



Uso das energias renováveis: Estudo sobre a Implementação em Empresa de Pequena Dimensão

Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

Juracy Marques de Jesus Junior

Leiria, março de 2022



Uso das energias renováveis: Estudo sobre a Implementação em Empresa de Pequena Dimensão

Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

Juracy Marques de Jesus Junior

Dissertação de Mestrado realizada sob a orientação do(a) Professor Doutor Pedro Marques, e da Professora Mestre Especialista Lizete Heleno, ambos Professores da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria

Leiria, março de 2022

Originalidade e Direitos de Autor

A presente dissertação é original, elaborada unicamente para este fim, tendo sido devidamente citados todos os autores cujos estudos e publicações contribuíram para a elaborar.

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição de que seja mencionado o Autor e feita referência ao ciclo de estudos no âmbito do qual o mesmo foi realizado, a saber, Curso de Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente no ano letivo 2021/2022, da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria, Portugal, e, bem assim, à data das provas públicas que visaram a avaliação destes trabalhos.

Dedicatória

Dedico este trabalho a Dona Dijoselma Ferreira Lima e ao Senhor Juracy Marques de Jesus, dois seres humanos incríveis que apesar de nunca terem tido a oportunidade de estudar, me deram todo o suporte para que eu pudesse estar aqui hoje. Amo vocês, meus pais!

Agradecimentos

Agradeço inicialmente aos meus pais, senhor Juracy e dona Selma, pelo amor e o incentivo doado durante toda essa caminhada, vocês são sensacionais! Vocês terem saído do interior para a capital sem ter tido a oportunidade dos estudos e fazer com que filho se tornasse Mestre em Engenharia em uma Instituição Europeia é de grande respeito, orgulho e admiração. Saibam que são os verdadeiros heróis desta jornada por me darem todo o suporte. Hoje, vocês se tornam Mestre em Engenharia comigo. Eu amo vocês, meus pais!

Agradeço a minha amiga Monique Sarly, minha irmã Taise e Edna. Agradeço imensamente por todo amor, carinho e cuidado. Amo vocês!

Um agradecimento especial a Mariana Tavares, meu muito obrigado por ser esse ser humano que ilumina a minha vida e me inspira.

Obrigado a Dielren pela paciência e compreensão nessa etapa da minha vida. Te amo!

Agradeço aos amigos que fiz durante minha jornada na Alemanha, na Espanha, em Portugal e no Brasil, vocês contribuíram para este momento.

Obrigado ao meu grande amigo Felipe Mapurunga e a Djalma que me ajudaram durante a realização deste trabalho. Obrigado aos amigos que acreditaram em mim e me deram forças para terminar esse ciclo, Vicente, Kaio, Flávio, Teixas, Vini10, Teus, Gi, Morgs, Thai, Lila, Ma, Sa, Marina, Lu, Camila, Bah, Chris, Lídia, Karen, Matheus, Sergio, Lai, Carolina e Paulita.

Meu muito obrigado ao professor Doutor Pedro Marques e a professora Mestre Especialista Lizete Heleno pela ajuda e apoio nesta jornada.

Um agradecimento à todas Universidades que estudei, todas foram muito importantes durante o meu percurso na engenharia: Technische Universität Bergakademie Freiberg, Alemanha; Universidad de Almería, Espanha; Instituto Politécnico de Leiria, Portugal e, em especial, a Universidade Federal da Bahia, Brasil.

Resumo

O petróleo é a fonte energética mais utilizada no mundo, porém é oriundo de uma fonte não renovável. Com o crescimento acelerado das empresas e da globalização, a demanda energética e a preocupação com o meio ambiente no mundo aumentaram, assim a necessidade da utilização das energias renováveis tornou-se um compromisso com o desenvolvimento do homem e do meio que ele está inserido. Muitas empresas passaram a investir em projetos e tecnologias visando a geração de energia elétrica através do uso de recursos energéticos renováveis, sobretudo, solares e eólicos. Neste sentido, foi desenvolvido este trabalho que visa elaborar o dimensionamento de um sistema de fornecimento de energia elétrica, por meio de energias renováveis ligado à rede (*on grid*), considerando a instalação de painéis fotovoltaicos e/ou aerogeradores para obtenção do autoconsumo e autossuficiência numa determinada empresa pequena localizada no Brasil. A metodologia utilizada para este trabalho inclui a revisão da literatura e a utilização do *software HomerPro*, o qual auxilia na determinação, simulação, otimização e validação de um sistema de energia renovável em um dado local. Além disso, também foi utilizado o *Sunny Web Design*, uma plataforma disponível na web que fornece aos profissionais de energia fotovoltaica e projetistas de plantas o design de vários sistemas fotovoltaicos, como a quantificação de painéis fotovoltaicos, inversores e cablagem. Como resultado, obteve-se um modelo de sistema renovável fotovoltaico com ligação à rede (*on grid*) e seus custos envolvidos.

Palavras-chave: Petróleo, Transição energética, Dimensionamento Energético, Recurso renovável.

Abstract

Petroleum is the most used energy source in the world, but it comes from a non-renewable source. With the accelerated growth of companies and globalization, energy demand and concern for the environment in the world have increased, so the need to use renewable energy has become a commitment to the development of man and the environment in which he is inserted. Many companies began to invest in projects and technologies aimed at generating electricity through the use of renewable energy resources, especially solar and wind power. In this sense, this work was developed, which aims to elaborate the dimensioning of an electric energy supply system, through renewable energies connected to the grid (on grid), considering the installation of photovoltaic panels and/or wind turbines to obtain self-consumption and self-sufficiency in a certain small company located in Brazil. The methodology used for this work includes a literature review and the use of *HomerPro software*, which helps in the determination, simulation, optimization and validation of a renewable energy system in a given location. In addition, *Sunny Web Design* was also used, an application available on the web that provides photovoltaic professionals and plant designers with the design of various photovoltaic systems, such as the quantification of photovoltaic panels, inverters and cabling. As a result, a model of a renewable photovoltaic system with connection to the grid (on grid) and its costs involved was obtained.

Keywords: Petroleum, Energy transition, Energetic Design, Renewable resources.

Índice

Originalidade e Direitos de Autor	iii
Dedicatória	v
Agradecimentos	vii
Resumo	ix
Abstract	xi
Lista de Figuras	xv
Lista de tabelas	xvii
Lista de siglas e acrónimos.....	xix
1. Introdução	1
2. Estado da Arte	3
2.1. Conceitos Importantes e a Transição Energética	3
2.2. Sistema Fotovoltaico.....	6
2.2.1. Módulos Fotovoltaicos e Células Fotovoltaicas	7
2.2.2. Caracterização do Sistema Fotovoltaico.....	8
2.2.3. Baterias	9
2.2.4. Inversores	9
2.2.5. Tipos de Sistemas Fotovoltaicos	9
2.3. Sistema Eólico	12
2.3.1. Caracterização do Sistema Eólico	12
2.4. Empresa Pequena	15
2.5. Enquadramento Legal	17
2.5.1. Lei 13.914: a nível regional	17
2.5.2. Lei 14.300: a nível nacional	18
2.5.3. Plano Nacional de Energia 2030	18
3. Empresa Estudo de Caso	21
3.1. Caracterização da Empresa Pequena.....	21
3.2. Consumo Mensal de Energia e o Perfil do Diagrama de Cargas Diárias.....	23
4. Proposta de Melhoria	25
4.1. Inserção das Cargas no <i>software HomerPro</i>.....	25

4.2. Caracterização do Recurso Solar	27
4.3. Caracterização do Recurso Eólico	28
4.4. Caracterização da Temperatura Ambiente	29
4.5. Equipamentos a Considerar no Dimensionamento do Projeto	30
4.5.1. Cenário Sem Armazenamento	30
4.5.1.1 Dimensionamento dos Painéis Fotovoltaicos (PV)	31
4.5.1.2 Ligação à Rede	32
4.5.1.3 Dimensionamento do Inversor	33
4.5.1.4 Dimensionamento do Aerogerador	34
4.5.2. Cenário Com Armazenamento	36
4.6. Conclusões Obtidas a partir do <i>Software Homer</i>	38
4.6.1. Solução Ótima: Sem Armazenamento	38
4.6.1.1 Produção e Consumo de Energia Elétrica Proposta	40
4.6.1.2 Parte Econômica-Financeira do Projeto	41
4.6.1.1 Solução Ótima: Com Armazenamento	43
5. Sunny Web Design	45
5.1. Dados a abastecer	45
5.2. Perfil de Carga no <i>Sunny Web Design</i>	46
5.3. Área Disponível para a Instalação dos Painéis Fotovoltaicos	47
5.4. Painéis Fotovoltaicos	48
5.5. Inversores	48
5.6. Cablagem	49
5.6.1. Dimensionamento dos Cabos CC	50
5.6.2. Dimensionamento dos Cabos LC	50
5.7. Resultados <i>Sunny Web Design</i>	51
6. Conclusões	55
7. Referências	59
Anexo I	65
Anexo II	69
Anexo III	71

Lista de Figuras

Figura 2-1 Energia renovável e não renovável: comparação entre Brasil e mundo.....	4
Figura 2-2 Matriz elétrica brasileira	5
Figura 2-3 Matriz elétrica Mundial	5
Figura 2-4 Painel Fotovoltaico em Camadas.....	7
Figura 2-5 Silício Mono, Policristalino e Amorfo	8
Figura 2-6 Sistema <i>off grid</i>	10
Figura 2-7 Sistema <i>on grid</i>	11
Figura 2-8 Turbina Eólica	13
Figura 2-9 Componentes de um sistema híbrido conectado à rede.	14
Figura 2-10 Sistema Eólico isolado (off grid)	14
Figura 2-11 Sistema Eólico interligado à rede (<i>on grid</i>)	15
Figura 3-1 Localização da empresa segundo o Google Maps 2020	22
Figura 3-2 Foto frontal do estabelecimento.....	22
Figura 3-3 Foto de cima do estabelecimento.....	23
Figura 3-4 Consumo mensal de energia	24
Figura 3-5 Perfil do Diagrama de cargas diário.....	24
Figura 4-1 Ícone da <i>Electric Load</i>	25
Figura 4-2 Janela de introdução de dados de consumo de cargas.....	26
Figura 4-3 Ícones referentes aos recursos renováveis	27
Figura 4-4 Janela de configuração do recurso solar	27
Figura 4-5 Janela de configuração do recurso eólico	28
Figura 4-6 Janela de configuração da temperatura ambiente.....	29
Figura 4-7 Ícones dos equipamentos	30
Figura 4-8 Sistemas a serem configurados	31
Figura 4-9 Janela de configuração do painel fotovoltaico	31

Figura 4-10 Janela de configuração das tarifas	32
Figura 4-11 Janela de configuração do inversor	33
Figura 4-12 Janela de configuração do aerogerador	34
Figura 4-13 Potência do gerador para a velocidade do vento.....	35
Figura 4-14 Sistemas a serem configurados considerando baterias	36
Figura 4-15 Janela de configuração das baterias.....	37
Figura 4-16 Relatório de Simulação.....	38
Figura 4-17 Simulações do software Homer: sem armazenamento	38
Figura 4-18 Solução ótima software Homer: sem armazenamento.....	39
Figura 4-19 Produção e Consumo elétrico médio mensal: rede pública x painel fotovoltaico	41
Figura 4-20 Resumo dos custos do projeto	42
Figura 4-21 Solução ótima software Homer: com armazenamento	43
Figura 5-1 Introdução do <i>Sunny Design Web</i>	45
Figura 5-2 Informações do Projeto	46
Figura 5-3 Perfil de Carga.....	47
Figura 5-4 Área disponível do bar	47
Figura 5-5 Seleção dos painéis fotovoltaicos	48
Figura 5-6 Informação do inversor	48
Figura 5-7 Compatibilidade: sistema fotovoltaico x inversor	49
Figura 5-8 Cablagem.....	49
Figura 5-9 Dimensionamento dos cabos CC.....	50
Figura 5-10 Dimensionamento dos cabos LC	50
Figura 5-11 Dados da Cablagem.....	51
Figura 5-12 Característica da ligação ao inversor	51
Figura 5-13 Rendimento Energético Mensal	52
Figura 5-14 Período de amortização previsto e o Rendimento anual (IRR).....	53

Lista de tabelas

Tabela 2-1 Classificação de empresa.....	17
Tabela 4-1 Início da Produção em relação à velocidade do vento	35
Tabela 4-2 Pico da Produção da turbina	35
Tabela 4-3 Produção de energia elétrica por parte do sistema fotovoltaico e rede elétrica.	40
Tabela 4-4 o consumo de carga primária anual	41
Tabela 4-5 Resumo de custo.....	42
Tabela 4-6 Análise de retorno em anos	43

Lista de siglas e acrónimos

AM	Massa de Ar
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
COELBA	Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia
DR	Densidade Relativa
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ER	Energia Renovável
IU	Instalação de Utilização
GEE	Gases de Efeito Estufa
ONU	Organização das Nações Unidas
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PNE 2030	Plano Nacional de Energia
MME	Ministério de Minas Energia
MT	Média Tensão
NPC	Net Present Cost
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SCEE	Sistema de Compensação de Energia Elétrica
UP	Unidades de Produção
UPAC	Unidade de produção de autoconsumo

1. Introdução

O consumo global de energia elétrica aumentou nos últimos anos devido, entre outros fatores, ao crescimento populacional, desenvolvimento econômico e aos padrões de consumo. Em alguns países ao redor do mundo continua a crescer a uma taxa de cerca de 0,7% ao ano (ADENE, 2021); já no Brasil, cresceu a uma taxa de 4,1% ao ano, sobretudo devido ao consumo nas empresas (CCEE, 2022) (Brasil, 2022). Como resultado dessa tendência de consumo, a sociedade mundial está a sofrer as consequências desse aumento, efeito que é mais acentuado numa região do que noutras.

Por servir um universo de 6,1 milhões de consumidores de eletricidade (Gaibor, 2019), é importante entender que o uso dos recursos renováveis para a geração de energia elétrica se torna uma questão fundamental para a manutenção do equilíbrio no planeta, visto que otimiza os gastos energéticos, diminui a pegada carbônica e reduz os gastos econômicos (Conceição, 2021). Desta forma, a justificativa desta dissertação veio da necessidade de se debater sobre a eficiência energética, sobretudo com o enfoque na produção de eletricidade por meio de recursos renováveis em empresas pequenas.

Nesse contexto, o objetivo desta pesquisa consistiu no dimensionamento de um sistema de fornecimento de energia elétrica através de energias renováveis ligado à rede (*on grid*), considerando a instalação de painéis fotovoltaicos e/ou aerogeradores para obtenção do autoconsumo e autossuficiência numa determinada empresa pequena localizada no Brasil, na região de Salvador da Bahia. Essa empresa é um bar cuja atividade consiste na venda de bebidas alcoólicas e não alcoólicas, juntamente com uma mercearia que vende géneros alimentícios.

A metodologia utilizada para este trabalho incluiu a revisão da literatura, a utilização do *software HomerPro* e da plataforma *Sunny Web Design*, sendo o dimensionamento dos cenários, nomeadamente, para o sistema fotovoltaico e eólico, descrito de forma detalhada. Para a realização desta dissertação foi fundamental direcionar os projetos e pesquisas com o intuito de obter o objetivo aqui proposto, deste modo para preservar a coerência do raciocínio, a estrutura foi apresentada em partes:

Na segunda parte, a que se chama Estado da Arte, foram introduzidos conceitos relevantes sobre a produção de energia elétrica, os recursos renováveis, a transição energética, conceito e caracterização de empresa pequena, o enquadramento legal e a Unidade de Produção para Autoconsumo (UPAC).

Seguidamente, foi escolhida uma empresa pequena para ser o caso de estudo, baseando-se nos conceitos de empresa pequena definidos pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) como meio de validação da empresa selecionada. Além disso, foi discutido os gastos energéticos da empresa, tendo como base os gastos com energia elétrica do período de 01 de dezembro de 2018 a 31 de novembro do ano de 2019 (Anexo III).

Na parte do dimensionamento foram recolhidos os dados, nomeadamente, sobre as cargas, recurso solar, recurso eólico, temperaturas do local da empresa, equipamentos do sistema fotovoltaico, eólico, inversores, aerogerador e baterias (quando aplicável). Posteriormente, foi descrita toda a inserção dessas informações no *software HomerPro*, cabendo ao *software HomerPro* simular, otimizar, validar e determinar a solução ótima (a opção de sistema mais indicada para a empresa e sua localização). Ainda nesse capítulo foi discutido sobre a solução ótima proposta (implementação de painéis fotovoltaicos com ligação à rede *on grid*, e os custos e ganhos envolvidos nesse sistema), de forma a ajudar o responsável da empresa na tomada de decisão.

Para efeitos de dimensionamento da quantidade de painéis fotovoltaicos, inversores e informações sobre os cabos, foi utilizada a plataforma *Sunny Web Design*.

Por fim, apresentou-se as conclusões obtidas durante o estudo.

2. Estado da Arte

2.1. Conceitos Importantes e a Transição Energética

Desde o início da extração do petróleo, também conhecido como ouro negro, é possível perceber um rápido crescimento do seu uso no cenário mundial (Ferreira, Duarte, Gomes, & Jorge, 2008). Embora considerado uma fonte energética não renovável, o petróleo é utilizado em diversos de setores, como na medicina, nos cosméticos, na construção civil, na agroindústria, entre outros (Ahmad, 2014), e sua extração é feita através da perfuração de um poço utilizando uma sonda de perfuração (Guo, Lyons, & Gualambor, 2007).

O uso do petróleo na indústria termoelétricas para geração de energia é benéfico em termos econômicos (Van den Bergh & Bruinsma, 2008), pois necessita de menores investimentos tecnológicos para viabilizar seu uso quando comparado com outras opções, como a energia eólica, energia solar e energia geotérmica (Schuchardt & L. Ribeiro, 2001). Todavia, apesar de ser economicamente viável, essa fonte gera impactos negativos à saúde da população (N. Luginaah, S. Martin, Elliott, & Eyles, 2002) e no ambiente, como o desmatamento, o aumento da concentração do Gases do Efeito Estufa (GEE), danos à fauna e à flora. Além disso, o ser humano consome de forma excessiva os recursos energéticos disponíveis na natureza (Goldemberg & Lucon, 2007) e, por exemplo, para satisfazer as demandas atuais seriam necessários 1,7 planetas, por isso é importante compreender as fontes energéticas, sejam elas renováveis ou não renováveis, para que o homem e o ambiente vivam em equilíbrio (Gaibor, 2019).

A busca do equilíbrio potencia um aumento no uso dos recursos renováveis na geração de energia elétrica (Schallenberg, et al., 2008), por isso é importante o desenvolvimento de políticas, protocolos e mecanismos para um crescimento sustentável, sendo essa mudança conhecida como transição energética. A transição energética pode ser definida como as modificações estruturais que um determinado local, cidade, região ou país passa no setor de energia (Bode, Neumann, Hauff, & Haslauer, 2014). Neste processo verifica-se um aumento do uso das energias renováveis (ER) face à utilização de energias não renováveis e a melhoria da eficiência energética (Bode, Neumann, Hauff, & Haslauer, 2014), já para Ramos (2018) a transição energética é definida como um intervalo no tempo onde exista uma mudança significativa no modelo energético de um determinado local.

Com a revolução industrial o uso dos recursos fósseis aumentou, sobretudo o carvão e o petróleo, tendo este último assumido um papel fundamental na economia mundial. O petróleo ocupa o lugar de matéria-prima mais usada até os dias de hoje por ser um recurso mais barato em comparação aos disponíveis, também pela sua capacidade de ser utilizado na produção de diversos produtos e indústrias, além da facilidade do armazenamento e transporte (Santos, 2019). Segundo Santos (2019), apesar do petróleo ter a hegemonia no mercado, este cenário está a ser modificado, dando lugar às energias renováveis (Balta, Dincer, & Hepbaslic, 2011), como por exemplo a energia solar, a energia eólica, a energia hidrelétrica, a biomassa e a energia geotérmica (Schallenberg, et al., 2008).

No âmbito das energias renováveis e na produção de energia elétrica foi escrito nessa dissertação que abordou sobre o Brasil porque é o país onde a empresa do estudo de caso está localizada. A nível de Brasil o país possui recursos de origem fóssil disponível em seu território, contudo verificou-se um crescimento na utilização das energias renováveis, como visto na Figura 2-1. Para uma melhor análise sobre esse crescimento no Brasil, foi utilizado o método comparativo na Figura 2-1 com a nível mundo, sendo que o Brasil possui 83% de produção de energia renovável, enquanto a nível mundial o número é bem menor e correspondente a 25%; no quesito não renováveis, o Brasil tem uma porcentagem de 17%, contra 75% a nível mundial, concluindo-se que é uma diferença considerável e que vale a pena o estudo sobre as energias renováveis e não renováveis (BEN, 2020).

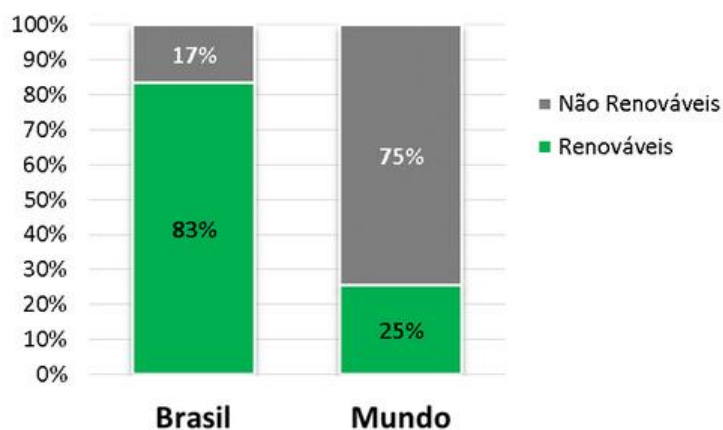


Figura 2-1 Energia renovável e não renovável: comparação entre Brasil e mundo

Sobre a diferença vista na figura anterior e relativamente às principais fontes primárias de energia utilizadas no mundo, os combustíveis fósseis apresentam-se como grupo majoritário

(Cintra, 2018), sendo a produção de energia elétrica, em sua grande parte, oriunda de termoeletricas, através da combustão de gás natural, petróleo e carvão mineral. Um dos fatores que explica a diferença mostrada na Figura 2-1 é porque muitos países encontram problemas no progresso da transição energética, sobretudo devido as questões climáticas (Hollanda, et al., 2016). Sauer (2016) contudo assegura que este predomínio do petróleo e dificuldade no avanço do uso de recursos renováveis seria devido aos interesses existentes por muitos países na disputa do controlo geopolítico e econômico no mundo.

Ainda de modo comparativo entre Brasil e mundo, é possível observar nas Figura 2-2 e Figura 2-3 a utilização dos recursos renováveis especificamente para a geração de energia elétrica tanto a nível Brasil quanto mundo (BEN, 2020).

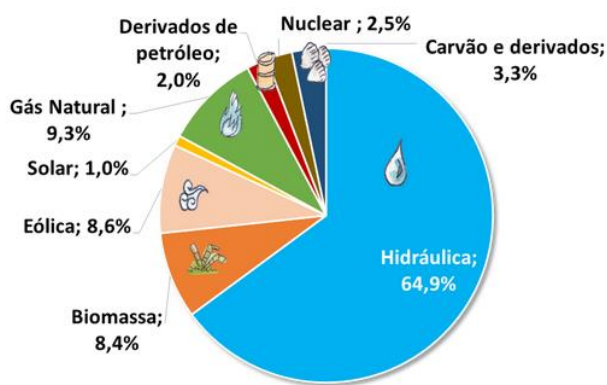


Figura 2-2 Matriz elétrica brasileira

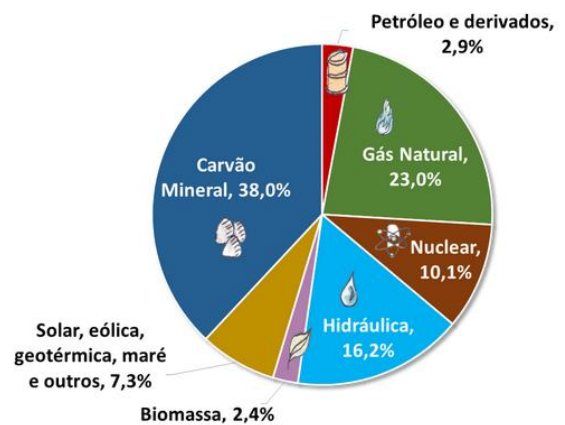


Figura 2-3 Matriz elétrica Mundial

De acordo com a representação das Figura 2-2 e Figura 2-3 acima o Brasil possui uma matriz elétrica mais renovável em comparação a mundial (Francisco de Carvalho, 2009), fruto de avanços tecnológicos no país, acordos nacionais e internacionais e, sobretudo, por dispor de diferentes tipos de recursos naturais dentro do seu próprio território, como apontam as pesquisas de Bronzatti e Larozinski (2008); e de Goldemberg e Moreira (2015). Na Figura 2-2 Matriz elétrica brasileira tem-se a hidrúlica com 64,9% e com o maior índice a nível de renovável na geração de energia elétrica, enquanto o gás

natural com 9,3% é o maior a nível de não renovável. Por outro lado na Figura 2-3 da matriz elétrica mundial é possível constatar que a hidráulica com 16,2% é a maior responsável na geração de energia elétrica a nível de renovável, enquanto o carvão mineral com 38,0% é o maior a nível de não renovável. Para justificar essa diferença nos dois cenários apresentados, Ferraço (2016) diz que é necessário no mundo uma distribuição mais uniforme de tecnologias e investimentos para minimizar os obstáculos existentes, assim, estimulando ainda mais o uso da matriz renovável. Além disso, Nogueira e Cardoso (2007) relatam que o uso racional das fontes de energia primárias são fatores indispensáveis para a sustentabilidade dos sistemas energéticos, bem como descrevem que a nível mundial a utilização dos combustíveis fósseis na geração de eletricidade vem maximizando as problemáticas ambientais, o que força a reestruturação das fontes das matrizes energéticas.

A nível de reestruturação e avanço dito anteriormente é necessário aumentar o uso de fontes de energia primária renovável para a geração de energia elétrica. No âmbito dessa dissertação o foco principal é nas energias renováveis solar fotovoltaica e a eólica, mas sabe-se que existem outras como energia hidrelétrica, a biomassa e energia geotérmica (Cintra, 2018). A justificativa do foco da pesquisa no sistema fotovoltaico e no sistema eólico é devido às condições de radiação, temperatura, do vento e localização da empresa pequena do estudo de caso dessa dissertação.

2.2.Sistema Fotovoltaico

Segundo Cintra (2018), a energia solar é uma das energias renováveis mais promissoras, já que ela pode ser empregada e utilizada na forma de combustível, calor e eletricidade, ainda segundo ela a energia solar fotovoltaica pode ser definida como a energia obtida através da conversão da luz solar em eletricidade por meio do efeito fotovoltaico. Droege (2011) considera que o sistema fotovoltaico é também promissor porque pode ser implementado e utilizado na produção de eletricidade para empresas, escolas, shoppings, casas ou edifícios. Para Droege (2011) a transformação ocorre através da conversão da energia proveniente dos raios solares (calor e luz) em energia elétrica ou mecânica, por meio da utilização de específicos materiais, os semicondutores (Sampaio, Almeida, Nunes, & Moura, 2017). Este processo é conhecido como efeito fotovoltaico, isto é, a criação de uma diferença de potencial nos limites da estrutura do material semicondutor após a sua exposição a luz (Besso, 2017). A seguir tem-se sobre os

componentes que compõem o sistema fotovoltaico e a definição de seus diferentes tipos (Silva Pinheiro, 2021).

2.2.1. Módulos Fotovoltaicos e Células Fotovoltaicas

Um módulo fotovoltaico é definido pela norma NBR 10899 (ABNT, 2013) como a unidade de um sistema fotovoltaico, define-se ainda que essa unidade é formada por um conjunto de células fotovoltaicas ligadas eletricamente com o intuito de gerar e produzir energia elétrica. Um módulo fotovoltaico por ser formado por camadas distintas (Besso, 2017), conforme se pode verificar na Figura 2-4



Figura 2-4 Painel Fotovoltaico em Camadas

A camada 1 é o “quadro”, a camada 2 o “vidro”, a camada 3 é o “encapsulante”, a camada 4 é o conjunto das “células fotovoltaicas”, a 5 é outro “encapsulante”, a 6 é a “folha inferior” e o equipamento preto acoplado a essa última camada é caixa de junção. (Pereira, 2010). Aos painéis fotovoltaicos estão associados um valor de potência-pico, caracterizado como Wp (Watt-pico), que é definido como um valor de referência para a produção da potência (Balestrin, et al., 2016). Neste aspecto, as condições ambientais do local influenciam diretamente na eficiência e eficácia de um painel fotovoltaico, isto é, as condições do índice de massa de ar (AM), a temperatura do ar, o recurso solar e a intensidade da radiação solar. As condições padrões conhecidas para que um painel solar consiga alcançar a produção da sua potência-pico é: a intensidade da radiação solar igual a 1000 W/m^2 , a temperatura média igual a $25 \text{ }^\circ\text{C}$, e o índice AM (Ar-Massa) de 1,5 (ABB Sace, 2014).

As células fotovoltaicas são as componentes que fazem parte e que formam os módulos fotovoltaicos, são normalmente de silício (Si), sendo esses formados de cristais monocristalinos (a), policristalinos (b) ou de silício amorfo (c) (Gonçalves, 2015). O silício monocristalino possui uma estrutura molecular regular e suas células voltadas a mesma direção, o que facilita no deslocamento dos elétrons pelo material. Por outro lado, esta característica pode ser desvantajosa, gerando uma irregularidade entre as partículas que compõem a luz e transportam a energia contida nas radiações eletromagnéticas, e as células fotovoltaicas (Droege, 2011). Já o silício policristalino tem um processo de criação com custos menores e menor complexidade para o fabrico, porém tendem a ter eficiências menores que a mono. O silício amorfo é uma constituição não cristalina de silício que normalmente possui baixa eficiência devido à natureza desarranjada do material, alguns átomos têm ligação pendente, o que torna um defeito que pode gerar um comportamento elétrico anômalo. Na Figura 2-5 pode verificar-se os diferentes tipos de células fotovoltaicas, sendo evidente as diferenças visuais entre as células (Sobrinho, 2016).

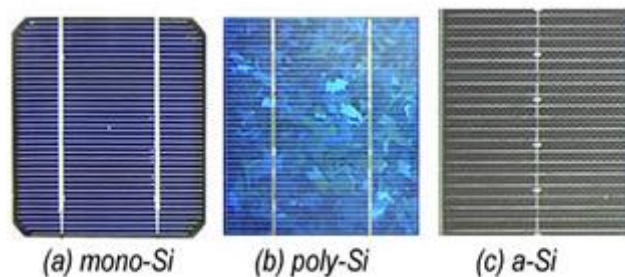


Figura 2-5 Silício Mono, Policristalino e Amorfo

2.2.2. Caracterização do Sistema Fotovoltaico

O sistema fotovoltaico é constituído pelo bloco gerador, o bloco condicionador de potência/inversor e o bloco de armazenamento (somente em caso onde o sistema tem armazenamento). O bloco gerador é responsável pela obtenção da radiação solar. Como visto anteriormente, a captação acontece por meio dos painéis fotovoltaicos, produzindo uma corrente elétrica gerada através da radiação solar (Besso, 2017). Em termos de constituintes, o bloco gerador possui a parte do cabeamento elétrico que têm como finalidade a interligação, os arranjos fotovoltaicos e a parte estrutural que serve de suporte para o sistema (Sobrinho, 2016).

O bloco condicionador ou de condicionamento de potência é composto por equipamentos que ajustam a tensão da corrente elétrica de acordo com o lugar, isto é, inversores, equipamentos de proteção e controle. O bloco de armazenamento é, basicamente, a parte do sistema que garante o armazenamento de energia para os dias que a irradiação solar seja inferior, sendo composto pelas baterias (Gonçalves, 2015).

2.2.3. Baterias

A bateria é um equipamento que tem como função acumular eletricidade para uso futuro, é um conjunto de células eletroquímicas armazenadora de energia. Em dias chuvosos ou nublados há um nível menor de radiação solar, desta forma há cenários onde existem instalações com bateria, isto é, ocorre o armazenamento de energia anteriormente para suprir as demandas nesses dias de pouca radiação (Besso, 2017). Esse tipo de armazenamento é o mais utilizado atualmente, contudo existem outras formas para armazenar, como por meio do campo magnético ou utilização do campo elétrico pelo supercapacitores (Benevenuto, 2016).

2.2.4. Inversores

No sistema fotovoltaico os inversores têm uma importância significativa, uma vez que são os responsáveis pela conversão da energia dentro do sistema. Os inversores transformam o sinal elétrico CC (Corrente Contínua) gerado pelos painéis fotovoltaicos em sinal elétrico CA (Corrente Alternada), viabilizando a utilização da energia elétrica gerada pela energia solar fotovoltaica (Rampinelli, 2010).

2.2.5. Tipos de Sistemas Fotovoltaicos

Os sistemas fotovoltaicos podem ser divididos em dois grupos mais comuns: isolados (*off grid*) e conectados à rede (*on grid*). No dimensionamento do sistema deverá ser selecionada qual opção se enquadra no cenário estudado, importante analisar em função das características disponíveis do local de estudo (Besso, 2017).

Para efeitos dessa dissertação e do dimensionamento do estudo de caso não será considerado o sistema fotovoltaico isolado *off grid*, somente o *on grid* com ou sem armazenamento. O sistema *off grid* será definido e caracterizado a seguir somente para efeitos de conhecimento ao leitor.

O sistema de energia fotovoltaica *off grid* é caracterizado pelo isolamento, isto é, tem como característica principal não estar conectado à rede elétrica, armazenando a energia solar excedente em baterias para ser usada quando não houver produção de energia, conforme está ilustrado na Figura 2-6 (Benevenuto, 2016).



Figura 2-6 Sistema *off grid*

O sistema *on grid* é caracterizado pela conexão com a rede elétrica, servindo em muitos casos para complementar ou substituir a energia disponível da rede elétrica do local (Rampinelli, 2010). Este sistema *on grid* é apresentado de duas formas:

(1) Conectado à rede (*on grid*) sem a utilização de baterias: isenta a necessidade da utilização de baterias, pois quando há uma insuficiência da energia oriunda do sistema fotovoltaico, recorre-se a energia da rede elétrica pública convencional (Benevenuto, 2016), conforme Figura 2-7.

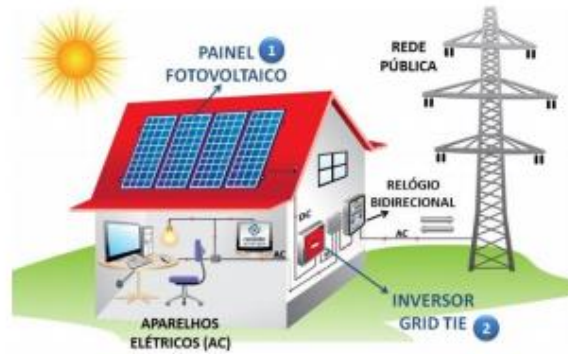


Figura 2-7 Sistema *on grid*

(2) Conectado à rede (*on grid*) com a utilização de baterias: não isenta o uso das baterias, apesar da conexão com a rede. Nos dias atuais existem tecnologias que permitem fazer o armazenamento de energia através de baterias de íons de lítio (Farias, 2018). Neste cenário, o dispositivo de armazenamento de energia (como a bateria) é usado para dois propósitos, primeiro no processo de carregamento quando há uma saída máxima de energia da geração solar fotovoltaica e no processo de descarga quando há uma menor saída de energia da geração solar fotovoltaica ou demanda de energia nas cargas, trabalhando em conjunto com a rede elétrica local (Upasani & Patil, 2018).

Apesar desses diferentes tipos no Brasil o sistema fotovoltaico ainda é muito recente, o primeiro registro do uso de energia fotovoltaica a nível comercial foi somente há uns 11 anos, em 2011, com a instalação da primeira usina fotovoltaica no nordeste do país (região do Ceará). Contudo, somente 3 anos mais tarde, em 2014, que foi possível a contratação e geração pública de energia elétrica a partir do sistema fotovoltaico. Esse desenvolvimento tardio do sistema fotovoltaico no Brasil reflete hoje na escassez de estudos de outros cenários dentro do tópico do sistema fotovoltaico e certas informações na literatura, sobretudo de lei e normas regulamentadoras (Beigelman, 2015). Desta forma, justifica-se mais uma vez a importância para a literatura essa nova abordagem trazida nessa dissertação sobre os sistemas renováveis (fotovoltaico e/ou eólico) voltados para empresas de pequena dimensão.

A seguir tem-se o segundo sistema considerado nessa dissertação, o eólico.

2.3. Sistema Eólico

A energia eólica pode ser definida como a energia gerada a partir da energia cinética dos ventos (massas de ar em movimento) que movimentam as pás, que por sua vez é convertida em energia elétrica pelas turbinas (os aerogeradores) (Tibola, 2009). Basicamente, quando massas de ar, sejam verticais ou horizontais, se movimentam e se encontram geram os chamados ventos, estes movimentos acontecem devido ao aumento, diminuição ou expansão dos fluídos que constituem o ar (Meirinhos, 2010). Os raios solares possuem grande influência neste processo, uma vez que aquecem os fluídos de forma desigual (auxiliando na diminuição ou expansão das moléculas) (Meirinhos, 2010), sendo o processo de geração realizado sobretudo devido a presença do rotor, transformando a energia cinética captada em energia mecânica, e seguidamente do gerador que transforma esta energia mecânica em elétrica (Conceição, 2021)

Tem-se a seguir os componentes que constituem uma turbina eólica.

2.3.1. Caracterização do Sistema Eólico

As turbinas eólicas são constituídas por diversos componentes as quais se descrevem de seguida (Tibola, 2009):

- Torre: a torre do aerogerador tem a função principal de ser o esqueleto do sistema eólico, isto é, é responsável pela parte estrutural, fazendo a conexão desde a cabeça do aerogerador até os pontos mais baixos e próximos a superfície;
- Rotor: o rotor é o equipamento que permite a captação da energia mecânica dos ventos e transmite ao eixo central. Esse equipamento é constituído pelas pás e pelo cubo, sendo o cubo o mecanismo que une as pás;
- Nacele/Cabine: é a cabeça do aerogerador, é a parte onde estão localizados a caixa de multiplicação, o transformador e o gerador. Dentro deste local é onde são realizadas as manutenções do aerogerador normalmente;
- Anemômetro: é um equipamento de medição meteorológica comumente localizada na parte mais superior e externo da nacele, com a finalidade de medir a velocidade do vento local;

- Caixa de transmissão ou multiplicação: basicamente, é a caixa de engrenagens, é aqui onde as rotações do sistema irão aumentar ou diminuir;
- Pás: são equipamentos aerodinâmicos feitos para auxiliar na produção de vento, sendo desenhadas para poder tirar o máximo da energia do vento;
- Gerador: o gerador tem como finalidade converter a energia mecânica em energia elétrica;
- Biruta: é um sensor de direção. Assim como o anemômetro, a biruta é o instrumento meteorológico, contudo tem como função informar a direção do vento.

A Figura 2-8 ilustra a representação visual das diferentes componentes de uma turbina eólica (Windbox, 2020)

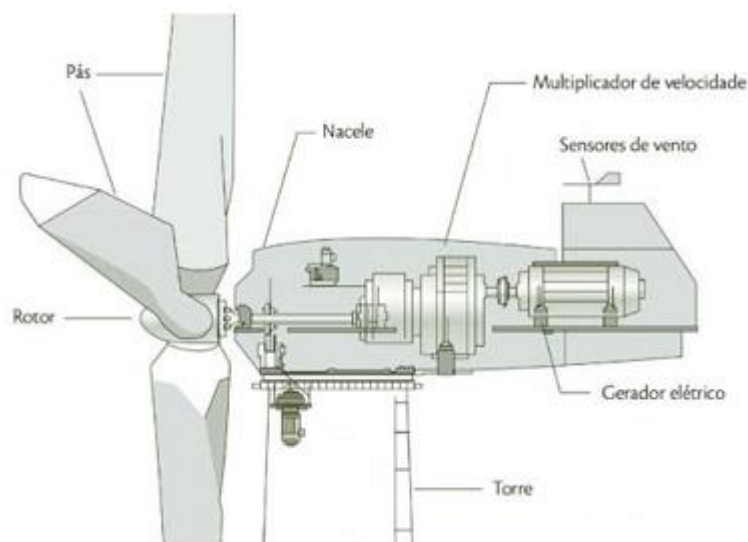


Figura 2-8 Turbina Eólica

O sistema eólico pode ainda ser utilizado em uma rede de diferentes formas: híbrido, isolado (*off grid*) ou interligado à rede (*on grid*) com e sem armazenamento (Beurskens & Brand, 2013).

Para efeitos dessa dissertação e do dimensionamento do estudo de caso também não será considerado o sistema eólico isolado *off grid*, somente o *on grid* com ou sem armazenamento ou o híbrido. O sistema *off grid* será definido a seguir somente para efeitos de conhecimento ao leitor.

- Híbrido: quando é possível gerar e produzir energia elétrica proveniente de mais de uma fonte primária. Por exemplo, quando há a combinação de painéis fotovoltaicos e turbinas eólicas, conforme Figura 2-9 (Rockenbach, Silva, & Mello, 2018);

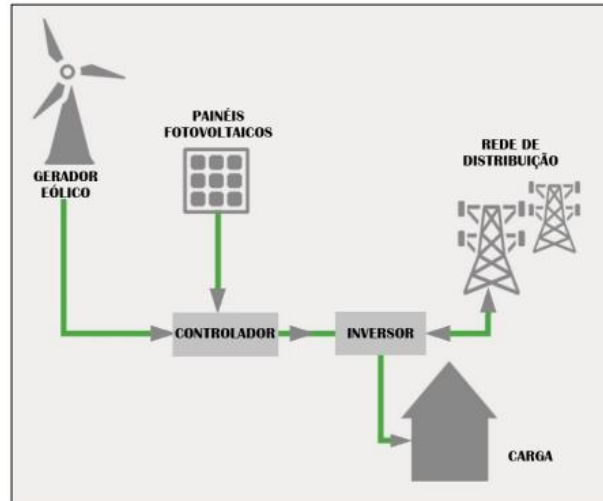


Figura 2-9 Componentes de um sistema híbrido conectado à rede.

- Isolado (*off grid*): é um sistema onde não há a interferência da energia elétrica da rede pública, geralmente usando baterias como forma de armazenamento, conforme Figura 2-10;

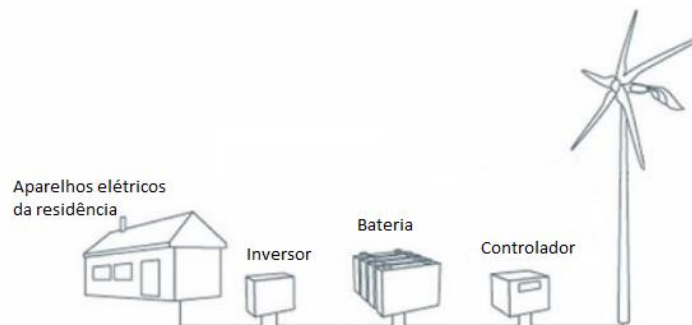


Figura 2-10 Sistema Eólico isolado (*off grid*)

- Interligado à rede (*on grid*) com ou sem bateria: basicamente, o sistema está conectado à rede pública e no cenário com bateria vai considerar o armazenamento quando for necessário, e no cenário sem bateria não considerará. (Rockenbach, Silva, & Mello, 2018).

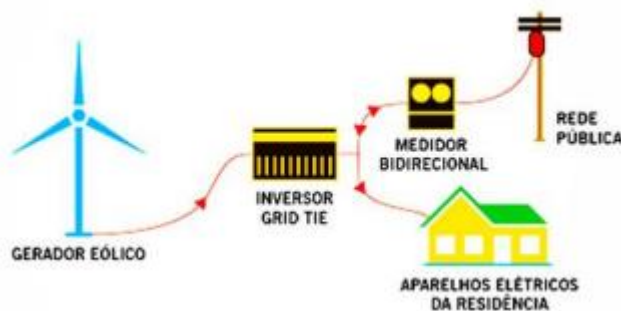


Figura 2-11 Sistema Eólico interligado à rede (*on grid*)

Oposto do que foi visto no subcapítulo anterior sobre o sistema Fotovoltaico no Brasil, o Sistema Eólico já está presente há alguns anos no mercado, há registros de atividades legais de energia elétrica oriunda de parques eólicos desde o início dos anos 2000, sobretudo em empresas grandes que investem em novas tecnologias (Junior & Rodrigues, 2015). Por outro lado, tem-se as empresas pequenas que quase não possuem instalações de sistemas renováveis e tampouco possuem muitas pesquisas voltadas para esse cenário e público na literatura (Junior & Rodrigues, 2015). Com este fato, justifica-se o desenvolvimento dessa pesquisa novamente, uma vez que o foco principal é dimensionar um sistema renovável para a geração de energia elétrica para uma empresa de pequena dimensão situada no Brasil.

Para tanto, é necessário entender, contextualizar e definir empresa de pequena dimensão, sobretudo para efeitos de validação da empresa pequena escolhida para o estudo de caso. Nesta pesquisa foi utilizado como ferramenta as definições propostas pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), essas que são vistas no capítulo a seguir (SEBRAE, 2020).

2.4. Empresa Pequena

As empresas podem ser fundadas por distintos fins e buscam a criação, venda ou aperfeiçoamento de algo para gerar rendimentos e desenvolvimento de uma região ou país. Em outras palavras, empresa é aquela que serve às necessidades de outras pessoas ou empresas com os bens ou serviços oferecidos e, conseqüentemente, geram lucros (Wirtschaftsportal, 2013).

Por outro lado, Oliveira e Bertucci (2003) afirmam que para uma empresa ser definida, precisa-se avaliar a quantidade de funcionários e fazer uma análise do faturamento.

Em uma empresa para se alcançar o lucro desejado, é necessário planejamento e investimentos. Sendo assim, em um mundo em constante mudança se torna cada vez mais comum observar empresas grandes aplicando capital para investir em tecnologias, regulamentações e políticas para a aplicação das energias renováveis nos seus processos e nas suas instalações internas e externas (Oliveira & Bertucci, 2003), o que não ocorre com a mesma frequência com empresa pequena. O investimento e a transformação geram lucros a curto ou longo prazo, quando aliado com as diretrizes nacionais e internacionais de desenvolvimento sustentável de energia ainda melhora a imagem da empresa perante a sociedade e colabora com a preservação do meio ambiente.

Muitas empresas grandes estão investindo milhões no processo da transição energética, como a GALP Energia S.A, que em 2018 investiu um capital de 16,4 milhões de EUR em energias renováveis e pretende investir um montante de 45,2 milhões de euros até 2022 (Galp, 2021). Outra empresa que tem investido é a Repsol, desde 2006 objetivando a diminuição das emissões dos GEE, ou seja, 18 anos depois já reduziu 4,5 milhões de toneladas/ano equivalentes de CO₂. Atualmente, a Repsol tem desenvolvido altas tecnologias para a descarbonização da produção através da captura e armazenamento do carbono e implementações do uso das energias renováveis na geração de energia elétrica nos setores internos e externos (Repsol, 2021).

Por outro lado, em relação as empresas pequenas, o desejo por empreender e ter o seu próprio negócio vem aumentando, pois o mundo é movido pela economia e as empresas pequenas são também parte deste sistema (SEBRAE, 2020). É comum encontrar e necessitar todos os dias de empresas pequenas como de consultoria, bares, cafés, mercadinhos, mercearias, restaurantes, talhos de bairro ou outras menores voltadas para outros ramos, por isso é importante incluir esse nicho de empresas na transição energética.

A nível de caracterização da empresa pequena do estudo de caso dessa dissertação, foi importante entender e adotar um método de classificar empresas, até para efeitos de validação da empresa pequena escolhida. A classificação adotada foi a do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), aqui as empresas são caracterizadas pelo capital bruto anual gerado (SEBRAE, 2020), assim tem-se:

Tabela 2-1 Classificação de empresa

Microempresa	Menor ou igual R\$ 360 mil/ano
Pequena Empresa	Maior que R\$ 360 mil e menor ou igual a R\$ 4,8 milhões/ano
Média Empresa	Maior que R\$ 4,8 milhões e menor ou igual a R\$ 300 milhões/ano
Grande Empresa	Maior que R\$ 300 milhões/ano

Por meio da Tabela 2-1 é possível entender que, segundo a classificação do SEBRAE, uma empresa é caracterizada como pequena se possuir o capital maior que R\$ 360 mil e menor ou igual a R\$ 4,8 milhões/ano, assim para o estudo de caso dessa pesquisa necessitou-se uma empresa com o capital no intervalo desse montante.

Além da caracterização e validação de empresa, é importante perceber sobre as questões legais que regem no Brasil em relação aos sistemas energéticos renováveis. Apesar da carência de detalhes nas informações nas leis, a seguir é mostrado o enquadramento legal no Brasil.

2.5. Enquadramento Legal

Como mencionado em capítulo anterior, o sistema fotovoltaico no Brasil ainda é recente, contudo o país vem criando e sancionando Leis e Planos Nacionais com o objetivo de atingir um equilíbrio energético, além de criar uma economia mais verde e competitiva com o mercado exterior. Dito isso, tem-se a seguir a Lei 13.914 de 2018 a nível regional, Bahia, local onde a empresa do estudo de caso dessa dissertação está localizada; a nível nacional tem-se a bem recente Lei 14.300 de 2022, além disso o Plano Nacional de Energia 2030.

2.5.1. Lei 13.914: a nível regional

No dia 29 de janeiro de 2018 foi sancionada pelo presidente da assembleia legislativa a lei N° 13.914 no Estado da Bahia-Brasil, local onde a empresa estudo de caso dessa pesquisa está localizada. A lei foi criada no contexto das políticas estaduais de incentivo à geração e aproveitamento da energia solar no Estado da Bahia e define o regime jurídico aplicável na produção de eletricidade a partir de fonte renovável. As Unidades de Produção (UP) são

conhecidas como os meios de produção de eletricidade e na seguinte lei foi permitido o seguinte:

- Unidades de Produção para Autoconsumo (UPAC).

Segundo a lei, nas unidades de produção a energia elétrica gerada tem como finalidade abastecer a instalação onde a própria UPAC está localizada, assim tem-se o termo “Autoconsumo”, estabelecendo um regime aplicado à produção de energia elétrica destinada ao autoconsumo na Instalação de Utilização (IU) associada à respectiva produtora, com ou sem ligação à rede pública de energia elétrica, a Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia (COELBA). Também ficou estabelecido que sempre que a quantidade de potência produzida for superior à necessitada pela instalação, essa pode ser transacionada/injetada na rede elétrica, contudo a lei carece de detalhes sobre sistemas de compensação ou créditos a serem fornecidos e dados aos consumidores, deixa muito subjetivo e a critério das partes contratantes e contratadas, por meio de contratos entre eles (Leis Estaduais, 2018).

2.5.2. Lei 14.300: a nível nacional

No dia 06 de janeiro de 2022 a Lei 14.300 foi decretada pelo Congresso Nacional e sancionada pelo Presidente da República. A lei estabelece o marco legal da geração de energia elétrica a partir de sistemas renováveis (UPAC's) para a pequena escala, e também simboliza o marco para o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE). A lei considera alguns diferentes cenários de consumo, as microgerações (até 75 kWh/dia) ou minigerções (até 3 MWh/dia). Neste sentido o consumidor final tem o direito de instalar a UPAC recorrendo a qualquer fonte de energia renovável, de consumir a energia gerada, de armazenar ou entregar a produção excedente a parceiros ou a própria rede pública elétrica. Na lei não é mencionado de forma direta, mas entende-se a obrigatoriedade de se dimensionar a UPAC de acordo com o consumo estimado da IU (Nacional, 2022).

2.5.3. Plano Nacional de Energia 2030

O Plano Nacional de Energia (PNE 2030) no Brasil é um projeto legalmente reconhecido desenvolvido pelo Ministério de Minas Energia (MME) e pela Empresa de Pesquisa Energética

(EPE), cuja finalidade é apoiar o setor energético no Brasil através de estratégias e políticas de desenvolvimento a longo prazo. O PNE está aliado a agenda dos 17 objetivos da Organização das Nações Unidas (ONU), uma vez que o objetivo 7 é a energia limpa e acessível a todos, além de trazer estudos que auxiliarão no relatório final do PNE agendado para 2050. A nível de enquadramento legal o Plano Nacional apresenta a eficiência energética por meio dos sistemas não renováveis e renováveis, porém define que os renováveis são os mais adequados para a manutenção e equilíbrio do futuro (Zimmermann, 2007).

Uma vez já abordado e discutido sobre os recursos renováveis, a definição de empresa e o enquadramento legal no Brasil sobre os sistemas renováveis, a seguir será iniciado o capítulo sobre a proposta de melhoria para a empresa pequena. Neste capítulo a empresa pequena do estudo de caso será caracterizada, em seguida metodologicamente será detalhado o dimensionamento no *software HomerPro*, onde o *software* fornecerá como resposta a “opção ótima”, isto é, o melhor cenário de sistema renovável para a empresa.

3. Empresa Estudo de Caso

Por meio da revisão de literatura foi realizado nos capítulos anteriores um levantamento e abordagem teórica, a seguir tem-se a caracterização da empresa pequena. Hoje, na empresa pequena do estudo de caso o sistema para obtenção de energia elétrica é o convencional, àquele oriundo da rede pública.

3.1. Caracterização da Empresa Pequena

A empresa do estudo de caso deste trabalho possui a atividade de venda de bebidas alcoólicas e não-alcoólicas, juntamente com uma mercearia que vende gêneros alimentícios, com cerca de 37 anos de existência no mercado. A empresa com o nome de Bar de Si apresenta as seguintes características:

- Número de trabalhadores: 6
- Capital anual bruto: 600.000,00 REAIS;
- Capital mensal bruto: 50.000,00 REAIS;
- Quantidade de pessoas que comporta nas suas instalações: 80 pessoas;
- CNPJ/ NIPC: 40.458.523/0001-09

Segundo as definições do SEBRAE e as características do capital acima mencionados, fica validado a seleção dessa empresa pequena. A empresa está localizada em Salvador, cidade do Estado na Bahia, no Brasil, na Praça 12 de dezembro, número 02, código postal 40430-530, no Caminho de Areia. A localização segundo o *Google Maps* é representada nas Figura 3-1, Figura 3-2, Figura 3-3:

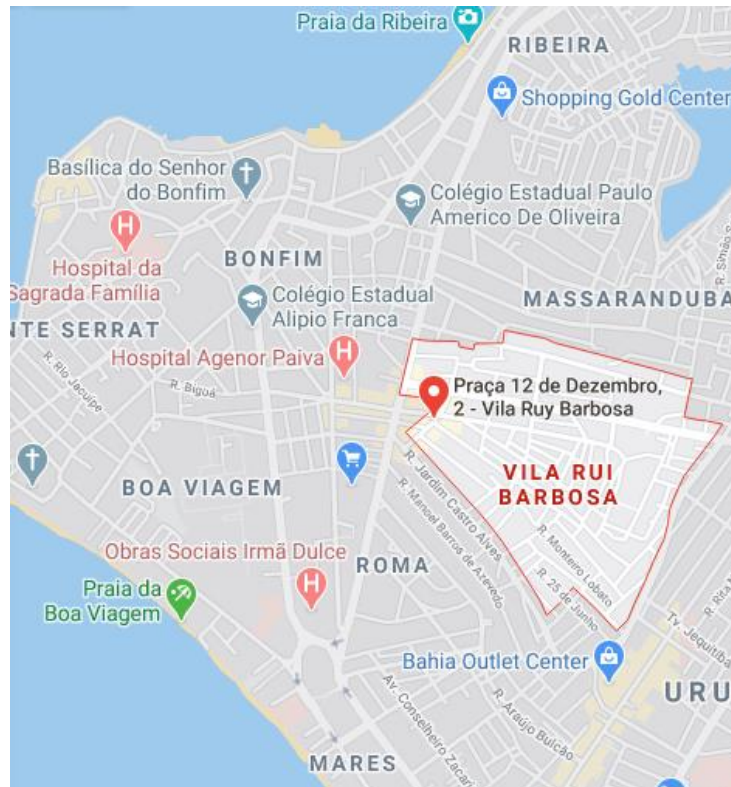


Figura 3-1 Localização da empresa segundo o Google Maps 2020



Figura 3-2 Foto frontal do estabelecimento

Para identificar o local onde os possíveis sistemas (fotovoltaico e/ou eólico) poderão ser instalados na empresa, tem-se a Figura 3-3 abaixo. Só depois do dimensionamento no *software HomerPro* que será possível afirmar qual sistema será implementado. É do conhecimento que o mencionado local possui um espaço disponível para a instalação de 160 m² (20x8).

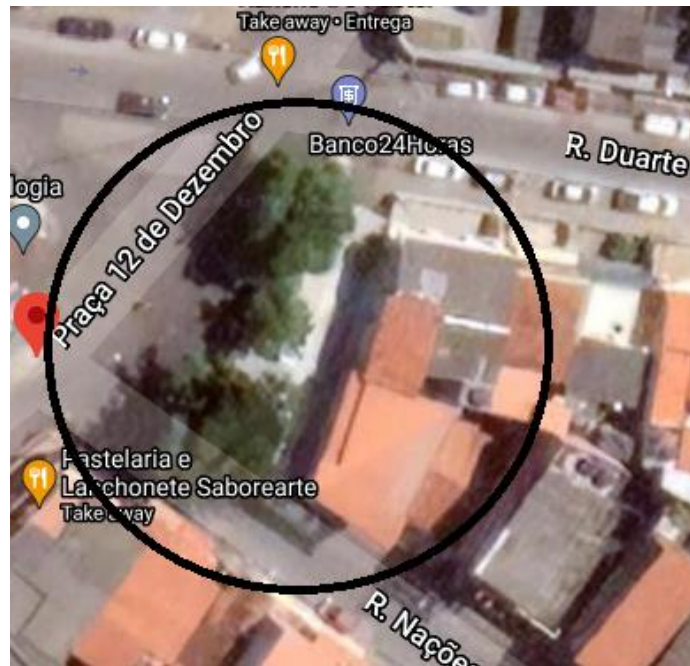


Figura 3-3 Foto de cima do estabelecimento

3.2. Consumo Mensal de Energia e o Perfil do Diagrama de Cargas Diárias

A instalação da empresa em causa está sujeita a uma alimentação pela rede com voltagem trifásica de 220 V e com uma média mensal do custo na fatura de 1.305,56 reais. De forma a ser possível analisar o consumo mensal de energia, foram fornecidos os dados relativos à potência ativa consumida pela mesma no período de 1 de dezembro de 2018 a 31 de novembro de 2019, com um intervalo de 60 minutos, os quais se encontram representados na Figura 3-4. As faturas estão disponíveis no Anexo III dessa pesquisa.

Na Figura 3-4 é observado que o consumo médio mensal da empresa no período de estudo é igual a 1.360 kWh. Além disso, nota-se que o máximo do consumo acontece em março com 1.600 kWh e o mínimo em agosto com 1.167 kWh, sendo possível justificar esses valores encontrados por razões climáticas, uma vez que março é verão no Brasil e por isso há um maior consumo de bebidas frias e, conseqüentemente, maior consumo de energia; e por outro lado, agosto apresenta o mês de inverno com temperaturas mais baixas, ou seja, um menor consumo de bebidas frias e menores gastos com eletricidade, uma vez que existirá um menor uso das freezer e frigoríficos.

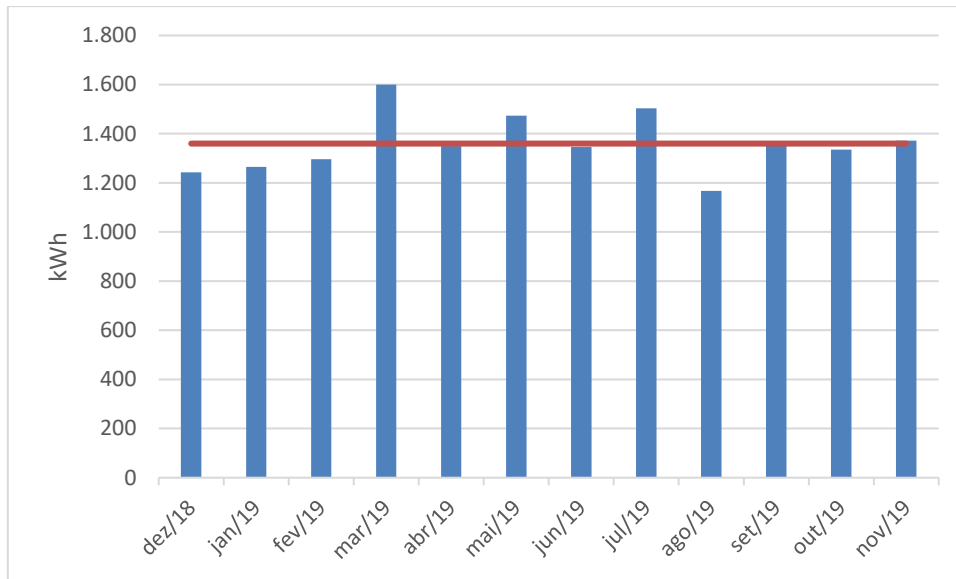


Figura 3-4 Consumo mensal de energia

É trazido na Figura 3-5 o perfil do diagrama de cargas diárias hora a hora, neste caso o perfil permite perceber que a empresa possui um consumo equilibrado durante o dia, tendo o seu pico aproximadamente às 11~12h da manhã com um consumo de 2,02 kW.

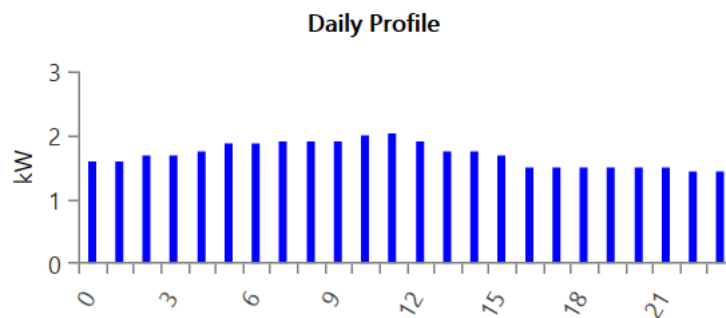


Figura 3-5 Perfil do Diagrama de cargas diário

Tendo caracterizado a empresa do estudo de caso e mostrado os seus gastos energéticos baseados nas faturas da eletricidade, será possível dimensionar e obter o sistema renovável mais indicado para esse cenário de acordo com o *software HomerPro*.

No capítulo a seguir será apresentado de forma metodológica a realização desse dimensionamento no *software HomerPro*, o que resultará numa solução ótima.

4. Proposta de Melhoria

Neste capítulo foi elaborado um dimensionamento para sistemas energéticos renováveis em autoconsumo aplicado a empresa pequena, isto é, com o auxílio do *software HomerPro* foi determinado um sistema renovável ótimo (solução ótima), com a finalidade de reduzir os gastos com eletricidade na fatura e tornar a empresa autossustentável. Como mencionado anteriormente, os sistemas renováveis considerados foram o fotovoltaico e o eólico.

Como referido, com o dimensionamento no *software HomerPro* é obtido a solução ótima, sendo essa definida como a melhor solução para ser implementada num cenário dado, e para a determinação da solução ótima o *software* usa a ferramenta NPC “*Net Present Cost*” (em tradução livre: “Custo atual líquido”). Para efeitos de entendimento, o NPC é um indicador de todo o custo do projeto (menos o lucro), isto é, é o valor corrigido dos equipamentos, da instalação e operação do sistema durante a vida do projeto menos o lucro gerado durante o projeto por esses componentes. Sendo que a opção que demonstrar o NPC mais baixo será a considerada pelo programa como a solução ótima.

Em seguida de forma metodológica tem-se o dimensionamento no *software HomerPro*.

4.1. Inserção das Cargas no *software HomerPro*

Inseriu-se as informações dos consumos energéticos da empresa no *software HomerPro*. Para tal, na página inicial do *HomerPro* clicou no ícone de “*Electric Load*”, Figura 4-1, e posteriormente escolheu-se o tipo da carga desejada (entre AC ou DC).

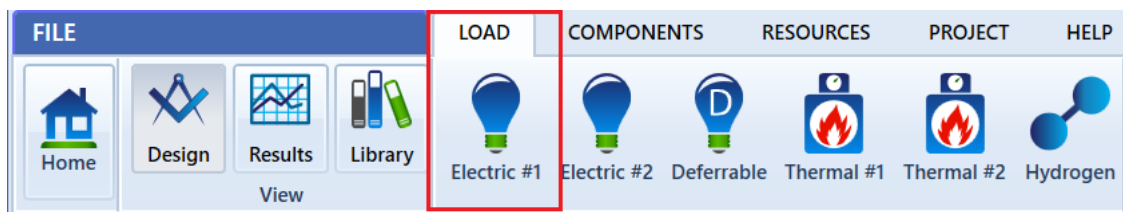


Figura 4-1 Ícone da *Electric Load*

Após a introdução dos dados obteve-se um conjunto de informação relevante em relação ao consumo da instalação que pode ser visto na Figura 4-2.

É possível observar pela figura abaixo que a empresa tem um consumo médio diário de 44,49 kWh/dia com uma potência média de 1,85 kW por hora e apresentando um fator de carga de 0,74 (74%). É de notar ainda que a carga usada foi do tipo AC (corrente alternada) uma vez que todas as cargas existentes na instalação são AC.

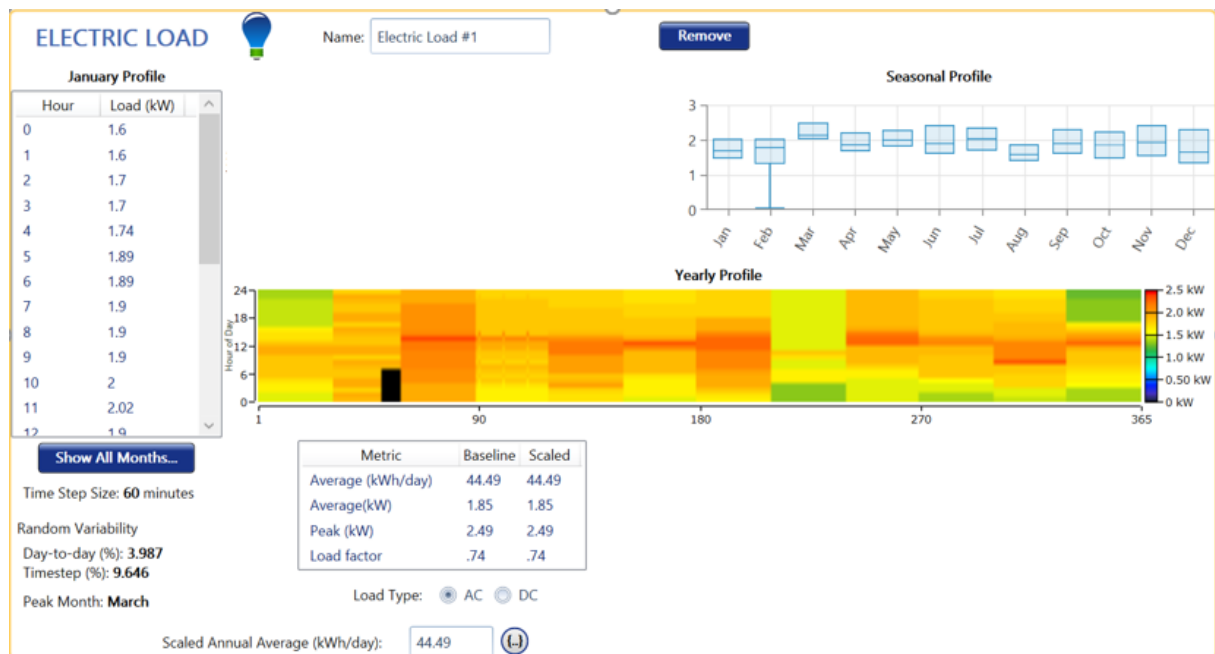


Figura 4-2 Janela de introdução de dados de consumo de cargas

Para a utilização mais eficiente do *software* foi necessário a introdução de dados meteorológicos do local onde a empresa está localizada, mais especificamente sobre o recurso solar, recurso eólico e temperatura do ambiente. A inserção dessas informações no *software HomerPro* podem ser vistas a seguir.

4.2. Caracterização do Recurso Solar

A janela vista na Figura 4-3 é encontrada na opção “resources” do *software HomerPro*, foi neste local onde os dados foram inseridos a nível do recurso solar, do recurso eólico e temperatura do ambiente.

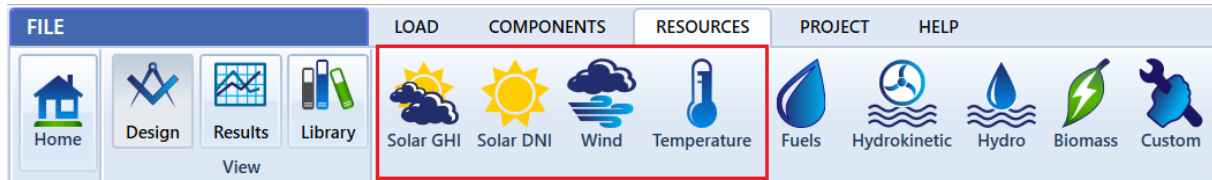


Figura 4-3 Ícones referentes aos recursos renováveis

Os dados relativos à caracterização dos recursos no local da instalação foram obtidos do portal da *NASA Prediction of Worldwide Energy Resource (Power) database* (NASA, 2021). Na Figura 4-4 estão apresentados os dados referentes ao recurso solar no *software HomerPro*.

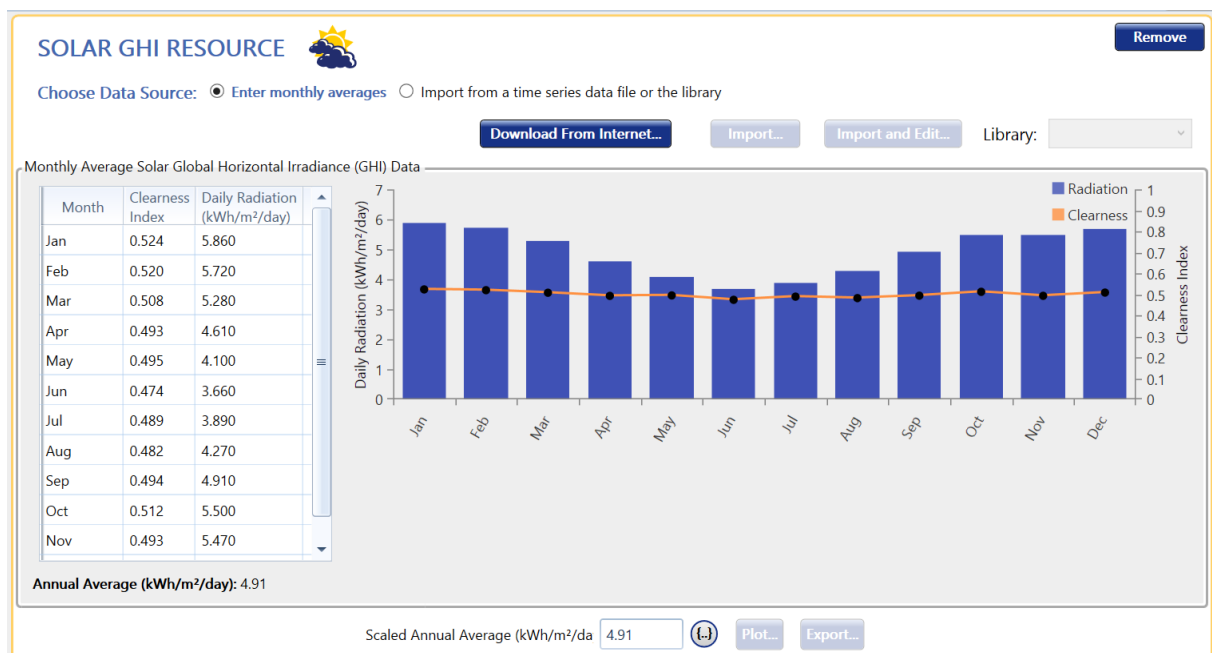


Figura 4-4 Janela de configuração do recurso solar

A partir da Figura 4-4 se pode verificar os valores da radiação solar em kWh/m²/dia. É observado que ao longo do ano os valores vão diminuindo, sendo os valores máximos

registrados nos meses de verão no Brasil, visto serem estes meses mais suscetíveis ao aumento de temperatura e, conseqüentemente, também a radiação solar por unidade de área. Dos meses de verão o que se registrou maior valor de radiação solar foi o mês de janeiro com 5,86 kWh/m²/dia e a menor foi o mês de junho com 3,66 kWh/m²/dia. Ao inserir os dados de radiação no *software* este determinou automaticamente a média anual, sendo está de 4.91 kWh/m²/dia.

4.3.Caracterização do Recurso Eólico

A Figura 4-5 apresenta a janela de inserção no *software* dos dados relativos às velocidades do vento. Como se pode observar os dados inseridos foram em m/s e que ao longo do ano o vento apresentou velocidades relativamente constantes não havendo grandes variações, dados oriundos do portal da *NASA Prediction of Worldwide Energy Resource (Power) database* (NASA, 2021).

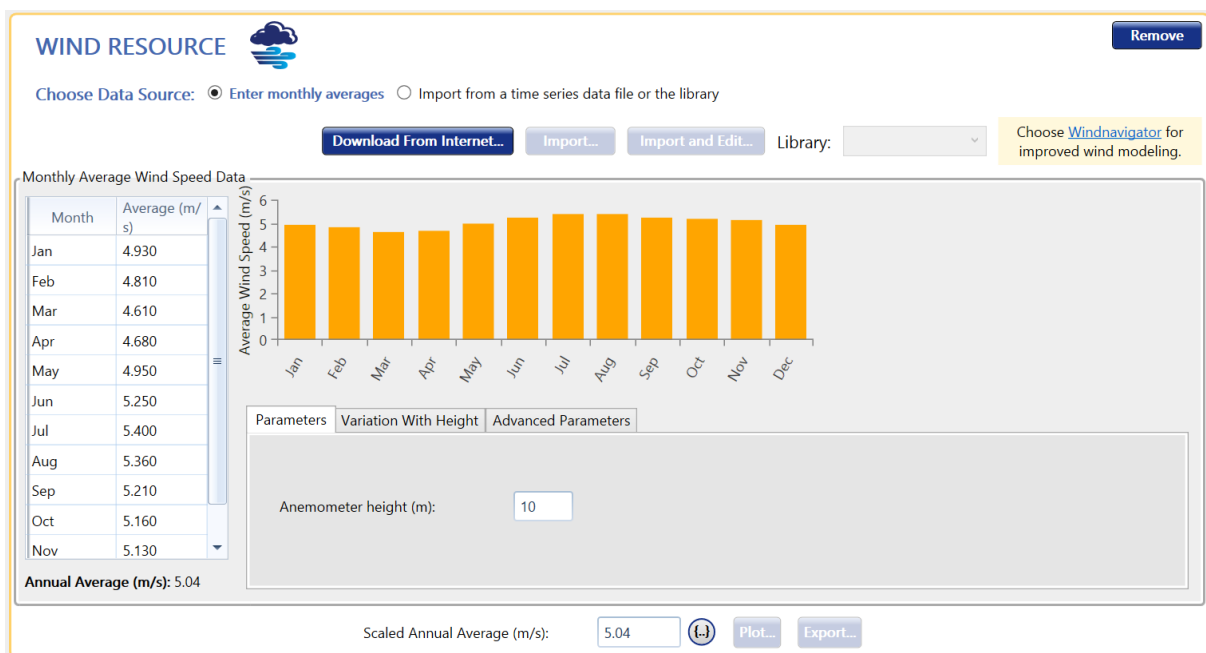


Figura 4-5 Janela de configuração do recurso eólico

Para este recurso o mês que apresentou maiores velocidades do vento foi o mês de julho com uma velocidade de 5,4 m/s, seguindo-se os meses de agosto e junho, com 5,36 m/s e 5,25 m/s

respectivamente. Os meses que apresentaram menores velocidades de vento foram os meses de março e abril com de 4,61 m/s e 4,68 m/s respetivamente. Com a inserção dos dados no *software* este determinou a velocidade média anual automaticamente, correspondendo a um valor de 5,04 m/s. É bem possível que o *HomerPro* não considere a utilização de um aerogerador porque, segundo a literatura, os aerogeradores trabalham de forma eficiente com velocidades mínimas a partir dos 6 m/s e a velocidade máxima registrada não sequer chegou neste valor (Ferreira & Castro, 2004). O *software HomerPro* será o meio de validação e por meio da solução ótima considerará ou não o sistema eólico (da Conceição, 2021).

4.4. Caracterização da Temperatura Ambiente

Uma vez que a temperatura é um dos fatores que mais condiciona o funcionamento dos painéis fotovoltaicos, foram introduzidos dados a cerca da temperatura ambiente do local da empresa no *software*. Dados obtidos do portal da *NASA Prediction of Worldwide Energy Resource (Power) database* (NASA, 2021), conforme Figura 4-6.



Figura 4-6 Janela de configuração da temperatura ambiente

Na Figura 4-6, está representado os dados sobre a temperatura ambiente do local definido. Como já referido, estes dados são necessários visto este projeto considerar a presença de um sistema fotovoltaico e estes trabalharem mais eficientemente num determinado intervalo de temperaturas. Conforme o previsto, as temperaturas aumentam à medida que se aproximam os meses de verão, atingindo-se uma temperatura média máxima de 27,18°C em março, e a mínima de 23,32°C no mês de agosto. Com a inserção dos dados no *software* este determinou a temperatura média anual correspondendo a um valor de 25,45°C.

4.5. Equipamentos a Considerar no Dimensionamento do Projeto

Uma vez que os dados relativos ao recurso solar, o recurso eólico e da temperatura foram inseridos no *software HomerPro*, passou-se então à inserção dos dados relativos à instalação dos painéis fotovoltaicos, ligação a rede, inversor, aerogerador e da bateria (quando aplicável). Neste estudo foram considerados dois cenários: no primeiro cenário não é considerada a inclusão de qualquer sistema de armazenamento de energia, enquanto que no segundo cenário se considera a inclusão de um sistema de armazenamento (uso de bateria).

4.5.1. Cenário Sem Armazenamento

Passou-se à seleção dos equipamentos a considerar no estudo, conforme ilustrado na Figura 4-7, onde é possível ver o local de seleção no *software HomerPro*.

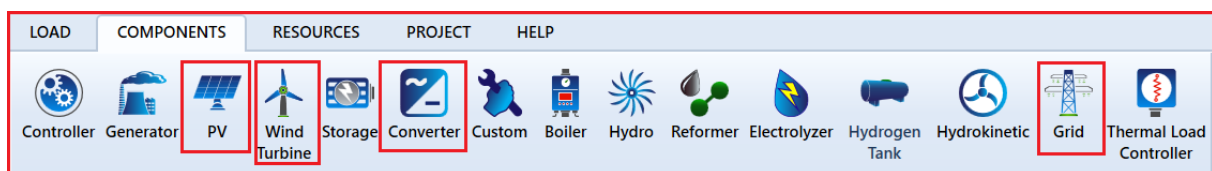


Figura 4-7 Ícones dos equipamentos

Após a seleção dos painéis fotovoltaicos, ligação a rede, inversor, aerogerador obteve-se o esquema apresentado na Figura 4-8.

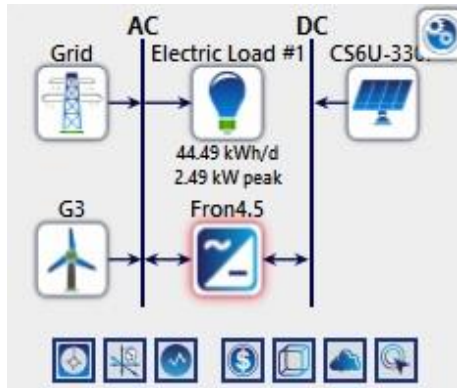


Figura 4-8 Sistemas a serem configurados

4.5.1.1 Dimensionamento dos Painéis Fotovoltaicos (PV)

O aproveitamento fotovoltaico apresentado para a presente empresa foi pensado no regime da UPAC e para este projeto foram selecionados de acordo com as características do sistema os módulos fotovoltaicos Canadian Solar Max Power CS6U-330P, com potência nominal máxima de 330W (sob condições padrões de irradiância de 1000 W/m², espectro AM 1,5 e temperatura de 25°C). As características técnicas estão apresentadas no documento em ANEXO I (Solaris, 2021).

Na Figura 4-9 é visto o painel já configurado e com seus valores inseridos.

Properties

Name: CanadianSolar MaxPower CS6U-330P
 Abbreviation: CS6U-3
 Panel Type: Flat plate
 Rated Capacity (kW): 0.330
 Temperature Coefficient: -0.41
 Operating Temperature (°C): 45.00
 Efficiency (%): 16.97
 Manufacturer: Canadian Solar
 Data Sheet for CS6U-330P
 Notes: 72 Poly-crystalline cells.

Capacity (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/year)
1	170.00	170.00	30.00

Lifetime time (years): 25.00

Site Specific Input: Derating Factor (%): 88.00

Electrical Bus: AC DC

Sizing: HOMER Optimizer™, Search Space, Advanced

Figura 4-9 Janela de configuração do painel fotovoltaico

Foi considerado um investimento de 170\$ (painel, mais custos associados: sistema de fixação, instalação e cablagem), um preço de substituição igual a 170\$ e despesas com operação e manutenção de 30\$/kW/ano. Está definido na figura acima a corrente contínua (DC) porque é a corrente que os painéis fotovoltaicos produzem a energia, por isso a necessidade da configuração do inversor nesse dimensionamento. O *derating factor* é igual a 88% e foi determinado pelo próprio *software*, sendo esse fator conhecido como o fator de operação de um dispositivo trabalhar abaixo da sua capacidade máxima nominal para prolongar sua vida útil. Definiu-se também um valor de 35° para a inclinação dos painéis fotovoltaicos (levando em consideração a localização da instalação) (European Commission's Science, 2021). Em termos de vida útil dos painéis tem-se 25 anos, e essa informação foi definida pelo próprio *software*.

4.5.1.2 Ligação à Rede

No sentido de definir a forma de como uma UPAC é ligada à rede é necessário tratar das informações relativas ao plano tarifário a que a instalação se encontra sujeita. Neste caso, é possível encontrar nas faturas de energia (Anexo III) que a tarifa correspondente é 0,83 reais, e o cliente opta pela tarifa única. Foi usado o sistema de conversão de 1\$ (dólar) = 5,50 reais (moeda brasileira), assim significa que a tarifa é igual a 0,1509\$ e o *Sellback* é igual a 0,05\$.

Os dados foram introduzidos no *software* como se pode verificar na Figura 4-10.

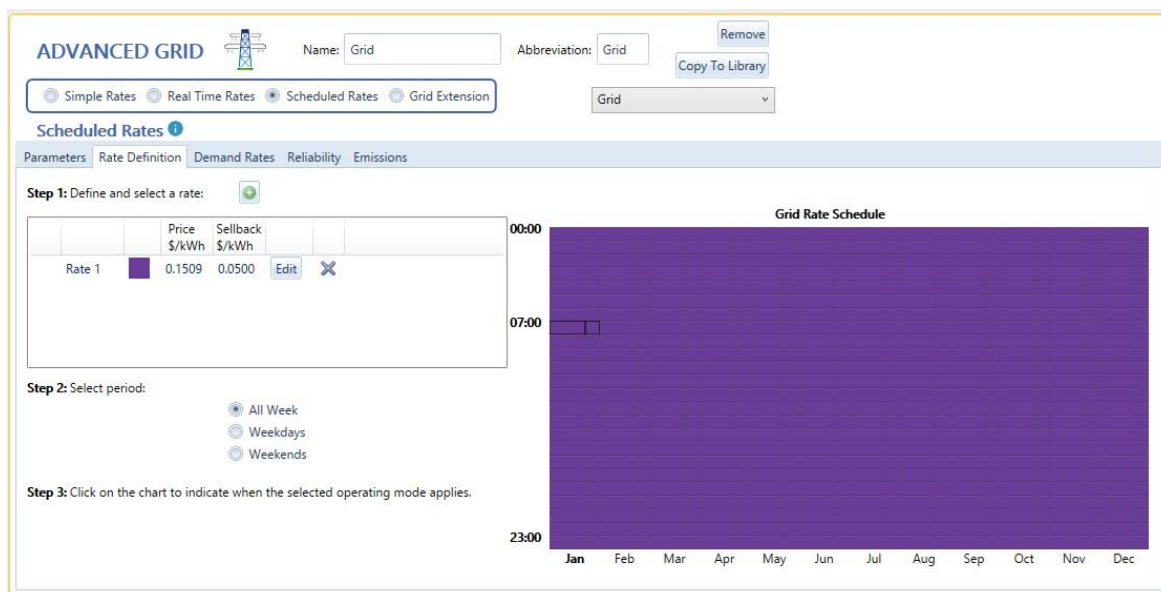


Figura 4-10 Janela de configuração das tarifas

4.5.1.3 Dimensionamento do Inversor

O painel fotovoltaico produz energia em corrente contínua pelo que foi necessária a instalação de um inversor para proceder à conversão da corrente contínua (DC) para corrente alternada (AC), de modo que o restante dos equipamentos e da rede trabalhem. Para este projeto foi selecionado o inversor Fronius Symo 4.5-3-S, com 4.5kW de potência por unidade, e a entrada de informações podem ser vistas na Figura 4-11.

The screenshot shows the 'CONVERTER' configuration window for a 'Fronius Symo 4.5-3-S'. The 'Properties' section on the left lists the name, abbreviation 'Fron4.5', and technical notes: 'Grid-following', 'PV-dedicated inverter: Three-phase inverter for any sized system.', and 'Interface to internet via WLAN or Ethernet'. The 'Costs' table is as follows:

Capacity (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/year)
1	\$1,200.00	\$1,200.00	\$30.00

Below the table, there are input fields for 'Inverter Input' (Lifetime: 10.00 years, Efficiency: 97.20%) and 'Rectifier Input' (Relative Capacity: 100.00%, Efficiency: 95.00%). A checkbox 'Parallel with AC generator?' is checked. The 'Capacity Optimization' section on the right shows 'HOMER Optimizer™' selected.

Figura 4-11 Janela de configuração do inversor

Houve um investimento de 1.200\$ (custo do preço do inversor por kW, mais custos associados: sistema de fixação, cablagem, etc), a substituição ficou determinada por 1.200\$. Determinou-se que as despesas de operação e manutenção representam 30\$/kW/ano. Tem-se também um tempo de vida de 10 anos e uma eficiência de 97,20%, sendo essas duas informações e as informações contidas no “*Rectifier inputs*” definidas pelo próprio *software*, então preservou-se esses valores pré-definidos.

4.5.1.4 Dimensionamento do Aerogerador

O *software HomerPro* tem também a funcionalidade de sugerir equipamentos do seu banco de informações de acordo com o cenário que está a ser aplicado. Desta forma, em termos do aerogerador foi considerado o genérico de 3 kW, com um inversor já acoplado ao sistema por isso estará ligado à rede. No custo foram considerados o investimento de 18 000\$ de capital, que inclui o valor do aerogerador, kit de cabos e um kit de torre, um valor de substituição de 18 000\$ e um custo de operação e manutenção de 180,00\$/ano. Na Figura 4-12 a seguir está apresentada a janela de configuração do aerogerador e os respectivos dados.

The screenshot shows the configuration window for a wind turbine in HOMER Pro. The window title is "Add/Remove Generic 3 kW". It features a "WIND TURBINE" icon and a "Name: Generic 3 kW" field. A "Costs" table is displayed with the following data:

Quantity	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/year)
1	\$18,000.00	\$18,000.00	\$180.00

Site Specific Input fields include "Lifetime (years): 20.00" and "Hub Height (m): 17.00". The "Quantity Optimization" section has radio buttons for "HOMER Optimizer™", "Search Space", and "Advanced". The "Electrical Bus" section has radio buttons for "AC" and "DC".

Figura 4-12 Janela de configuração do aerogerador

O tempo de vida útil do aerogerador é de 20 anos e o campo do “*Hub height*” (altura do centro do rotor ao chão) é igual a 17 m, ambas informações são definidas automaticamente pelo próprio *software* por meio do seu banco de informações.

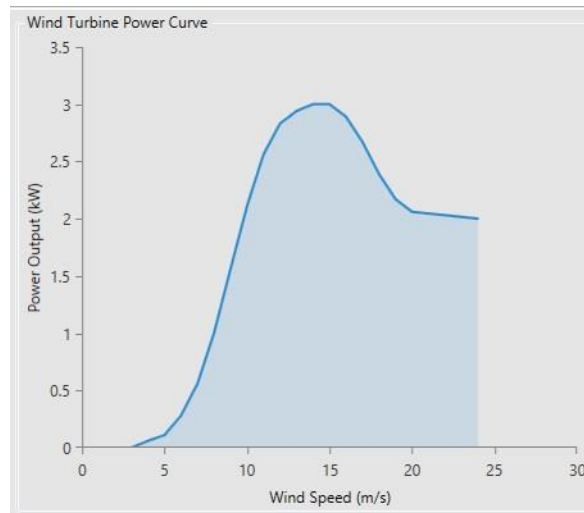


Figura 4-13 Potência do gerador para a velocidade do vento

Na Figura 4-13 é apresentada a curva de potência do aerogerador, verificando-se que começa a trabalhar com velocidades de aproximadamente 4 m/s. Uma vez que a velocidade média do vento da zona é de 5 m/s, a potência produzida pelo aerogerador seria mínima, na ordem menor que 0,11 kW, como mostra a Tabela 4-1. Tabela 4-2 verifica-se que o pico de potência é 3,0 kW com ventos de 14 e 15 m/s. Pela análise vista é previsto e provável que o *software HomerPro* não indique o sistema eólico como uma solução ótima.

Tabela 4-1 Início da Produção em relação à velocidade do vento

Wind Speed (m/s)	Power Output (kW)
0	0
3	0
4	0.06
5	0.11
6	0.28
7	0.56
8	1
9	1.56
10	2.11

Tabela 4-2 Pico da Produção da turbina

Wind Speed (m/s)	Power Output (kW)
9	1.56
10	2.11
11	2.56
12	2.83
13	2.94
14	3
15	3
16	2.89
17	2.67
18	2.39
19	2.17

4.5.2. Cenário Com Armazenamento

O cenário a seguir diz a respeito ao dimensionamento considerando o armazenamento (uso de bateria). Portanto foi acrescentado na janela de configuração dos sistemas no *software HomerPro* a presença de baterias ao cenário 1 (recém descrito no capítulo 4.5.1), conforme Figura 4-14.

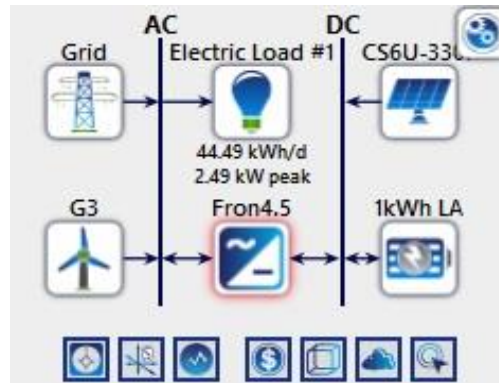


Figura 4-14 Sistemas a serem configurados considerando baterias

Como mencionado anteriormente, o *software HomerPro* sugere equipamentos em alguns cenários baseando-se no cenário que está a ser dimensionado e no seu próprio banco de informações. Desta forma, considerou-se a bateria sugerida pelo *software*, uma bateria de chumbo-ácido genérica de 12 volts com 1 kWh de armazenamento de energia. Conforme a Figura 4-15, no custo foram considerados o investimento de 300\$, um valor de substituição de 300\$ e um custo de operação e manutenção de 10,00\$/ano e o tempo de vida útil definido pelo *software* foi de 10 anos. Além disso, ficou definido pelo *software* o *Initial State of Charge* (%) e o *Minimum State of Charge* (%), 100 e 40 respectivamente, sendo essas informações referentes ao nível de carga de uma bateria elétrica em relação à sua capacidade.

STORAGE Name: Generic 1kWh Lead Acid Abbreviation: 1kWh L

Properties
Kinetic Battery Model
 Nominal Voltage (V): 12
 Nominal Capacity (kWh): 1
 Maximum Capacity (Ah): 83.4
 Capacity Ratio: 0.403
 Rate Constant (1/hr): 0.827
 Roundtrip efficiency (%): 80
 Maximum Charge Current (A): 16.7
 Maximum Discharge Current (A): 24.3
 Maximum Charge Rate (A/Ah): 1

Cost

Quantity	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/year)
1	300.00	300.00	10.00

Lifetime
 time (years): 10.00
 throughput (kWh): 800.00

Sizing
 HOMER Optimizer™
 Search Space
 Advanced

Site Specific Input
 String Size: 1 Voltage: 12 V
 Initial State of Charge (%): 100.00
 Minimum State of Charge (%): 40.00
 Minimum storage life (yrs): 5.00

www.homerenergy.com
 This is a generic 12 volt lead acid battery with 1 kWh of energy storage.

Generic homerenergy.com HOMER Energy

Figura 4-15 Janela de configuração das baterias

Após a inserção de todas as informações referentes ao dimensionamento a nível do recurso solar, recurso eólico, temperatura ambiente, painéis fotovoltaicos, ligação a rede, inversor, aerogerador e da bateria (no cenário com armazenamento), foram geradas as soluções. Foi gerada a solução ótima para o cenário sem armazenamento e essas estão descritas e discutidas no capítulo a seguir. Para o cenário com armazenamento foi também gerada a solução ótima para identificar e validar a necessidade ou não de um sistema com o uso de baterias.

4.6. Conclusões Obtidas a partir do *Software Homer*

Após a inserção de todos os dados descritos acima, o *software HomerPro* simulou todas opções possíveis do sistema, apresentando 700 possibilidades conforme na Figura 4-16.

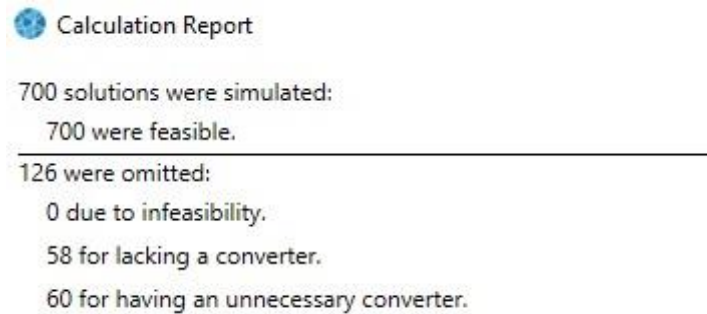


Figura 4-16 Relatório de Simulação

A seguir tem-se a solução ótima para o cenário sem armazenamento e o cenário com armazenamento determinadas pelo *software HomerPro*.

4.6.1. Solução Ótima: Sem Armazenamento

Como mencionado no subcapítulo anterior, foram simuladas pelo *software* 700 possibilidades de sistema renovável e a Figura 4-17 apresenta algumas dessas respostas obtidas. Para efeitos de compreensão, entende-se como opções sugeridas pelo *software* cada linha da figura abaixo, sendo a primeira linha, a primeira opção, definida como a solução ótima, isto é, a opção que o *software* definiu como a mais indicada de acordo com o cenário dimensionado.

Architecture							Cost			
			CS6U-330P (kW)	G3	Fron4.5 (kW)	Dispatch	NPC (\$)	COE (\$)	Operating cost (\$/yr)	Initial capital (\$)
			6.86		2.03	CC	\$31,525	\$0.148	\$2,160	\$3,599
						CC	\$35,120	\$0.167	\$2,717	\$0.00
			5.79	1	1.91	CC	\$48,270	\$0.205	\$2,088	\$21,282
				1		CC	\$49,968	\$0.231	\$2,473	\$18,000

Figura 4-17 Simulações do software Homer: sem armazenamento

Para se obter a solução ótima da Figura 4-18, foi retirada somente a primeira opção dentre as 700 simulações realizadas pelo *software HomerPro*. Na segunda coluna das figuras tem a opção do sistema eólico representado pelo ícone de um aerogerador, uma vez que esse espaço está em branco sem o ícone, concluí-se que o *software* não considerou o sistema eólico através do aerogerador na solução ótima.

Como solução ótima foi obtida a implementação de um sistema de energia solar (representado pelo ícone do painel solar na primeira coluna) com a instalação de painéis fotovoltaicos ligado à rede *on grid* (representado pelo ícone da torre de energia elétrica na terceira coluna) e o uso do inversor (representado pelo ícone da quarta coluna).

Architecture				Cost				System	CS6U-330P		Grid	
CS6U-330P (kW)	G3	Fron4.5 (kW)	NPC (\$)	COE (\$)	Operating cost (\$/yr)	Initial capital (\$)	Ren Frac (%)	Capital Cost (\$)	Production (kWh/yr)	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)	
6.86		2.03	\$31,525	\$0.148	\$2,160	\$3,599	38.7	1,166	10,114	10,081	207	

Figura 4-18 Solução ótima software Homer: sem armazenamento

Para uma melhor compreensão e interpretação da solução ótima apresentada na Figura 4-18, é apresentado a seguir as informações e definições sobre cada coluna acima.

- CS6U-330P: com produção de 6,86 kW por meio de painéis fotovoltaicos;
- G3: representa a quantidade de aerogeradores, caso a simulação considere o sistema eólico;
- Fron4.5: um inversor com potência de 2,03 kW;

Para analisar os valores encontrados para os painéis e para os inversores, é importante compreender o coeficiente de dimensionamento, este representado pela seguinte fórmula (Edge, 2019):

$$\text{Dimensionamento } \frac{CC}{CA} (\%) = \frac{\text{Potência dos módulos (STC)}}{\text{Potência máxima inversor CA}} \times 100$$

Desta forma, o *software HomerPro* considera o sobredimensionamento (dimensionamento $CC/CA > 100\%$) para utilizar todo o potencial de seu inversor. Isso acontece porque o sobredimensionamento é fundamental para maximizar a energia gerada pelo sistema, uma vez que os módulos fotovoltaicos são impactados por

diferentes fatores, como por exemplo da instalação, da temperatura e da irradiância do local.

- NPC: o valor presente de todos os custos que o sistema executa ao longo de sua vida, menos o valor presente de toda a receita que ele ganha ao longo de seu tempo de vida (definido igual a 31.525\$)
- COE: o custo médio por kWh de energia elétrica útil produzida pelo sistema;
- *Operating cost*: o valor anualizado de todos os custos e receitas que não sejam os custos iniciais de capital;
- *Initial capital*: o custo total de instalação dos componentes no início do projeto;
- Ren Frac: a fração da energia entregue à carga que se originou de recursos renováveis;
- *Capital cost*: o custo capital relacionado aos painéis fotovoltaicos;
- *Production*: produção em kWh/ano relativamente aos painéis fotovoltaicos;
- *Energy purchased*: a compra de energia relacionada a rede.

É importante mencionar que o próprio manual do *software HomerPro* fornece as informações e definições de cada coluna (Software Homer, 2021).

4.6.1.1 Produção e Consumo de Energia Elétrica Proposta

O *software HomerPro* forneceu as percentagens relacionadas com a energia elétrica utilizada através do consumo e produção anual, sendo essas:

- Sistema fotovoltaico (10.114 kWh/ano): 50,1%

- Rede Pública (10.081 kWh/ano): 49,9%

Segundo a solução ótima proposta pelo *software*, é previsto que 50,1% da energia elétrica consumida anualmente seja produzida pelo sistema fotovoltaico, adquirindo da Rede Elétrica a restante percentagem, obtendo um total de energia consumida anualmente de 20.195 kWh/ano de energia elétrica, conforme Tabela 4-3.

Tabela 4-3 Produção de energia elétrica por parte do sistema fotovoltaico e rede elétrica.

Production	kWh/yr	%
CanadianSolar MaxPower CS6U-330P	10,114	50.1
Grid Purchases	10,081	49.9
Total	20,195	100

A carga primária (AC) consumida, segundo a solução ótima, seria de 16.239 kWh/ano e vendida à rede de 207 kWh/Ano, conforme Tabela 4-4.

Tabela 4-4 o consumo de carga primária anual

Consumption	kWh/yr	%
AC Primary Load	16,239	98.7
Grid Sales	207	1.26
Total	16,446	100

Fazendo a análise da Figura 4-19 obtida pelo *software HomerPro*, entre os meses de verão a produção de energia elétrica oriunda dos painéis fotovoltaicos seria maior que a energia adquirida pela Rede Pública, enquanto nos meses de inverno existe um equilíbrio e sincronismo entre elas. Isso valida o esperado na literatura, uma vez que os meses de verão possuem valores de temperatura e radiação solar maiores.

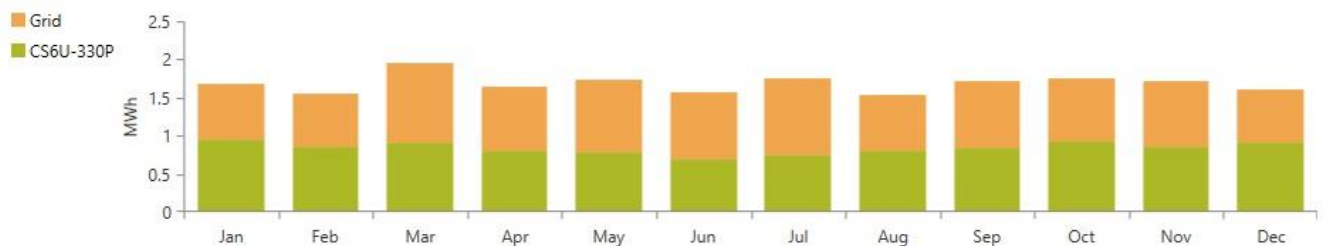


Figura 4-19 Produção e Consumo elétrico médio mensal: rede pública x painel fotovoltaico

4.6.1.2 Parte Econômica-Financeira do Projeto

O *software HomerPro* possui a vantagem de fornecer informações financeiras do projeto da UPAC, essa é compreendida como mostra na Figura 4-20.

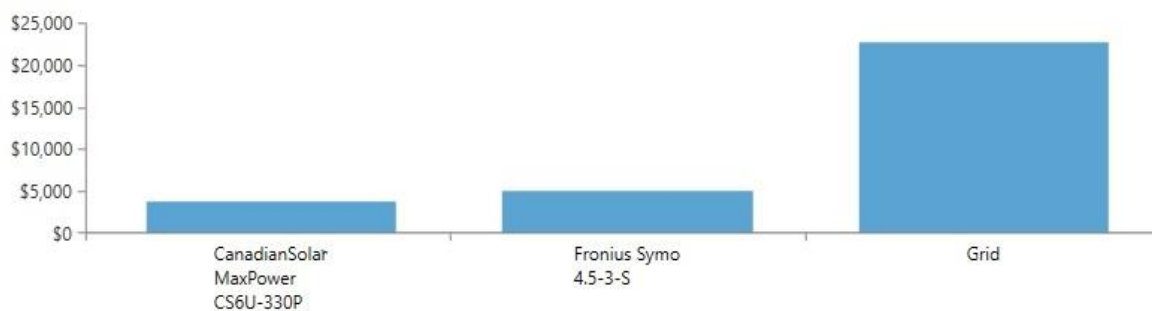


Figura 4-20 Resumo dos custos do projeto

A partir da Figura 4-20 acima apresentada, foi realizada a análise conforme mostra Tabela 4-5:

Tabela 4-5 Resumo de custo

Componentes	Capital (\$)	Substituição (\$)	Operação e Manutenção (\$)	Salvage (\$)	Total (\$)
Canadian Solar MaxPower CS6U-330P	1.165,58	0	2.659,07	0	3.824,66
Fronius Symo 4.5-3-S	2.433,27	2.149,65	786,4	291,55	5.077,87
Grid	0	0	22.622,09	0	22.622,09
System	3.598,86	2.149,65	26.067,57	291,45	31.524,62

A nível dos componentes do sistema tem os painéis fotovoltaicos com um gasto equivalente a 3.824,66\$, tem também o inversor Fronius Symo 4.5-3-S com um gasto de 5.077,87\$ e com a Rede Pública de 22.622,09\$, obtendo-se 8.902,53\$ (somatório dos dois primeiros da tabela) de gasto referente aos componentes do autoconsumo do sistema fotovoltaico e NPC igual a 31.524,62\$ (aproximado na solução ótima a 31.525\$).

Também estabeleceu-se o *Payback* de 9 anos. Entende-se como *Payback* como a indicação de quanto tempo levaria para recuperar a diferença nos custos de investimentos entre o sistema atual e o sistema de caso base (Software Homer, 2021).

Além do *Payback*, obteve-se os seguintes indicadores:

- Retorno do Investimento (ROI) é de 11,0%;
- Taxa Interna de Rentabilidade (TIR) é de 16%.

A partir dos dados obtidos, foi possível realizar a análise de retorno em anos do sistema proposto, conforme Tabela 4-6.

Tabela 4-6 Análise de retorno em anos

ANO	Custo com Energia Concessionária (\$)	Custo Energia Solar (\$)	Economia Anual (\$)	Economia Acumulada Anual (\$)
0		31.524,62	31.524,62	31.524,62
1	2.582,24	180,83	2.401,41	29.123,21
2	2.840,46	199,08	2.641,39	26.481,82
3	3.124,51	218,80	2.905,71	23.576,12
4	3.436,96	240,68	3.196,28	20.379,84
5	3.780,66	264,75	3.515,90	16.863,94
6	4.158,72	291,23	3.867,49	12.996,44
7	4.574,59	320,35	4.254,25	8.742,20
8	5.032,05	352,39	4.679,67	4.062,53
9	5.535,26	387,62	5.147,64	1.085,11
10	6.088,79	426,39	5.662,40	6.747,51

A partir da análise de gasto anual da Tabela 4-6 é possível observar que partir do 9º ano o investimento com a aplicação do sistema fotovoltaico já vai ter sido pago. É perceptível também através da tabela acima que em 10 anos o pequeno empresário terá economizado 6.746,51\$, usando a mesma cotação já mencionada nessa pesquisa, 1 dólar = 5,50 reais, tem-se então uma economia de 37.105,81 reais, o que é um valor significativo para uma empresa de pequena dimensão. É comprovado e validado acima as inúmeras vantagens e pontos positivos para o pequeno empresário na implementação do sistema proposto.

No subcapítulo a seguir foi gerada e analisada a solução ótima para o cenário com armazenamento.

4.6.1.1 Solução Ótima: Com Armazenamento

Apesar da bateria ter sido incluída no segundo dimensionamento para efeitos comprobatórios, o próprio *Software Homer* não a considerou como parte da solução ótima, conforme Figura 4-21. Se o *software* tivesse considerado essa opção, na terceira coluna deveria ter a representação do ícone da bateria.








				CS6U-330P (kW)	G3	1kWh LA	Fron4.5 (kW)	Dispatch	NPC (\$)
				6.81			2.03	CC	\$31,5

Figura 4-21 Solução ótima software Homer: com armazenamento

Esse fato pode ser justificado pela característica do recurso solar (capítulo 4.2) e das temperaturas do ambiente (capítulo 4.4) de onde a empresa está localizada em Salvador da Bahia, tornando o armazenamento por meio da bateria dispensável para o bom desempenho do sistema. Desta forma, não serão feitas as análises posteriores e fica considerada como solução ótima final para esse projeto o sem armazenamento, já descrito nos capítulos anteriores.

5. Sunny Web Design

O *Sunny Web Design* é uma plataforma que se parece com o *software HomerPro*, uma vez que possibilita também o dimensionamento de uma instalação de sistema de energia elétrica renovável, porém permite efetuar a escolha dos diferentes componentes da instalação de autoconsumo de modo a poder ser implementada a solução obtida, nomeadamente, a quantidade dos inversores, painéis fotovoltaicos e também informações da cablagem. Em modo geral, a utilização do *software HomerPro* teve como base a otimização, já o *Sunny Web Design* teve como objetivo o dimensionamento técnico do sistema, apesar de somente permitir equipamentos (inversores) da marca SMA.

5.1. Dados a abastecer

Ao entrar na ferramenta do *Sunny Web Design* é preciso escolher qual o sistema que deseja para o dimensionamento, neste caso para manter a coerência do projeto, foi selecionado o Sistema fotovoltaico com autoconsumo, conforme Figura 5-1.



Figura 5-1 Introdução do *Sunny Design Web*

A seção seguinte é sobre os dados do projeto, nesta parte selecionou-se o nome do projeto, o nome da empresa do caso de estudo, a localização da empresa e a ligação dos inversores à rede sendo 220V (220V/380V), conforme Figura 5-2.

Dados do projecto

Nome do projecto *
 Instituto Politécnico de Leiria - Projeto Master

Imagens
 Carregar imagens

Estado do projecto
 NOVO

Cliente
 Mercadoria e Bar Taise LTDA

Localização do edifício

Pesquisa por endereço ou coordenadas (longitude, latitude) *
 Praça 12 de Dezembro, nº 2 - Caminho da Areia, Salvador - BA, 40430-530, Brasil

Localização para dados meteorológicos *
 Salvador, Brasil (10 km)

Nota: o endereço pode ser alterado deslocando a marcação ou clicando sobre o mapa com o botão direito do rato.

Mapa Satélite

Nível de tensão *
 Baixa tensão Média tensão

Ligação dos inversores à rede *
 220V (220V / 380V)

Figura 5-2 Informações do Projeto

5.2. Perfil de Carga no Sunny Web Design

Assim como para o diagrama de cargas no *software Homer*, foi feito o upload de todas as potências hora a hora pelo período de 1 ano. Para tanto, foi utilizado o ficheiro *Excel®* em formato *.csv*, conforme Figura 5-3.

Dados relativos ao perfil de carga ^

Tipo de perfil de carga ^{**}

+ Novo perfil de carga

Perfil de carga

Consumo anual de energia

kWh

Figura 5-3 Perfil de Carga

É observado que tanto o *software HomerPro* quanto a plataforma *Sunny Design Web* determinaram o consumo anual de energia em kWh, no *software HomerPro* ficou determinado 16.283,34 kWh, e aqui no *Sunny Web Design* foi 16.364 kWh. Essa diferença pode ser explicada por razões de aproximação do *software* e da plataforma.

5.3. Área Disponível para a Instalação dos Painéis Fotovoltaicos

O local possui uma área disponível de 160 m² (20 m x 8 m), a altura sendo definida por 7 m e a inclinação por 35° (European Commission's Science, 2021), Figura 5-4.



Figura 5-4 Área disponível do bar

5.4. Painéis Fotovoltaicos

Como visto durante o dimensionamento no *software HomerPro*, o painel fotovoltaico escolhido foi o Canadian Solar Max Power CS6U-330P, por uma questão de simplicidade foi utilizado no *Sunny Web Design* o painel fotovoltaico sugerido por defeito, o SMA Demo Poly 300W. Embora o *software HomerPro* tenha indicado 6 kWp, neste dimensionamento optou-se por adequar a potência dos painéis à potência do inversor selecionado, uma vez que o *Sunny Web Design* só tem inversores da SMA foi selecionado um inversor com características idênticas ao Fronius Symo 4.5-3-S do *HomerPro*. Além disso, existe uma relação direta entre a quantidade de painéis a instalar e a área disponível na empresa do estudo de caso, neste caso foram dimensionados 10 painéis, conforme Figura 5-5.



Figura 5-5 Seleção dos painéis fotovoltaicos

5.5. Inversores

O modelo do inversor selecionado para a instalação foi o SB 2.5-1VL-40 e o Sunny Web Design determinou somente uma unidade que possui 3,00 kWp e com limite de potência ativa de 2,50kW. Além disso, possui uma razão de potência nominal de 88% e um fator de utilização da energia igual a 99,4%, Figura 5-6.

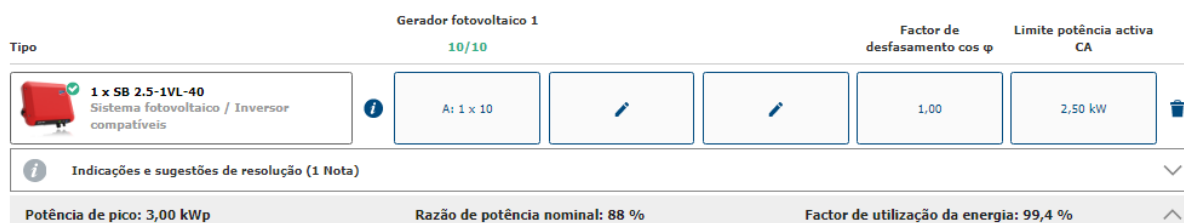


Figura 5-6 Informação do inversor

Ainda nessa secção dos inversores tem-se a validação que o sistema fotovoltaico é compatível com o inversor dimensionado, uma vez que a plataforma *Sunny Web Design* mostrou o selo de compatibilidade entre os componentes, conforme visto na Figura 5-7.

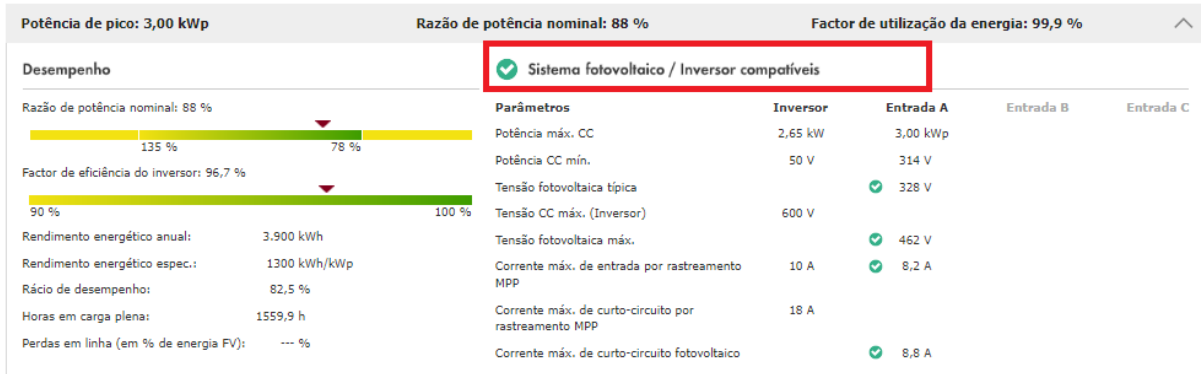


Figura 5-7 Compatibilidade: sistema fotovoltaico x inversor

5.6. Cablagem

Todos os cabos precisam ser corretamente dimensionados, na Figura 5-8 mostra o esquema de as perdas de potência associadas ao longo da instalação. Relativamente aos cabos de CC há uma potência dissipada relativa no modo nominal igual 0,33 % e a nível dos cabos LV (lado AC) uma potência dissipada relativa no modo nominal de 0,44%.

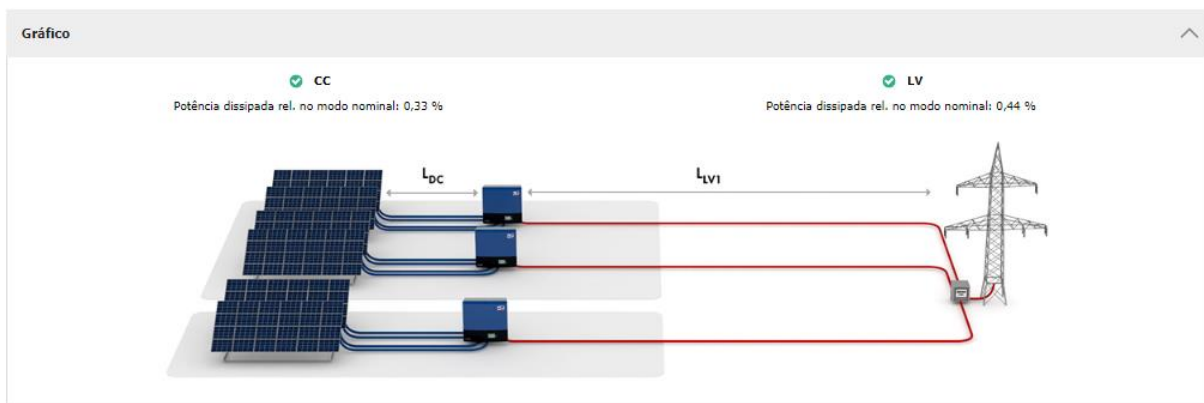


Figura 5-8 Cablagem

5.6.1. Dimensionamento dos Cabos CC

Entende-se por cabos de CC como os que ligam os painéis fotovoltaicos ao inversor. Para o dimensionamento abaixo foi considerado o comprimento de 10 metros e para diminuir as perdas do sistema a secção deve ser estimada a 2,5 mm², Figura 5-9.

Configuração									
<input checked="" type="checkbox"/> Cabos de CC	<input checked="" type="checkbox"/> Cabos LV1	<input checked="" type="checkbox"/> Cabos LV2	<input checked="" type="checkbox"/> Cabo LV3	<input checked="" type="checkbox"/> Cabo de média tensão					
Material do cabo	Comprimento simples	Secção	Corrente	Tensão	Queda de tensão	Potência dissipada rel.			
Instituto Politécnico de Leiria - Projeto Master						0,33 %	<input checked="" type="checkbox"/>	^	
Projecto parcial 1						0,33 %	<input checked="" type="checkbox"/>	^	
1 x SB 2.5-1VL-40 Sistema parcial 1	A	Cobre	10,00 m	2,5 mm ²	7,92 A	334,61 V	1,1 V	0,33 %	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 5-9 Dimensionamento dos cabos CC

5.6.2. Dimensionamento dos Cabos LC

Entende-se como cabos de LV (AC) aqueles responsáveis pela ligação dos inversores ao quadro da instalação. Conforme Figura 5-10, nesse dimensionamento os cabos terão 10 m e uma secção de 4 mm² para também diminuir as perdas do sistema.

Configuração									
<input checked="" type="checkbox"/> Cabos de CC	<input checked="" type="checkbox"/> Cabos LV1	<input checked="" type="checkbox"/> Cabos LV2	<input checked="" type="checkbox"/> Cabo LV3	<input checked="" type="checkbox"/> Cabo de média tensão					
Material do cabo	Comprimento simples	Secção	Corrente	Tensão	Queda de tensão	Potência dissipada rel.			
Instituto Politécnico de Leiria - Projeto Master						0,44 %	<input checked="" type="checkbox"/>	^	
Projecto parcial 1						0,44 %	<input checked="" type="checkbox"/>	^	
1 x SB 2.5-1VL-40 Sistema parcial 1	A	Cobre	10,00 m	4 mm ²	11,36 A	1 ~ 220 V	977,3 mV	0,44 %	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 5-10 Dimensionamento dos cabos LC

A seguir na Figura 5-11 é possível obter uma visão geral do dimensionamento dos cabos. Os cabos CC terão uma potência total dissipada de 8,63W (o que representa 0,33%), um

comprimento total de 20 metros e uma secção de 2,5 mm². Por outro lado, os cabos LV terão uma potência total dissipada equivalente a 11,11 W (o que representa 0,44%), um comprimento total de 10 metros e uma secção de 4 mm². No geral, a cablagem do sistema terá uma potência dissipada no modo nominal igual a 0,77%, o equivalente a 19,74 W e comprimento total de 30 metros.

Vista geral			
<input type="checkbox"/> Subdistribuição de projecto existente (LV3)			
As subdistribuições de projecto parcial (LV2) podem ser configuradas no separador "Cabos LV2".			
	✔ CC	✔ LV	✔ Total
Potência dissipada no modo nominal	8,63 W	11,11 W	19,74 W
Potência dissipada rel. no modo nominal	0,33 %	0,44 %	0,77 %
Comprimento total do cabo	20,00 m	10,00 m	30,00 m
Secções dos cabos	2,5 mm ²	4 mm ²	2,5 mm ² 4 mm ²

Figura 5-11 Dados da Cablagem

5.7. Resultados *Sunny Web Design*

Após a inserção dos dados na plataforma *Sunny Web Design*, a plataforma gerou os resultados do sistema de autoconsumo. O *Sunny Web Design* definiu que para o inversor deverá conter 1 *string* e 10 módulos fotovoltaicos, conforme Figura 5-12.

Dados de dimensionamento fotovoltaico			
Entrada A: Gerador fotovoltaico 1			
10 x .SMA SMA Demo Poly 300W, Inclinação: 35 °, Tipo de montagem: Telhado			
Número de strings:	Entrada A:		
Módulos FV:	1		
Potência de pico (entrada):	10		
	3,00 kWp		

Figura 5-12 Característica da ligação ao inversor

A nível do rendimento energético representado na Figura 5-13, observa-se que esse rendimento diminui nos meses do meio do ano e esse fato faz sentido, uma vez que no Brasil é inverno e, portanto, os painéis fotovoltaicos produzirão menos eletricidade. Por outro lado, aumenta nos

meses de verão, visto que são nesses meses que os módulos fotovoltaicos produzirão mais eletricidade.

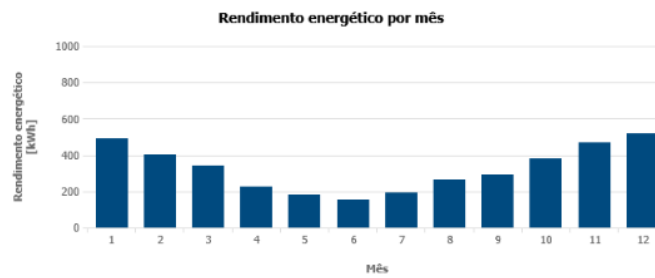


Figura 5-13 Rendimento Energético Mensal

A nível de distribuição da energia fotovoltaica, obteve-se um rendimento energético pelo *Sunny Web Design* de 11.226 kWh, enquanto pelo *software HomerPro* foi obtido anteriormente 10.114 kWh. Essa diferença pode ser justificada devido ao consumo anual de energia elétrica utilizado em cada dimensionamento, enquanto o *Sunny Web Design* considerou 16.364 kWh, o *software HomerPro* considerou 16.283,34 kWh, como visto antes.

Conforme Figura 5-14, o *Sunny Web Design* determinou o período de amortização previsto como 9,1 anos, o tempo de amortização é conhecido como o período durante o qual ocorre a recuperação do capital investido, respetivamente a partir do qual a poupança efetiva passa a ser positiva (*Sunny Web Design*, 2022). Pela análise feita na tabela de retorno em anos no dimensionamento do *software HomerPro*, esse valor lá foi de 9 anos, ou seja, a plataforma e o *software* apresentaram resultados compatíveis. Em termos de rendimento anual (IRR) ou também conhecido como Taxa Interna de Rentabilidade (TIR), a plataforma *Sunny Web Design* determinou como 10,10% (Figura 5-14), contudo no *software* tinha sido encontrado 16%. Para justificar essa diferença entende-se que o cálculo do retorno se baseia no retorno de capital total, e o retorno de capital total diz respeito ao capital total investido, desta forma acredita-se que essa diferença surja devido a seleção de painéis fotovoltaicos semelhantes, mas não idênticos, durante o dimensionamento no *software* e posteriormente na plataforma, podendo ter ocasionado preços diferentes do componente, o que afetaria o cálculo.

A nível de gastos referentes aos componentes do autoconsumo do sistema fotovoltaico durante o dimensionamento no *software HomerPro*, como já referido, obteve-se 8.902,53\$, enquanto agora no *Sunny Web Design* foi de 8180,17 €. Uma vez que o resultado obtido no *software* é em dólar e na plataforma foi em euro, quando convertidos na mesma moeda não se observa nenhuma discrepância significativa.

Outros valores indicativos

9,1 a

Período de amortização previsto ⓘ

10,10 %

Rendimento anual (IRR) ⓘ

Figura 5-14 Período de amortização previsto e o Rendimento anual (IRR)

6. Conclusões

Essa pesquisa funcionou de forma ativa na aquisição de conhecimento no campo da transição energética, produção de energia elétrica por fontes renováveis, sobretudo solar, sobre empresas pequenas nesse contexto e o dimensionamento por meio do *software HomerPro*.

Na primeira parte foi trazido uma abordagem acerca do uso dos recursos renováveis na geração de energia elétrica e o período de transição energética. Nessa fase inicial da dissertação, abordou-se sobre o cenário do Brasil, um país que demonstra uma busca pela otimização e implementação de sistemas renováveis no seu território, tendo o seu forte nas hidroelétricas. O Brasil foi apontado nessa dissertação porque é o país onde a empresa de pequena dimensão, objeto de estudo de caso, está localizada.

Relativamente ao objetivo dessa pesquisa, referiu-se a dimensionar um sistema de fornecimento de energia elétrica por meio de energias renováveis ligado à rede (*on grid*), considerando a instalação de painéis fotovoltaicos e/ou aerogeradores para obtenção do autoconsumo e autossuficiência numa determinada empresa pequena localizada no Brasil. Abordou-se sobre a questão das empresas pequenas no cenário da utilização dos recursos renováveis para geração de energia elétrica, como também comparou-as com as empresas grandes por terem mais capital disponível para investir em pesquisa, desenvolvimento (P&D) e tecnologias.

Uma vez que a problemática trazida era voltada a empresa de pequena dimensão e para efeitos de validação da empresa escolhida neste projeto, utilizou-se os conceitos e definições de empresa estabelecidos pelo SEBRAE. Posteriormente, a empresa pequena do estudo de caso foi caracterizada a nível energético e seus gastos discutidos, sendo as informações dos gastos com energia elétrica obtidas por meio das faturas de energia elétrica da empresa (Anexo III). Foi obtido que a empresa tem um consumo médio diário de 44,49 kWh/dia com uma potência média de 1,85 kW por hora e apresentou um fator de carga de 0,74 (74%).

Uma vez com as caracterizações realizadas, foi o momento de dimensionar os sistemas considerados (fotovoltaico e eólico) no *software HomerPro*. De forma metodológica, foi mostrado todo o processo de inserção das informações no *software*, nomeadamente, as cargas, o recurso solar, recurso eólico, temperatura ambiente, os painéis fotovoltaicos, a ligação à rede, o inversor e o aerogerador. Além disso, para o dimensionamento foi considerado dois cenários:

sem armazenamento e com armazenamento (uso de bateria). A nível de equipamentos nos sistemas renováveis teve o painel Canadian Solar Max Power CS6U-330P, com potência nominal máxima de 330W, o inversor Fronius Symo 4.5-3-S, com 4.5kW de potência por unidade e o *software*, baseando-se nas informações já inseridas, sugeriu o aerogerador de 3 kW e para o cenário com armazenamento a bateria de chumbo-ácido de 12 volts com 1 kWh (para o cenário com armazenamento).

Após o período de recolha e inserção de todas as informações no *software HomerPro*, gerou-se os resultados para o cenário sem armazenamento e com armazenamento. Foram obtidas 700 simulações no software para o cenário dimensionado, sendo a primeira opção a mais indicada (definida durante esse projeto como solução ótima). Ambos os cenários não consideraram o sistema eólico e isso aconteceu devido as condições de ventos de onde a empresa está localizada, além disso o cenário com armazenamento não considerou a baterias na solução ótima, o que implicou no descarte dessa possibilidade. Desta forma, foi feita posteriormente a análise da solução ótima do cenário sem armazenamento.

O *software* considerou então como solução ótima a implementação de um sistema fotovoltaico ligado à rede (*on grid*), determinou como solução ótima a produção de 6,86 kWp a partir dos painéis fotovoltaicos e dimensionou um inversor com 2,03 kW de potência. Foi definido que 50,1% da energia elétrica consumida anualmente seja produzida pelo sistema fotovoltaico (10.114 kWh/ano), adquirindo da Rede Elétrica a restante percentagem 49,9% (10.081 kWh/ano), obtendo um total de energia consumida anualmente de 20.195 kWh/ano de energia elétrica. A nível de gastos referentes aos componentes do autoconsumo do sistema fotovoltaico obteve-se 8.902,53\$, com o NPC de aproximadamente 31.525\$ e um *Payback* de 9 anos, sendo que a vida estimada do projeto foi de 25 anos, o que colabora para que o projeto seja considerado aplicável.

Após a discussão dos resultados da solução ótima, utilizou-se a plataforma *Sunny Web Design* para realizar um segundo dimensionamento baseado no que foi realizado no *software HomerPro* com o intuito de perceber sobre a quantificação dos painéis solares, dos inversores e referentes a cablagem. Portanto, obteve-se um total de 10 módulos fotovoltaicos e 1 inversor, com um dimensionamento geral da cablagem com potência dissipada no modo nominal igual a 0,77%, o equivalente a 19,74 W e comprimento total de 30 metros.

A nível de distribuição comparativa da energia fotovoltaica do dimensionamento no *software HomerPro* e o *Sunny Web Design*, obteve-se um rendimento energético pela plataforma *Sunny Web Design* de 11.226 kWh e pelo *software HomerPro* de 10.114 kWh. Sendo que o *software* considerou o consumo anual de energia elétrica 16.283,34 kWh, enquanto a plataforma *Sunny Web Design* considerou 16.364 kWh.

Para pesquisas futuras pontua-se aqui o seguinte aspecto que pode ser trabalhado na continuação, melhoria ou ramificação desse projeto, sobretudo para colaborar no aumento e enriquecimento de pesquisas com a temática de sistemas renováveis na geração de energia elétrica com empresas pequenas. Sugere-se nesse sentido o seguinte:

- Seria simular outros tipos de energias renováveis em estabelecimentos pequenos que se localizam mais longe dos centros, como cidades ou povoados mais no campo e próximos a rios;
- Estudar a utilização de diferentes tecnologias relativamente aos painéis fotovoltaicos;
- Estudar diferentes formas de armazenamento de energia.

7. Referências

- Junior, C., & Rodrigues, M. (2015). Um estudo sobre a energia eólica no Brasil. *Ciência Atual - Revista Científica Multidisciplinar da Faculdade São José*, 5 (1).
- ABB Sace. (2014). *Technical Application Papers No.10 - Photovoltaic plants*. ABB Sace.
- ABNT. (2013). NBR 10899: Energia Solar fotovoltaica - Terminologia. *Associação Brasileira de Normas Técnicas*. Fonte: NBR 10899: Energia Solar.
- ADENE. (12 de 2021). *Agência para a Energia*. Fonte: <https://www.adene.pt/energia/>
- Ahmad, A. (2014). Energy Simulation for typical house built with different types of masonry building materials. *Arabian Journal for Science & Engineering (Springer Science & Business Media BV)*, 14.
- Araújo, S., & Deminicis, B. (2009). *Fotoinibição da Fotossíntese*. Porto Alegre.
- Balestrin, C., Borba, W., Borth, R., França, J., Levandoski, N., & Daniel, P. (2016). Paradigm of solar energy in Brazil and the world. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 247.
- Balta, T., Dincer, I., & Hepbaslic, A. (2011). Development of sustainable energy options for buildings in a sustainable society. *Elsevier*, 72-90.
- Baptista, J. (2017). *Estudo da implementação de energias renováveis na REPSOL*. *Dissertação de Mestrado*. Leiria.
- Beigelman, B. (2015). *A energia solar fotovoltaica e a aplicação na usina solar de Tauá*. Rio de Janeiro.
- BEN. (2020). *BEN interativo*. Fonte: <http://shinyepe.brazilsouth.cloudapp.azure.com:3838/ben/>
- Benevenuto, R. (2016). Os benefícios a geração de energia elétrica através do sistema fotovoltaico no estacionamento no centro de tecnologia da UFRJ. *Trabalho final de graduação*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Besso, R. (2017). Sistema Solar Fotovoltaico conectado à rede - Estudo de caso no Centro de Tecnologia da UFRF. *Trabalho final de graduação*. Rio de Janeiro.
- Beurskens, J., & Brand, A. (2013). *The World Scientific Handbook of Energy*. World Scientific.
- Bode, A., Neumann, D., Hauff, J., & Haslauer, F. (2014). Global Energy Transitions: A comparative analysis of key countries and implications for the international energy debate. *Weltenergieerat – Deutschland e. V./Gertraudenstraße*.

- Bonfim, H., Santos, S., Silva, L., Aislan, P., & Mendonça, M. (2017). Utilização de conceitos de cálculo para verificação da eficiência de uma placa solar. pp. 29-34.
- Brasil, C. (02 de 2022). *Consumo nacional de energia elétrica cresce 4,1%*. Fonte: <https://www.cnnbrasil.com.br/business/consumo-nacional-de-energia-eletrica-cresce-41-em-2021-diz-ccee/>
- Bronzatti, F., & Iarozinski, A. (2008). *Matrizes energéticas no Brasil: cenário de 2010-2030*. Rio de Janeiro: ENEGEP.
- CCEE. (02 de 2022). *Câmara de Comercialização de Energia Elétrica*. Fonte: <https://www.ccee.org.br/>
- Cintra, R. (2018). Panorama e perspectivas das políticas públicas e normativas para a transição energética no contexto da UNASUL. *Tese de Doutorado*. São Carlos, São Paulo.
- Conceição, F. (2021). Auditoria Energética e Medidas de Melhoria da Eficiência Energética nas Grutas da Moeda. *Dissertação de Mestrado*. Leiria: Instituto Politécnico de Leiria.
- Costa, J. (2016). O aproveitamento das fontes renováveis de energia em Portugal. Lisboa.
- da Conceição, R. (2021). Auditoria Energética e Medidas de Melhoria da Eficiência Energética nas Grutas da Moeda. Instituto Politécnico de Leiria.
- Droege, P. (2011). *Urban energy transition: From fossil fuels to renewable power*. Oxford: Elsevier.
- Edge, S. (Agosto de 2019). *Solar Edge*. Fonte: Technical Note - Oversizing of SolarEdge Inverters: <https://www.solaredge.com/br/solaredge-blog/sobredimensionamento-do-inversor>
- European Commission's Science. (2021). *Phoyovoltaic Geographical Information System*. Fonte: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#PVP
- Farias, H. (2018). *Análise Técnica do Impacto do Uso de Baterias em Sistemas Conectados à Rede Aplicado em Diferentes Classes de Consumo*. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria.
- Ferraço, A. (2016). Transição Energética no Brasil: entraves e possibilidades no âmbito institucional. Leiden, Holanda: Leiden University.
- Ferreira, J., & Castro, R. M. (2004). Energias Renováveis e Produção Descentralizada. Instituto Superior Técnico de Lisboa.
- Ferreira, P., Duarte, C., Gomes, S., & Jorge, F. (2008). Remoção de óleo e arsênio de efluente industrial utilizando xisto retornado. *Série Tecnologia Ambiental*, 57.

- Francisco de Carvalho, J. (2009). *O declínio da era do petróleo e a transição da matriz energética brasileira para um modelo sustentável*. São Paulo.
- Gaibor, M. A. (2019). *Comparative Analysis of Residential Energy Consumption in Different European Countries*. Leiria.
- Galp. (2021). <https://www.galp.com/corp/pt/>.
- Goldemberg, J., & Lucon, O. (2007). *Energia e meio ambiente no Brasil. Dossie Energia.*, 7-20.
- Gonçalves, F. (2015). *Conversor Multinível Monofásico para Sistemas Fotovoltaicos. Dissertação de Mestrado*. Coimbra: Universidade de Coimbra.
- Guo, B., Lyons, W., & Gualambor, A. (2007). *Petroleum Production Engineering: a computer-assisted approach*. Oxford: Elsevier.
- Hollanda, L., Nogueira, R., Muñoz, C., Julia, F., Varejão, M., & Bruce, T. (2016). *Un análisis comparativo de la transición energética en América y Europa*. FGV Energia.
- Hunt, J. (1990). Generation and Migration of Petroleum from Abnormally Pressured Fluid Compartments. *The American association of petroleum geologists bulletin*, 12.
- Jurinic, F. (2020). Estudo para melhoria na performance e eficiência de placas fotovoltaicas: através de um sistema combinado de inclinação e resfriamento. *Dissertação de Mestrado*. Universidade Federal Fronteira Sul.
- Leis Estaduais*. (29 de janeiro de 2018). Fonte: Leis Estaduais: <https://leisestaduais.com.br/ba/lei-ordinaria-n-13914-2018-bahia-institui-a-politica-estadual-de-incentivo-a-geracao-e-aproveitamento-da-energia-solar-no-estado-da-bahia-e-da-outras-providencias>
- Meirinhos, J. (2010). *Escalonamento e Pré-Despacho incluindo Produção Eólica*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- N. Luginaah, I., S. Martin, T., Elliott, S., & Eyles, J. (2002). Community reappraisal of the perceived health effects of a petroleum refinery. *Social science & medicine*.
- Nacional, I. (2022). *Diário Oficial da União: Imprensa Nacional*. Fonte: Diário Oficial da União: Imprensa Nacional: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.300-de-6-de-janeiro-de-2022-372467821>
- NASA. (2021). *NASA: Multiple Data Access Options*. Fonte: NASA Prediction of Worldwide Energy Resources: <https://power.larc.nasa.gov/>
- Nogueira, L., & Cardoso, R. (2007). *Perspectivas da Matriz Energética mundial e no Brasil*. São Paulo: O Setor Elétrico.

- Oliveira, M., & Bertucci, M. (2003). *A pequena e média empresa e a gestão da informação*. João de Fora, Brasil.
- Pereira, P. S. (2010). *Energia Solar Térmica: Perspectivas do Presente e do Futuro*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- PORDATA. (2021). *Produção de energia elétrica: total e a partir de fontes renováveis - Portugal*. Fonte: PORDATA:
[https://www.pordata.pt/Portugal/Produ%
ca+total+e+a+partir+de+fontes+renov%
c3%a1veis-1127-9115](https://www.pordata.pt/Portugal/Produ%c3%a7%c3%a3o+de+energia+el%c3%a9ctrica+total+e+a+partir+de+fontes+renov%c3%a1veis-1127-9115)
- Ramos, K. (2018). *Transição Energética: Conceituações, Recursos Energéticos e Perspectivas para a Alemanha e o EUA*. Florianópolis.
- Rampinelli, G. A. (2010). *Estudo de características elétricas e térmicas de inversores para sistemas fotovoltaicos ligados à rede*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Repsol. (2021). <https://www.repsol.com/es/energia-innovacion/technology-lab/reduccion-emisiones/index.cshtml>.
- Rockenbach, G., Silva, L., & Mello, T. (2018). *Proposta de Geração Híbrida Eólico/Solar On-Grid no Setor de Avicultura na Região de Dourados-MS*. Dourados: Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- Sampaio, L., Almeida, N., Nunes, A., & Moura, L. (2017). *Análise de um sistema Fotovoltaico em um Hemocentro*. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, 763-786.
- Santos, F. (2019). *Transição Energética: Enquadramento e Desafios*. Dourados: Revista Videre.
- Sauer, I. (2016). *O pré-sal e a geopolítica e hegemonia do petróleo face às mudanças climáticas e à transição energética*. São Paulo: Instituto Energia e Ambiente.
- Schallenberg, J., Piernavieja, G., Hernández, C., Unamunzaga, P., García, R., Díaz, M., & Subiela, V. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética*. Canarias: Instituto Tecnológico de Canarias.
- Schuchardt, U., & L. Ribeiro, M. (2001). *A indústria petroquímica no próximo século: como substituir o petróleo como matéria-prima?* *Química nova*, 5.
- SEBRAE. (Janeiro de 2020). *SEBRAE*. Fonte: SEBRAE: Lei Geral da Micro e Pequena Empresa: <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/sebraeaz/lei-geral-completa-10-anos-e-beneficia-milhoes-de-empresas,baebd455e8d08410VgnVCM2000003c74010aRCRD>

- Silva Pinheiro, D. (2021). Avaliação e instalação de uma Unidade de Produção de Autoconsumo (UPAC) com armazenamento de energia. Portugal: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Sobrinho, L. (2016). *Desenvolvimentos e pesquisas na terceira geração de células fotovoltaicas*. Rio de Janeiro.
- Software Homer. (2021). *Homer Energy Pro*. Fonte: <https://www.homerenergy.com/products/pro/docs/3.14/index.html>
- Solaris. (2021). *Solaris Shop*. Fonte: <https://www.solaris-shop.com/content/CS6U-330P%20Specifications.pdf>
- Sunny Web Design. (2022). *Sunny Web Design*. Fonte: www.sunnydesignweb.com
- Tibola, G. (2009). *Sistema eólico de pequeno porte para geração de energia elétrica com rastreamento de máxima potência*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.
- Upasani, M., & Patil, S. (2018). Grid connected solar photovoltaic system with battery storage for energy management. *2nd International Conference on Inventive Systems and Control (ICISC)*.
- Van den Bergh, J., & Bruinsma, F. (2008). *Managing the transition to renewable energy: theory and practice from local, regional and macro perspectives*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited.
- Wind Turbine Models. (2021). *Bergey BWC Excel 10*. Fonte: <https://en.wind-turbine-models.com/turbines/501-bergey-bwc-excel-10>
- Windbox. (2020). *Windbox*. Fonte: Componentes dos aerogeradores: <https://windbox.com.br/blog/componentes-dos-aerogeradores/>
- Wirtschaftsportal, D. r. (27 de 06 de 2013). *Unternehmensdefinition und Zweck*. Fonte: http://www.business-on.de/definition-unternehmen-unternehmensdefinition-und-zweck-_id42245.html
- Yergin, D. (2010). *O petróleo: uma história mundial de conquistas, poder e dinheiro*. São Paulo: São Paulo: Paz e Terra.
- Z. e. (2007). Plano Nacional de Energia 2030. *Empresa de Energia Energética*, 372.

Anexo I

Anexo 1 – Características do Painel selecionado no dimensionamento







MAXPOWER
CS6U-315 | 320 | 325 | 330P

Canadian Solar's modules use the latest innovative cell technology, increasing module power output and system reliability, 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 16.97 %
-  Cell efficiency of up to 18.8 %
-  Outstanding low irradiance performance: 96.0 %
-  No. 1 PTC High PTC rating of up to 91.55 %
-  IP67 junction box for long-term weather endurance
-  Heavy snow load up to 5400 Pa, wind load up to 2400 Pa

-  **25 years** linear power output warranty
-  **10 years** product warranty on materials and workmanship

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES*

ISO 9001:2008 / 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 / CQC / MCS
UL 1709 / IEC 61215 performance: CEC listed (US)
UL 1709: CSA / IEC 61701 ED2: VDE / IEC 62716: VDE / Take-e-way
UNE 9177 Reaction to Fire: Class 1





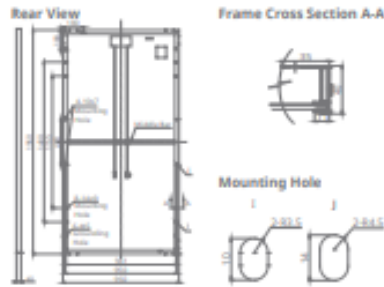



* As there are different certification requirements in different markets, please contact your local Canadian Solar sales representative for the specific certificates applicable to the products in the region in which the products are to be used.

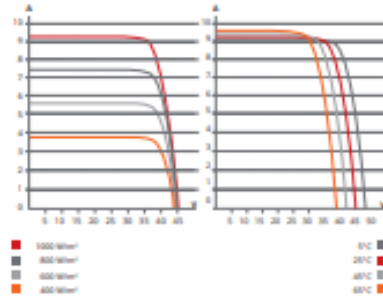
CANADIAN SOLAR INC. is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. As a leading PV project developer and manufacturer of solar modules with over 15 GW deployed around the world since 2001, Canadian Solar Inc. (NASDAQ: CSIQ) is one of the most bankable solar companies worldwide.

CANADIAN SOLAR INC.
2430 Camino Ramon, Suite 240 San Ramon, CA, USA 94583-4385 | www.canadiansolar.com/na | sales.us@canadiansolar.com

ENGINEERING DRAWING (mm)



CS6U-320P / I-V CURVES



ELECTRICAL DATA / STC*

CS6U	315P	320P	325P	330P
Nominal Max. Power (P _{max})	315 W	320 W	325 W	330 W
Opt. Operating Voltage (V _{mp})	36.6 V	36.8 V	37.0 V	37.2 V
Opt. Operating Current (I _{mp})	8.61 A	8.69 A	8.78 A	8.88 A
Open Circuit Voltage (V _{oc})	45.1 V	45.3 V	45.5 V	45.6 V
Short Circuit Current (I _{sc})	9.18 A	9.26 A	9.34 A	9.45 A
Module Efficiency	16.20%	16.46%	16.72%	16.97%
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.

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Poly-crystalline, 6 inch
Cell Arrangement	72 (6x12)
Dimensions	1960 x 992 x 40 mm (77.2 x 39.1 x 1.57 in)
Weight	22.4 kg (49.4 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 1000V (UL), 1160 mm (45.7 in)
Connector	14 (IEC/UL)
Per Pallet	25 pieces, 635kg (1400lbs)
Per container (40 HQ)	624 pieces

ELECTRICAL DATA / NOCT*

CS6U	315P	320P	325P	330P
Nominal Max. Power (P _{max})	228 W	232 W	236 W	239 W
Opt. Operating Voltage (V _{mp})	33.4 V	33.6 V	33.7 V	33.9 V
Opt. Operating Current (I _{mp})	6.84 A	6.91 A	6.98 A	7.05 A
Open Circuit Voltage (V _{oc})	41.5 V	41.6 V	41.8 V	41.9 V
Short Circuit Current (I _{sc})	7.44 A	7.50 A	7.57 A	7.66 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.

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (P _{max})	-0.41 % / °C
Temperature Coefficient (V _{oc})	-0.31 % / °C
Temperature Coefficient (I _{sc})	0.053 % / °C
Nominal Operating Cell Temperature	45±2 °C

PERFORMANCE AT LOW IRRADIANCE

Outstanding performance at low irradiance, average relative efficiency of 96.0 % 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.

PARTNER SECTION



Anexo II

Anexo II - Características do inversor selecionado no dimensionamento

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging



FRONIUS SYMO

Maximum flexibility for the applications of tomorrow





SnapInverter technology



Integrated data communication



Dynamic Peak Manager



Smart Grid Ready



SuperFlex Design



Zero feed-in

With power categories ranging from 3.0 to 20.0 kW, the transformerless Fronius Symo is the three-phase inverter for systems of every size. Owing to the SuperFlex Design, the Fronius Symo is the perfect answer to irregularly shaped or multi-oriented roofs.

The standard interface to the internet via WLAN or Ethernet and the ease of integration of third-party components make the Fronius Symo one of the most communicative inverters on the market. Furthermore, the meter interface permits dynamic feed-in management and a clear visualisation of the consumption overview.

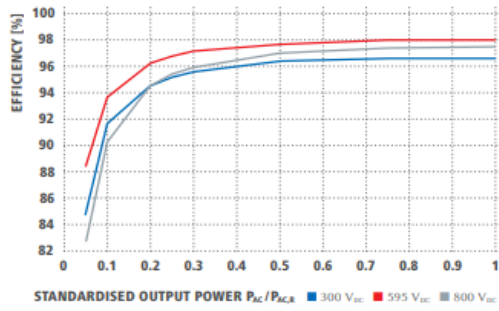
TECHNICAL DATA FRONIUS SYMO (3.0-3-S, 3.7-3-S, 4.5-3-S, 3.0-3-M, 3.7-3-M, 4.5-3-M)

INPUT DATA	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Number MPP trackers		1			2	
Max. input current (I _{dc max 1} / I _{dc max 2})		16.0 A			16.0 A / 16.0 A	
Max. array short circuit current (MPP ₁ / MPP ₂ ¹⁾)		24.0 A			24.0 A / 24.0 A	
DC input voltage range (U _{dc min} - U _{dc max})				150 - 1000 V		
Feed-in start voltage (U _{dc start})				200 V		
Usable MPP voltage range				150 - 800 V		
Number of DC connections		3			2+2	
Max. PV generator output (P _{dc max})	6.0 kW _{peak}	7.4 kW _{peak}	9.0 kW _{peak}	6.0 kW _{peak}	7.4 kW _{peak}	9.0 kW _{peak}
OUTPUT DATA	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
AC nominal output (P _{ac,r})	3,000 W	3,700 W	4,500 W	3,000 W	3,700 W	4,500 W
Max. output power	3,000 VA	3,700 VA	4,500 VA	3,000 VA	3,700 VA	4,500 VA
AC output current (I _{ac nom})	4.3 A	5.3 A	6.5 A	4.3 A	5.3 A	6.5 A
Grid connection (voltage range)			3-NPE 400 V / 230 V or 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)			
Frequency (Frequency range)			50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)			
Total harmonic distortion			< 3 %			
Power factor (cos φ _{ac,r})		0.70 - 1 ind. / cap.			0.85 - 1 ind. / cap.	
GENERAL DATA	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Dimensions (height x width x depth)			645 x 431 x 204 mm			
Weight		16.0 kg			19.9 kg	
Degree of protection			IP 65			
Protection class			1			
Overvoltage category (DC / AC) ²⁾			2 / 3			
Night time consumption			< 1 W			
Inverter design			Transformerless			
Cooling			Regulated air cooling			
Installation			Indoor and outdoor installation			
Ambient temperature range			-25 - +60 °C			
Permitted humidity			0 - 100 %			
Max. altitude			2,000 m / 3,400 m (unrestricted / restricted voltage range)			
DC connection technology		3x DC+ and 3x DC- screw terminals 2.5 - 16 mm ²			4x DC+ and 4x DC- screw terminals 2.5 - 16mm ² ³⁾	
AC connection technology		5-pole AC screw terminals 2.5 - 16 mm ²			5-pole AC screw terminals 2.5 - 16mm ² ³⁾	
Certificates and compliance with standards		ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G83/2, UNE 206007-1, SI 4777 ¹⁾ , CEI 0-21 ¹⁾ , NRS 097				

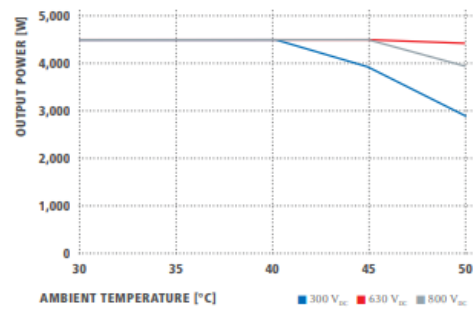
¹⁾ This applies to Fronius Symo 3.0-3-M, 3.7-3-M and 4.5-3-M. ²⁾ According to IEC 62109-1.

³⁾ 16 mm² without wire end ferrules. Further information regarding the availability of the inverters in your country can be found at www.fronius.com.

FRONIUS SYMO 4.5-3-S EFFICIENCY CURVE



FRONIUS SYMO 4.5-3-S TEMPERATURE DERATING




TECHNICAL DATA FRONIUS SYMO (3.0-3-S, 3.7-3-S, 4.5-3-S, 3.0-3-M, 3.7-3-M, 4.5-3-M)

EFFICIENCY	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Max. efficiency			98.0 %			
European efficiency (ηEU)	96.2 %	96.7 %	97.0 %	96.5 %	96.9 %	97.2 %
MPP adaptation efficiency			> 99.9 %			
PROTECTIVE DEVICES	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
DC insulation measurement			Yes			
Overload behaviour			Operating point shift, power limitation			
DC disconnect			Yes			
Reverse polarity protection			Yes			
RCMU			Yes			
INTERFACES	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
WLAN / Ethernet LAN			Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)			
6 inputs and 4 digital in/out			Interface to ripple control receiver			
USB (A socket) ¹⁾			Datalogging, inverter update via USB flash drive			
2x RS422 (RJ45 socket) ¹⁾			Fronius Solar Net			
Signalling output ¹⁾			Energy management (potential-free relay output)			
Datalogger and Webserver			Included			
External input ¹⁾			50-Meter Interface / Input for overvoltage protection			
RS485			Modbus RTU SunSpec or meter connection			

¹⁾ Also available in the light version

Anexo III

Anexo III – Faturas da empresa pequena do estudo de caso desta pesquisa.



CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA - FATURA - NOTA FISCAL
VÁLIDA PARA USO ATÉ
 Companhia de Eleticidade do Estado da Bahia
 Av. Edgard Santos, 300, Cabula V, Salvador - BA, CEP 41181-900
 CNPJ 15.139.629/0001-94 | Insc. Est. 00478698NO | www.coelba.com.br

DADOS DO CLIENTE
 DELFIN B BANQUESES

ENDEREÇO DA UNIDADE CONSUMIDORA
 PC 12 DE DEZEMBRO 28 AP-2
 CAMINHO DE AREIA/SALVADOR
 SALVADOR BA
 40440-260

CLASSIFICAÇÃO
 B1 RESIDENCIAL
 RESIDENCIAL

CONTA CONTRATO 0011323227 **MÊS/ANO** 11/2019

DATA DE VENCIMENTO 25/11/2019 **DATA PRÓXIMA FICOMDA/LEITURA** 19/12/2019

TOTAL A PAGAR (R\$) 1.303,93

DESCRIÇÃO DA NOTA FISCAL				QUANTIDADE	PREÇO (R\$)	VALOR (R\$)
Consumo Ativo(kWh)				1.372,000000	0,82865075	1.136,80
Acréscimo Bandeira AMARELA						13,50
Acréscimo Bandeira VERMELHA						48,28
Contrib. Ilum. Pública Municipal						105,25

TOTAL DA FATURA 1.303,93

DEMONSTRATIVO DE CONSUMO DESTA NOTA FISCAL							
Nº DO MEDIDOR	TIPO DA FUNÇÃO	ANTERIOR DATA	LEITURA	ATUAL DATA	LEITURA	Nº DE DIAS	CONSUMO (kWh)
70287373	CAT	17-10-2019	82.905,00	18-11-2019	84.277,00	32	1.372,00

HISTÓRICO DE CONSUMO

Mês/ano kWh
NOV 19 1372
OUT 19 1338
SET 19 1368
AGO 19 1187
JUL 19 1503
JUN 19 1346
MAY 19 1473
ABR 19 1350
MAR 19 1603
FEV 19 1297
JAN 19 1268
DEZ 19 1243
NOV 19 1631

INFORMAÇÕES DE TRIBUTOS

BASE DE CÁLCULO	%	VALOR DO IMPÓSTO
ICMS 1.198,88	27,00	323,84
PIS 1.198,88	1,13	13,54
COFINS 1.198,88	5,24	62,81

Composições constantes

Geração de Energia	R\$ 344,87	28,71%
Transmissão	R\$ 43,28	3,61%
Distribuição (Coelba)	R\$ 287,13	23,95%
Perda de Energia	R\$ 70,84	5,91%
Encargos Setoriais	R\$ 52,55	4,38%
Tributos	R\$ 400,00	33,38%
Total	R\$ 1.198,88	100%

TARIFAS APLICADAS 0,59213000

RESERVAÇÃO FISCAL
 C55C 89C1 BEEB 12C5 694E 4D42 890B B223

INFORMAÇÕES IMPORTANTES

Pague no cartão mais perto de você. Consulte a taxa de juros em www.coelba.com.br. Para cancelar o cartão e solicitar a emissão de uma nova conta, consulte o atendimento ao cliente em www.coelba.com.br. Na data da leitura a bandeira em vigor é a Vermelha. Mais informações em www.coelba.com.br. O cliente é compensado quando há variação na contagem individual ou no mês de fornecimento. Pague em atraso para multa 2% (Resolução ANEEL, Junho 1 de 1998 e Lei 10.438/02) e atualização monetária pelo INCC-O. Cliente é responsável quando há desconhecimento do preço devido para os padrões de atendimento comercial. Ações legais serão aplicadas sobre o CCSP paga em atraso, conforme Legislação Municipal. Identificação Biométrica. Fique atento ao cadastramento na sua conta, acessa a lista em www.ba.energia.br. A Sunlight é parceira e não responsável pela fatura.

An condições gerais de fornecimento (Resolução ANEEL, 482/2012). Tarifas unificadas de serviço prestado e tributos se encontram disponíveis para consulta em nossas unidades de atendimento ou em www.coelba.com.br

DURAÇÃO E FREQUÊNCIA DAS INTERRUPTÕES				NÍVEL DE TENSÃO		
CONJUNTO	VALOR ESPERADO	LIMITE MENSAL	LIMITE TRIMESTRAL	LIMITE ANUAL	TENSÃO NOMINAL (V)	LIMITE DE VARIAÇÃO (V)
DIC	0,00	4,83	9,67	19,34	127	117 - 133
PIC	0,00	3,05	6,10	12,20		
DMIC	0,00	2,89	0,00	0,00		

Limite DCR: 12,22 ELSU - Valor do Encargo de Uso do Sistema de Distribuição - R\$ 442,44

CONTA CONTRATO 0011323227 MÊS/ANO 11/2019 DATA DE VENCIMENTO 25/11/2019 TOTAL A PAGAR (R\$) 1.303,93

Pagamento através de Débito Automático em Conta Corrente.

Banco 341-7 Agência 0697

O Débito Automático em Conta Corrente é confortável, muito seguro e você pode suspender o débito até três dias úteis antes do vencimento. Para maiores informações ligue 116

