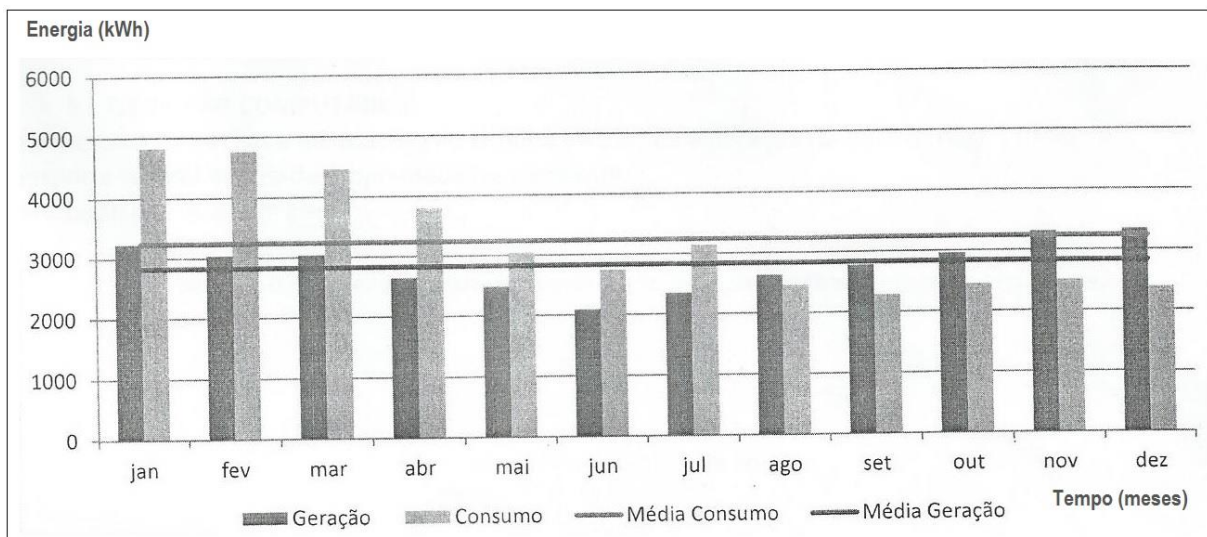
Tabela 7 - Estimativa de geração de energia elétrica

Geração média mensal:	2.823,6 kWh/mês
Geração estimada por ano:	33.884 kWh/ano
Relação geração/consumo:	87,30%

Fonte: Adaptado de ESCO GD (2017)

A estimativa de geração média mensal e anual foram fornecidas pela empresa Esco GD baseadas em medições de anos passados fornecidas por banco de dados do CRESESB e NASA e variam de acordo com o mês do ano em que se mede a produção e de fatores meteorológicos específicos de cada ano e já consideram perdas de inversão e fiação. A estimativa não leva em consideração também a redução da eficiência do sistema ocasionada pelo sombreamento dos módulos. O Gráfico 2 mostra a comparação entre a geração estimada e o consumo médio mensal de energia elétrica para a situação em análise.

Gráfico 2 - Comparação geração/consumo de energia elétrica mensal com o sistema proposto



Fonte: Adaptado de ESCO GD (2017)

Analisando o gráfico elaborado pela empresa consultada, percebe-se que durante os meses de Janeiro, Fevereiro, Março, Abril, Maio e Julho o consumo médio mensal é maior do que a capacidade estimada de geração. Já durante os meses de Junho, Agosto, Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro a geração estimada do sistema fotovoltaico já é maior do que o consumo médio mensal, dividindo-se, assim, em 6 meses onde a geração é maior do que o consumo, e 6 meses onde o contrário acontece.

Nos meses onde a geração for maior do que o consumo, são gerados créditos com a concessionária, que podem ser utilizados nos meses onde o consumo é maior do que a geração. Logo, pode-se concluir que o sistema é rentável mesmo quando a geração for menor do que o consumo.

4.5. ESTIMATIVA DE CUSTO E DE RETORNO DO INVESTIMENTO

A empresa também forneceu um orçamento estimado total da instalação do sistema alternativo de geração de energia elétrica. Nesse orçamento já constam itens como projeto executivo e comissionamento do sistema, conforme a Tabela 8. Os documentos fornecidos estão apresentados no Anexo A.

Tabela 8 - Estimativa de custos de instalação do sistema fotovoltaico

Quantidade	Produto
96	Módulo Canadian Solar 270 Wp
1	Inversor Fronius
1	Estrutura para fixação dos módulos
1	Materiais elétricos diversos
1	String Box CC+CA para 04 "Strings"
1	Projeto elétrico executivo
1	Tramitação junto à concessionária
1	Instalação
1	Comissionamento do sistema
TOTAL	R\$ 116.000,00

Fonte: Adaptado de ESCO GD (2017)

O payback foi calculado de acordo com a Equação (3):

$$\textit{Payback simples} = \frac{\textit{Custo total do sistema (R\$)}}{\textit{Economia gerada (R\$)}} \quad (3)$$

O custo total do sistema, fornecido pela empresa Esco GD, foi de R\$ 116.000,00 e é demonstrado na Tabela 8. O cálculo levou em conta fatores como:

- a) Degradação dos painéis no primeiro ano: 1,40%
- b) Degradação dos painéis nos outros anos: 0,70%
- c) Custo da manutenção/ano: 0,50%
- d) Inflação projetada: 3%
- e) Inflação energética projetada: 6%
- f) Ano de troca do inversor: 12

A economia gerada foi calculada multiplicando o valor da geração estimada de energia elétrica (Tabela 7) pelo valor de taxa de cobrança de energia elétrica, estimado como sendo $0,77 \frac{R\$}{kWh}$. Assim, a economia gerada pelo sistema foi calculada como sendo R\$ 26.090,68.

Logo:

$$Payback\ simples = \frac{116.000,00}{26.090,68}$$

$$Payback\ simples = 4,44\ anos$$

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

No presente capítulo apresentam-se as conclusões e as sugestões após o estudo de viabilidade de implantação de um sistema fotovoltaico para geração de energia elétrica no edifício Marana, na cidade de Alegrete-RS.

5.1. CONCLUSÕES

Após o estudo realizado no edifício Marana, pode-se concluir que a arquitetura da edificação possui grande influência na capacidade de instalação de um sistema fotovoltaico de geração de energia.

A área de cobertura das garagens demonstrou-se como a única opção viável de instalação dos painéis, uma vez que a cobertura do edifício se mostrava indisponível e as fachadas da edificação não mostravam potencial suficiente. Caso o edifício não possuísse área separada para as garagens, seria difícil realizar a definição de um local para a instalação dos módulos.

Estudando o sombreamento sobre os painéis instalados na cobertura das garagens observou-se que nos meses mais frios, a partir da segunda parte da tarde, os painéis ficam completamente sombreados, ocasionando uma provável diminuição da potência máxima de geração durante esse período. Isso ocorreu devido à localização dos painéis na parte posterior do terreno, voltada para a direção leste e pela altura e proximidade do edifício Marana, que encobre o sol à medida que o mesmo “caminha” para oeste.

Em suma, pode-se afirmar que a edificação adaptou-se de maneira parcial ao sistema, apresentando uma área suficiente para a instalação de uma quantidade razoável de módulos, mas sofrendo com o efeito do sombreamento em virtude da baixa altura de instalação.

Estudando a viabilidade técnica e econômica de implantação do sistema sugerido, pôde-se observar que a instalação de 96 módulos com capacidade de geração de 270 Wp resultaria em um sistema gerador de 25,92 kWp. Estimou-se que esse sistema seria capaz de gerar 33.884 kWh por ano.

Comparando com os dados de consumo anual da edificação de 38.810 kWh, o sistema proposto poderia suprir 87% do consumo do edifício Marana. Isso indica

que o custo total com energia elétrica da edificação pode ser reduzido de mais de R\$ 26.000,00 para cerca de R\$ 3400,00.

A Esco GD, empresa alegreense consultada para a realização deste trabalho, estima um custo total de R\$ 116.000,00, um valor considerado alto para investimentos energéticos residenciais. No entanto, o tempo de retorno ou *payback* estimado, já considerando perdas na eficiência da geração, foi de apenas 4 anos, ou seja, uma média de R\$ 29.000,00 de retorno anualmente.

Conclui-se, então, que a instalação de um sistema fotovoltaico de geração de energia elétrica no edifício Marana é viável economicamente e possui grande potencial de redução de consumo da concessionária, mas precisaria de uma melhor avaliação das perdas de geração pelo efeito do sombreamento.

5.2. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros, sugere-se realizar uma pesquisa com outras empresas da região, escolhendo-se outras tecnologias, como módulos mais potentes, mono ou policristalinos.

Também sugere-se realizar um estudo mais detalhado dos efeitos do sombreamento sobre a instalação, calculando a perda estimada de eficiência do sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, **Resolução Normativa nº 482 de 17 de Abril de 2012**. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/informacoes-tecnicas/-/asset_publisher/CegkWaVJWF5E/content/geracao-distribuida-introduc-1/656827?inheritRedirect=false>

ALONSO, M.C.; GARCÍA, F.S.; e SILVA, J.P. **Energia Solar Fotovoltaica**. Programa de Capacitação em Energias Renováveis – Observatório de Energias Renováveis para a América Latina e o Caribe (ONUDI) - (2013).

BOYLE, G. (Ed.) **Renewable Energy: Power for a sustainable future**. Oxford: Oxford University Press, 2004.

CANADIAN SOLAR. Catálogo de produtos. Guelph, Ontario. 2017. Disponível em:<www.canadiansolar.com>. Acesso em: 10 jan. 2017.

EASTWATT. Products.Cairo. 2009. Disponível em <www.eastwatt.com>. Acesso em: 22 jan 2017

EPE – Empresa de Pesquisa Energética, **Balço Energético Nacional 2015** – Brasília – 2014. Disponível em <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2015.pdf> Acesso em Abril de 2017.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Nota Técnica: Análise da inserção da geração solar na matriz elétrica brasileira**. Rio de Janeiro, Brasil: Maio de 2012. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/geracao/Documents/Estudos_23/NT_EnergiaSolar_2012.pdf>.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética, **Plano Nacional de Energia 2030 – Outras Fontes**, – Brasília – 2007. Disponível em <<http://www.epe.gov.br/PNE/Forms/Empreendimento.aspx>> Acesso em Março de 2017.

ESCO GD. Orçamento de instalação de um sistema fotovoltaico. Alegrete. 2017. Disponível no ANEXO A.

FRONIUS, Catálogo de produtos. Pettenbach, Áustria. 2016. Disponível em: <www.fronius.com>. Acesso em 02 fev 2017.

HUKSEFLUX, Catálogo de produtos. São José dos Campos. 2017. Disponível em <www.huksefluxbrasil.com.br> . Acesso em 25 jan 2017.

LOPEZ, R.A. **Energia Solar para Produção de Eletricidade**. São Paulo: Artliber Editora, 2012.

MME – Ministério de Minas e Energia, **Plano Nacional de Eficiência Energética: Premissas e Diretrizes Básicas** – 2011. Disponível em <<http://www.mme.gov.br/web/guest/publicacoes-e-indicadores/plano-nacional-de-eficiencia-energetica>> Acesso em Abril de 2016.

MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Observatório Nacional (ON) - **Curso de Astrofísica Geral – Nossa estrela mais querida: O Sol** – 2013/2014

MONTENEGRO, A. A. **Avaliação do retorno do investimento em sistemas fotovoltaicos integrados a residências unifamiliares urbanas no Brasil**. 2013. 175 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

NASCIMENTO, L. R. **A avaliação de longo prazo de um sistema fotovoltaico integrado à edificação urbana e conectada à rede elétrica pública**. 2013. 103 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

PEREIRA, E. B. et al. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. São José dos Campos: INPE, 2006.

PINHO, J.T. (Org); GALDINO, M.A. (Org). **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CEPEL – CRESESB, Março de 2014.

PORTAL SOLAR. **Passo a Passo da Fabricação do Pannel Solar**. Disponível em <<http://www.portalsolar.com.br/passo-a-passo-da-fabricacao-do-pannel-solar.html>>. Acesso em: 28 mar, 2017.

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

SALAMONI, I. T. **Um programa residencial de telhados solares para o Brasil: diretrizes de políticas públicas para a inserção de geração fotovoltaica conectada à rede elétrica**. 2009. 186 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SANTOS, I.P. **Desenvolvimento de ferramenta de apoio à decisão em projetos de integração solar fotovoltaica à arquitetura**. 2013. 278 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2013.

TIBA, C. et al. **Atlas Solarimétrico do Brasil: banco de dados solarimétricos**. Recife. Editora Universitária UFPE, 2000.

URBANETZ JUNIOR, J. **Sistemas fotovoltaicos conectados a redes de distribuição urbanas: sua influência na qualidade da energia elétrica e análise dos parâmetros que possam afetar a conectividade**. 2010. 189 p. Tese (Doutorado

em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2010.

VARELLA, F.K.O.M; CAVALIERO, C.K.N.; SILVA, E.P. **Energia Solar Fotovoltaica no Brasil: Incentivos Regulatórios.** In: Revista Brasileira de Energia, Vol. 14, No . 1, 1 o Sem. 2008, pp. 9-22. Disponível em < www.sbpe.org.br/socios/download.php?id=218> Acesso em Abril de 2016.

VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J.R. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações.** 1. Ed. São Paulo: Érica, 2012.

WEALTHY DAILY. Publications. Baltimore, 201?. Disponível em <www.wealthydaily.com>. Acesso em 10 jan 2017.

WIKIPEDIA. Alegrete (Rio Grande do Sul). Flórida. 200?. Disponível em <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/49/RioGrandedoSul_Municip_Alegrete.svg/716px-RioGrandedoSul_Municip_Alegrete.svg.png> Acesso em: 30 jan 2017.

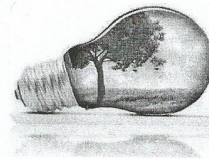
ANEXO A – ORÇAMENTO FORNECIDO PELA EMPRESA ESCO GD



Ciente:	Edifício Marana	Cidade:	Alegrete
Endereço:	Rua Joaquim Antonio, 130	Proposta:	170116
Contato:	Eduardo	Data:	15/05/2017
CPF/CNPJ:	0		

ENERGIA LIMPA E ACESSÍVEL

Considera-se como energia limpa aquela que, durante o seu processo de produção ou consumo, não libera resíduos ou gases poluentes de efeito estufa. A energia fotovoltaica, ou energia solar, é considerada a mais limpa, ecológica e abundante; nesse caso, a energia luminosa do sol é transformada em eletricidade através de painéis com células fotovoltaicas, que podem ou não estar ligados à rede de energia elétrica.



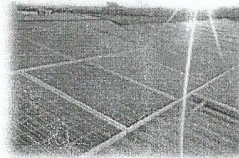
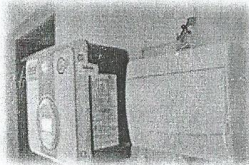
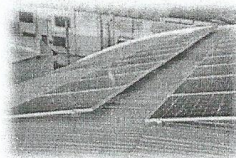
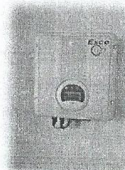
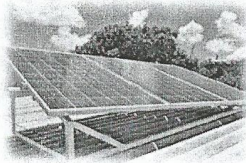
SOBRE A ESCO-GD

A Escó-GD foi fundada em 27/02/2015 por três engenheiros eletricitistas, sendo dois formados na UNIPAMPA - Universidade Federal do Pampa. Atualmente sediada e incubada no Parque Tecnológico do Pampa, a empresa presta serviços com foco nas seguintes áreas: Projetos de Geração de Energia Distribuída, Eficiência Energética, Gestão de Energia, Projetos Elétricos de Baixa e Média Tensão e Pesquisa e Desenvolvimento.

Na área de energias renováveis, a Empresa busca a prospecção e desenvolvimento de projetos de geração de energia elétrica de pequeno e grande porte. Com foco em sistemas conectados à rede (on-grid), nossos projetos viabilizam a geração de energia no próprio local de consumo, trazendo comodidade, segurança e benefícios econômicos para o consumidor. A ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA tem sido uma das principais e mais rentáveis fontes de energia renovável e limpa.

APLICAÇÕES DE ENERGIA SOLAR

em dias nublados ou chuvosos. Quanto maior for a radiação solar maior será a quantidade de eletricidade produzida. O processo de conversão da energia solar utiliza células fotovoltaicas (Normalmente feitas de silício ou outro material semicondutor). Quando a luz solar incide sobre uma célula fotovoltaica, os elétrons do material semicondutor são postos em movimento, desta forma gerando eletricidade. A energia fotovoltaica é uma tecnologia 100% comprovada. Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica já são utilizados há mais



ESCO-GD Tecnologia em Energia LTDA
 CNPJ: 21.118.050/0001-48
 Endereço: Avenida Tiarajú, 1406, Sala P14, Pampatec
 Contato: 55-3411 8400 R: 2309, contato@esco-gd.com.br



Cliente:	Edifício Marana	
Endereço:	Rua Joaquim Antonio, 130	Cidade: Alegrete
Contato:	Eduardo	Proposta: 170116
CPF/CNPJ:	0	Data: 15/05/2017

DIFERENCIAL DA ENERGIA SOLAR

Investir em energia solar, hoje, é antecipar uma consciência sustentável que, em breve, será uma tendência irreversível no mundo, dado a necessidade de diversificarmos nossa matriz energética e o tamanho dos benefícios envolvidos, tais como:

- Redução da emissão de gases poluentes no planeta;
- Aumento da qualidade de vida;
- Economia financeira;
- Valorização Imobiliária;
- Valorização estética;
- Investimento em uma construção sustentável;
- Confiabilidade.

CONFIABILIDADE

A Esco-GD, através de uma parceria com as mais conceituadas marcas de sistemas fotovoltaicos, garante todo o funcionamento e durabilidade dos equipamentos conforme as especificações técnicas dos fabricantes. Também oferecemos o diferencial de empenho e dedicação em todo serviço prestado para que o cliente sempre esteja satisfeito e realizado com suas compras e consultas. Confira algumas das certificações que você garante ao adquirir um produto da Esco-GD:



1. CONSUMO

➤ Consumo anual:	38.811	kWh	
➤ Consumo mensal médio:	3.234	kWh	
➤ Custo com energia elétrica 2016:	R\$	29.385,47	
➤ Custo médio mensal com energia elétrica:	R\$	2.448,79	÷ 12
➤ Previsão de custo com energia elétrica em 2017:	R\$	32.324,02	
➤ Previsão de custo médio mensal com energia em 2017:	R\$	2.693,67	



Cliente: Edifício Marana
 Endereço: Rua Joaquim Antonio, 130 Cidade: Alegrete
 Contato: Eduardo Proposta: 170116
 CPF/CNPJ: 0 Data: 15/05/2017

1. SISTEMA PROPOSTO

Sistema Solar Fotovoltaico de 25,65 kWp

Tabela 1: Características Gerais do Sistema.

Módulos:	Canadian	Marca do Inversor:	Fronius
Potência dos Módulos:	270 Wp	Modelo do Inversor:	ECO 25.0-3
Número de Módulos:	95	Eficiência do Inversor:	0,97
Sistema de Monitoramento:	String Box	Número de Inversores:	1 unidade

Tabela 2: Características Estruturais.

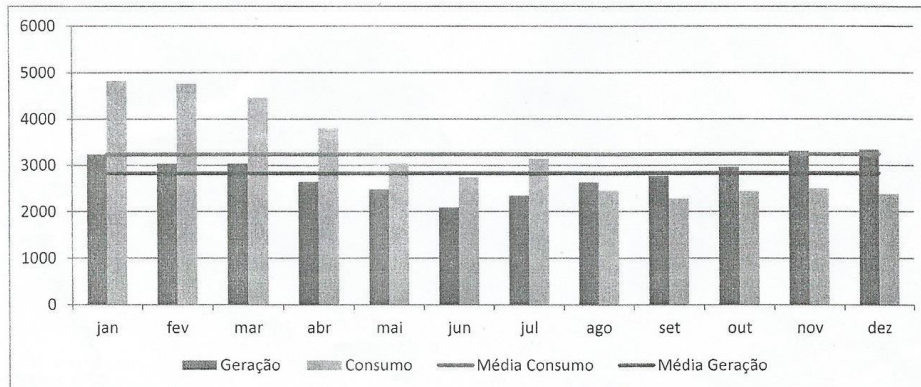
Área Líquida de Painel:	161,5	Angulação do sistema:	22°
Peso aproximado por m ² :	16 kg/m ²	Código da estrutura:	À ser determinada

2. GERAÇÃO

$$95 \times 270 \times \text{dias} \times R$$

Estima-se que o sistema solar fotovoltaico proposto neste relatório é capaz de gerar em média:

> Geração média mensal*:	2823,6 kWh/mês	↓ × 12
> Geração estimada por ano*:	33.884 kWh/ano	
> Relação geração/consumo:	87,30%	✓
> Payback:	4 Anos	
> Retorno no primeiro ano:	R\$ 24.400,63	



*Os valores apresentados são estimativas e baseiam-se em medições de anos passados fornecidas por bancos de dados do CRESESB ou NASA e variam de acordo com o mês do ano em que se mede a produção e de fatores meteorológicos específicos de cada ano e já consideram perdas de inversão e fiação



Cliente: Edifício Marana
 Endereço: Rua Joaquim Antonio, 130 Cidade: Alegrete
 Contato: Eduardo Proposta: 170116
 CPF/CNPJ: 0 Data: 15/05/2017

3. ESTIMATIVA DE CUSTO

ATENÇÃO: Conforme solicitado pelo cliente abaixo segue uma estimativa de custos de um sistema como o apresentado no relatório. Os valores não refletem com exatidão o valor da execução podendo este variar POSITIVA ou NEGATIVAMENTE.

Quantidade	Produto
95	Módulo Canadian 270 Wp
1	Inversor Fronius ECO 25.0-3
1	Estrutura para fixação dos módulos
-	Materiais Elétricos Diversos
1	String Box CC+CA para 04 "Strings"
1	Projeto elétrico executivo
1	Tramitação junto à Concessionária
1	Instalação
1	Comissionamento do sistema
	Total R\$ 116.000,00

*Neste valor estão considerados os custos com horas técnicas de consultoria, com leis sociais e de previdência, ferramental de execução, instrumental de verificação técnica, deslocamentos (origem/destino) e impostos (municipais, estaduais e federais).

4. CONDIÇÕES DE PAGAMENTO

- Em 04 (quatro) vezes sem juros de **R\$ 29.000,00**
- À vista com 2,5% de desconto **R\$ 113.100,00**
- Em 10 (dez) vezes iguais de* **R\$ 12.813,62** com juros de 1% a.m.

* Previsão de instalação entre o 5º e o 7º pagamento.

5. ITENS NÃO COMPUTADOS

- Despesas com obras civis e adaptações no sistema elétrico da edificação (se necessárias);
- Transporte vertical dentro da propriedade (se necessário);
- Reprodução de cópias em geral.

Sem mais, e na expectativa da manifestação de V.Sa. firmamo-nos atenciosamente.

Esco-GD Tecnologia em Energia

JONATHAN BEHRENS
CREA/RS200726

NELCY ULISSES DUARTE DE ALMEIDA
CREA/RS200726

RAUL LEDUR KUHN
CREA/RS200726

ESCO-GD Tecnologia em Energia LTDA
CNPJ: 21.118.050/0001-48
Endereço: Avenida Tiarajó, 1406, Sala P14, Pampatec
Contato: 55-3411 8400 R: 2309, contato@esco-gd.com.br