

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
ENGENHARIA ELÉTRICA

GUILHERME DE ARAUJO GABRIEL

**ESTUDO DE VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA DE
MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA NA UTFPR-CP**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CORNÉLIO PROCÓPIO
2018

GUILHERME DE ARAUJO GABRIEL

**ESTUDO DE VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA DE
MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA NA UTFPR-CP**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso Engenharia Elétrica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito para a obtenção do título de Bacharel.

Orientadora: Prof. Dra. Gabriela Helena Bauab Shiguemoto

CORNÉLIO PROCÓPIO
2018



Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Cornélio Procópio
Departamento Acadêmico de Elétrica
Curso de Engenharia Elétrica



FOLHA DE APROVAÇÃO

Guilherme de Araujo Gabriel

Estudo de viabilidade de implementação de sistema de minigeração distribuída na UTFPR-CP

Trabalho de conclusão de curso apresentado às 08:30hs do dia 04/12/2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista no programa de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi arguido pela Banca Avaliadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Avaliadora considerou o trabalho aprovado.

Prof(a). Dr(a). Gabriela Helena Bauab Shiguemoto - Presidente (Orientador)

Me(a). Alana Regina Biagi Silva Lisboa - (Membro)

Prof(a). Dr(a). Murilo da Silva - (Membro)

RESUMO

GABRIEL, G.A. **Estudo de viabilidade de implementação de sistema de minigeração distribuída na UTFPR-CP.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Elétrica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2018.

Neste trabalho apresenta-se o estudo sobre os custos e condições da implementação de um sistema de minigeração distribuída na UTFPR-CP. Foi escolhido a localização aonde seria instalado o sistema na Universidade, colhido todos os dados necessários em relação a área disponível, irradiação solar, consumo do campus e tarifas que a Universidade está sujeita. A partir desses dados foi calculado o tamanho do sistema para suprir toda a energia consumida pelo Campus, com tal valor foi comparado com a área disponível para instalação. Posteriormente foi utilizado o simulador presente no site da empresa NeoSolar e criado dois cenários para instalação dos sistemas, um com uma área de 500 m² e outro instalado em uma área de 1000 m², nessas duas situações foram colhidos todos os dados fornecidos pelas simulações, como tamanho do sistema, estimativa de geração mensal e economia gerada. Tendo os dados iniciais colhidos foi iniciada a etapa de comparação dos sistemas, relacionando as suas respectivas expectativas de gerações de energia anuais, seus custos de manutenção, o tempo que cada um levaria para se pagar e uma análise total do caixa da UTFPR-CP durante um período de 20 anos. Por fim foi feito um apanhado geral dos dois sistemas fazendo uma comparação final entre os dois, mostrando seus respectivos pontos fortes e fracos.

Palavras-chave: análise de custo, sistema fotovoltaico, análise futura, UTFPR-CP.

ABSTRACT

GABRIEL, G.O. **Study of the Feasibility of the Implementation of the Distributed Minigeration System in UTFPR-CP.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Elétrica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2018.

This work presents the study on the costs and conditions of the implementation of a system of distributed mini generation in UTFPR-CP. It was chosen the location where the system would be installed in the University, collected all necessary data regarding available area, solar irradiation, campus consumption and fees that the University is subject. From these data the size of the system was calculated to supply all the energy consumed by the Campus, with such value compared to the area available for installation. Subsequently, the simulator was used in the NeoSolar company site and two scenarios were created for installing the systems, one with an area of 500 m² and another installed in an area of 1000 m². In these two situations all the data provided by the simulations were collected. system size, estimated monthly generation and generated savings. Having the initial data collected, the systems comparative stage was started, relating their respective expectations of annual energy generations, their maintenance costs, the time each would take to pay, and a total analysis of the UTFPR-CP cash a period of 20 years. Finally, a general overview of the two systems was made, making a final comparison between the two, showing their respective strengths and weaknesses.

Keywords: cost analysis, photovoltaic system, future analysis, UTFPR-CP.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
1.1 Justificativas	9
1.2 Objetivos	11
1.1.1 Objetivos Gerais.....	11
1.1.2 Objetivos Específicos.....	11
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
2.1 Sistema de Compensação de Energia Elétrica	12
2.2 Geração Distribuída	12
2.3 Microgeração e Minigeração.....	13
2.4 Procedimentos do Programa de Eficiência Energética	13
2.5 Legislação	14
2.6 Sistemas Fotovoltaicos	15
2.6.1 O Sistema	15
2.6.2 Componentes.....	16
2.7 Sustentabilidade.....	18
2.8 Orçamento da UTFPR	19
3. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO DO SISTEMA DE MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA	21
3.1 Dados da UTFPR-CP.....	21
3.1.1 Cenário 1: Uma área estimada de 500 m ²	29
3.1.2 Cenário 1: Uma área estimada de 1,027.36 m ²	30
3.1.3 Geração dos sistemas	30
3.1.4 Aumento da tarifa de energia elétrica com o tempo.....	32
3.1.5 Custos de manutenção do sistema	32
3.1.6 Diminuição do rendimento dos módulos com o tempo.....	34
3.1.7 Tempo de retorno de investimento.....	36
3.1.8 Considerações finais.....	40
REFERÊNCIAS.....	42

1. INTRODUÇÃO

Até o começo do século XX a atividade econômica do Brasil era predominantemente rural. Com o começo da industrialização, juntamente com o crescimento dos centros urbanos, a demanda de eletricidade aumentou consideravelmente. Assim surgiu o setor hidrelétrico, possuindo uma singela presença no sistema elétrico até o ano de 1934, quando foi promulgado o Código das Águas, que atribuiu à União o poder de autorizar ou conceder o aproveitamento de energia elétrica e outras fontes de energia para efeito de aproveitamento industrial.

Existiram outros incentivos significativos na década de 60, com a criação da Central Elétrica de Furnas, com o objetivo de atender o aumento da demanda da região Sudeste. Na década seguinte houve novamente um grande avanço. Em 1973, juntamente com o Paraguai, foi criada a Lei 5.899, popularmente chamada de Lei de Itaipu, a qual os dois países se comprometeram a construir a usina binacional de Itaipu e instalar 12.600 MW de potência.

No ano de 1985 foi criado o Programa Nacional de Conservação de Energia (PROCEL), com o objetivo de promover o racionamento da produção e do consumo de energia elétrica, devido as projeções da época e do grande aumento do consumo de energia elétrica na Região Sudeste. (VEIGA; FONSECA, 2002)

Em 1993, a Lei 8631 promoveu a reorganização econômico-financeira das empresas e abriu caminho para a reestruturação da indústria de energia elétrica. Em 1995 a geração distribuída foi regulamentada pela Lei 9074, conhecida como Lei de Concessões dos Serviços públicos, que criou o conceito de Consumidor Livre. Com o Decreto 2003, de 1996, regulamentou a produção pelo autoprodutor e pelo produtor independente de energia. Também nesse mesmo ano foi criada, pela Lei 9427, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), com o objetivo de regulamentar e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e a comercialização de energia elétrica. (CCEE, 2017)

No ano de 1997 foi feito o anteprojeto de lei que criaria o Mercado Atacadista de Energia (MAE) e o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), oficializados pela Lei 9646, em 1998. Ainda em 1997 deu-se o início da reestruturação do setor elétrico, separando as empresas em seus segmentos de geração, transmissão e distribuição. (CCEE, 2017)

Em 1998, foi criado o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), que tem como objetivos promover o aproveitamento racional da energia, qualidade do produto para o consumidor, proteção do Meio Ambiente e a utilização de fontes renováveis de energia. Ainda nesse ano é consolidado o acordo de mercado, em audiência Pública pela ANEEL, e criada a Administradora de Serviços do Mercado Atacadista de Energia Elétrica (ASMAE). Em 1999, foi criado o Comitê Coordenador do Planejamento da Expansão dos Sistemas Elétricos (CCPE), entidade responsável pelo planejamento da expansão dos sistemas elétricos brasileiros para a geração dos Planos Decenais de Expansão e nos Planos Nacionais de Energia Elétrica de longo prazo.

A ASMAE realizou, em setembro de 2000, a sua primeira contabilização do Mercado Atacadista de Energia, e, implementou o Sistema de Contabilização e Liquidação (SCL) e o Sistema de Medição e Faturamento (SMF), ferramentas essenciais para o mercado de comercialização de energia. Em 2002, o MAE é criado como pessoa jurídica de direito privado, substituindo a ASMAE, e posteriormente, em 2004 é criada a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), em substituição ao MAE. O decreto 5.177 estabelece que os agentes da CCEE sejam agrupados em três categorias: geração, distribuição e comercialização. Nesse mesmo ano ocorre a primeira adesão de Consumidor Livre à CCEE. Com isso a CCEE realiza o primeiro Leilão de Energia Nova em 2005, implementando os leilões por internet em 2006, ultrapassando os 1000 associados em meados de 2010. (SILVA, 2011)

Em 2012, através da resolução normativa 482 foi caracterizado as definições de micro e mini geração distribuída, definindo também o conceito de sistema de compensação de energia elétrica, cuja geração proveniente da unidade consumidora é injetada na rede, e compensa o seu consumo de energia ativa. (NAKABAYASHI, 2014)

O ponto principal deste trabalho é realizar uma projeção de um sistema de minigeração distribuída na UTFPR de Cornélio Procópio, por meio de placas fotovoltaicas, instaladas em uma cobertura que seria construída para o estacionamento dos professores.

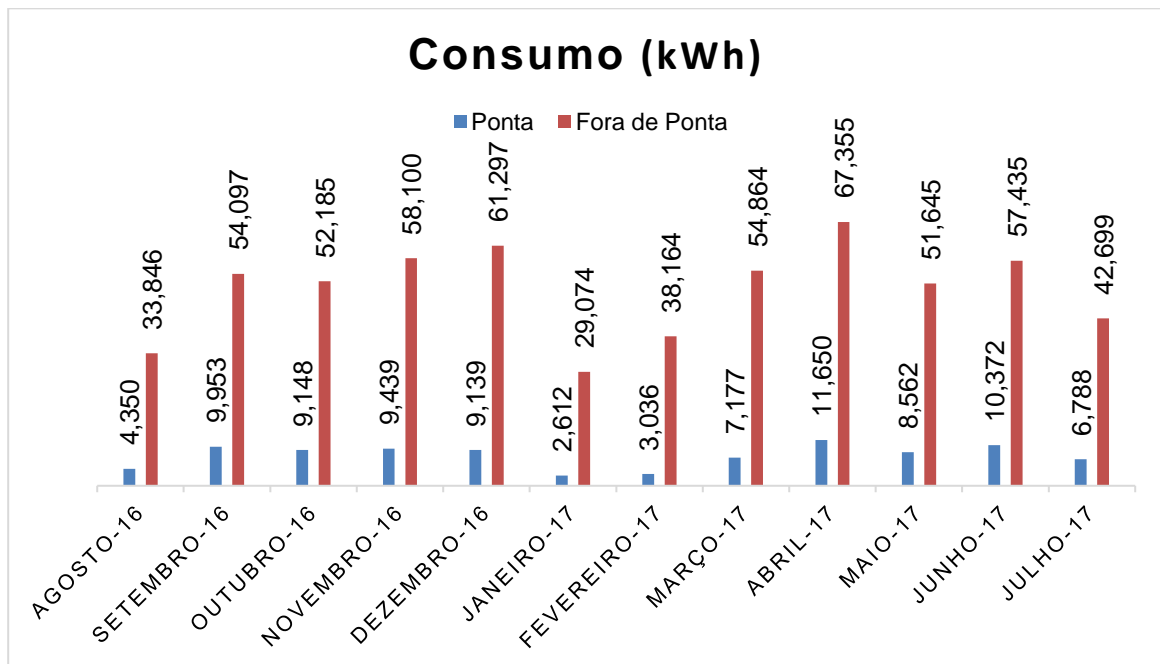
A UTFPR-CP se encaixaria como mini gerador devido a sua carga instalada ser maior que 75 kW, conforme legislação. Outro fator interessante da instalação do sistema de minigeração é a redução de carga ligada à rede elétrica.

1.1 Justificativas

Como justificativas para a implementação de um sistema de minigeração distribuída pode-se citar os seguintes pontos.

-Alto Consumo: A UTFPR-CP consome uma grande quantidade de energia elétrica, conforme a figura 1. O consumo da Universidade no ano de 2017 se manteve sempre a cima dos 37045 kWh, excluindo o mês de janeiro. Com isso, fica evidente que uma minigeração com objetivo de amenizar os gastos devido a esse consumo seria muito interessante;

Figura 1: Consumo da UTFPR-CP em kWh retirado da conta de energia elétrica do mês de julho de 2017



Fonte: Autoria própria

-Alta Incidência Solar: De acordo com atlas brasileiro de energia solar, no ponto menos ensolarado do Brasil é possível gerar mais eletricidade do que o local mais ensolarado da Alemanha. Para a região de Cornélio Procópio o potencial de geração solar é entre 1550 a 1600 kWh por kW instalado por ano; (PEREIRA et al., 2017)

-Incentivos Governamentais: O governo brasileiro, incentiva programas de desenvolvimento tecnológico, como o apoio ao desenvolvimento tecnológico da indústria de semicondutores e displays, que é um conjunto de incentivos fiscais para

atrair o investimento e ampliação das áreas de semicondutores e displays, incluindo células e módulos solares. Incentivos também por meio do Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES), que apoia projetos de eficiência energética e outros projetos com grande valor de preservação ambiental. As mudanças feitas pela ANEEL na REN 482:2012, no ano de 2015, também se mostraram de grande incentivo pois diminuiram em grande parte os requisitos para poder fazer a implantação de mini ou microgeração distribuída;

-Desenvolvimento Sustentável: A questão ambiental vem sendo enfoque em diversos setores da sociedade, passando do cidadão comum que utiliza água da chuva para lavar a sua calçada até a indústria que deixa de utilizar certos insumos que são prejudiciais ao Meio Ambiente, sendo um ponto importante também para as instituições de ensino, que acabam sendo um exemplo para toda a comunidade que a cerca.

Pensando nisso, uma iniciativa por parte da Universidade de investir em uma energia limpa e sustentável, como a solar, poderia gerar grandes retornos, além dos financeiros;

-Vantagens das placas fotovoltaicas: As vantagens do sistema de energia solar em relação às demais fontes renováveis são a sua capacidade de poder ser utilizada em áreas já ocupadas, como telhados de residências e coberturas de estacionamento, o que não seria possível no caso de um parque eólico, devido ao grande espaço necessário para a sua construção. (FILHO; AZEVEDO, 2013)

Outras vantagens são os baixos impactos ambientais, tanto para a geração de energia quanto para a produção dos módulos e a alta confiabilidades dos módulos solares; (ABINEE, 2012)

1.2 Objetivos

1.1.1 Objetivos Gerais

Analisar a possibilidade de instalação de placas fotovoltaicas na cobertura do estacionamento dos professores da UTFPR-CP, e, de maneira aproximada colocar os seus custos, tempo de retorno do investimento, desafios e benefícios.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Verificação das cargas instaladas na UTFPR-CP e área para instalação de painéis fotovoltaicos.
- Estudo do procedimento para confeccionar um projeto de sistema de minigeração com energia solar no Campus.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão desenvolvidos os conceitos para o entendimento do trabalho.

2.1 Sistema de Compensação de Energia Elétrica

O conceito do sistema de compensação de energia elétrica é definido na REN 482:2012, como sendo o sistema no qual a energia gerada pela central de micro ou minigeração é fornecida para a distribuidora local, a primeiro momento gratuitamente e depois compensada, no caso da Companhia Paranaense de Eletricidade (COPEL) é fornecido crédito para a unidade geradora. (ANEEL, 2016)

Portando, serão realizados levantamentos de carga do campus para definir em que tipo de Geração Distribuída (GD) se enquadraria a UTFPR-CP.

2.2 Geração Distribuída

Segundo o Instituto Nacional de Eficiência Energética (INEE), GD é:

Uma expressão usada para designar a geração elétrica realizada junto ou próxima do(s) consumidor(es) independente da potência, tecnologia e fonte de energia. As tecnologias de GD têm evoluído para incluir potências cada vez menores. (INEE, 2010)

Sua principal vantagem são os poucos investimentos em transmissão e perdas reduzidas nos mesmos.

A GD pode ser dividida em minigeração e microgeração distribuída, podendo ser de centrais geradoras que utilizam fontes renováveis, como energia solar, eólica, biomassa entre outras. Também podendo ser de cogeração qualificada, ou seja, produção de duas ou mais formas de energia a partir de um único combustível. (BENEDITO, 2009)

2.3 Microgeração e Minigeração

Segundo a REN 482:2012, microgeração e minigeração são definidas como:

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

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

2.4 Procedimentos do Programa de Eficiência Energética

O detalhamento de todos os processos e critérios para a participação no programa de eficiência energética são apresentados nos Procedimentos do Programa de Eficiência Energética.

Módulo 1 - Introdução: Este módulo apresenta todos os fundamentos legais e objetivos do programa.

Módulo 2 - Gestão do Programa: Apresenta as diretrizes de elaboração e execução do plano de gestão do programa, se dividindo entre plano de gestão, audiência pública, marketing e divulgação.

Módulo 3 - Seleção e Implantação de Projeto: Detalha como será feita a seleção dos projetos, e também a sua implantação, sabendo que para unidades consumidoras com fins lucrativos será necessário contratos de desempenho energético.

Módulo 4 - Tipologias de Projeto: Mostra as diretrizes dos projetos mais utilizados, apresentando de forma explicativa diversas tipologias, como industrial, comércio e serviços, poder público, rural, residencial, entre outros.

Módulo 5 - Projetos Especiais: Trata sobre projetos que são considerados diferenciados dos demais, como por exemplo projetos prioritários, que tem grande relevância e/ou abrangência, projetos pilotos, que são considerados promissores por causa da sua proposta inovadora, entre outros.

Módulo 6 - Projetos com Fontes Incentivadas: Neste módulo é comentado sobre projetos com fontes incentivadas, como micro e minigerações distribuídas, se atentando para os dados do projeto, como energia economizada, redução de demanda e a descrição do projeto, os setores atendidos e a fonte incentivada utilizada.

Módulo 7 - Cálculo de Viabilidade: Estabelece as diretrizes para fazer o cálculo de viabilidade do projeto.

Módulo 8 - Medição e Verificação de Resultados: Especifica os critérios para se fazer a medição e a verificação dos resultados obtidos.

Módulo 9 - Avaliação dos Projetos e Programa: Mostra como devem ser feitas as avaliações iniciais e finais do projeto, bem como a avaliação do programa como um todo.

Módulo 10 - Controle e Fiscalização: Caracteriza como serão feitos o controle e a fiscalização dos gastos realizados em projetos do programa.

2.5 Legislação

A legislação utilizada para realizar esse trabalho se dividiu entre gerais, definidas pela própria ANEEL e a mais específica para o estado do Paraná, feita pela COPEL.

No que se diz respeito às normas da ANEEL foram utilizadas as REN 109:2004, que institui a convenção de comercialização de Energia Elétrica, e a REN 414:2010 que estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica. (ANEEL, 2010)

A REN 482:2012, e suas alterações REN 687:2015 e 786:2017, estabelecem as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, além de definir o sistema de compensação de energia elétrica. (ANEEL, 2017)

Foram consultados os módulos 2 e 3 dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST), definindo o planejamento de expansão do sistema de distribuição e o acesso ao sistema de distribuição, respectivamente. (ANEEL, 2018)

A NTC 905200, feita pela COPEL, define o acesso de micro e minigeração distribuída ao sistema de energia paranaense, formalizando os requisitos técnicos e legais para acesso de geradores de energia elétrica. (COPEL, 2014)

2.6 Sistemas Fotovoltaicos

Nesta parte do trabalho será feito uma breve descrição do funcionamento dos sistemas fotovoltaicos.

2.6.1 O Sistema

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede são uma aplicação da tecnologia solar fotovoltaica, sendo uma fonte complementar ao sistema elétrico ao qual está conectado. Segundo Benedito (2009), em termos ambientais e técnicos, esses sistemas apresentam inúmeras vantagens em relação às fontes convencionais, podendo produzir eletricidade de forma silenciosa, sem emitir poluentes e aproveitando a energia solar incidente no próprio local de instalação. A energia gerada pode ser destinada ao consumo da edificação, sendo que os excedentes podem ser injetados diretamente na rede elétrica de distribuição, não necessitando armazenamento. Existem basicamente dois tipos de sistemas: grandes centrais fotovoltaicas que geram grandes pacotes de energia de forma centralizada e um segundo tipo que gera a energia de forma descentralizada, no local de consumo (RODRÍGUEZ,2002).

Segundo Rodríguez (2002), os sistemas são normalmente utilizados para a geração local, até que o aumento de demanda de energia possa justificar a extensão da rede, sendo que os sistemas fotovoltaicos em particular se tornam candidatas ideais para atenderem os nichos de mercado que representam as áreas isoladas e o meio rural. Mesmo com as dificuldades de sua implantação, como por exemplo a grande dispersão geográfica dos consumidores; os elevados investimentos necessários à implementação de redes de distribuição e a pouca atratividade para os investidores, em razão da baixa rentabilidade dos investimentos, há uma vantagem no emprego em particular da energia solar fotovoltaica, devido à possibilidade de uso em pequena escala e de geração local, não necessitando de redes de distribuição,

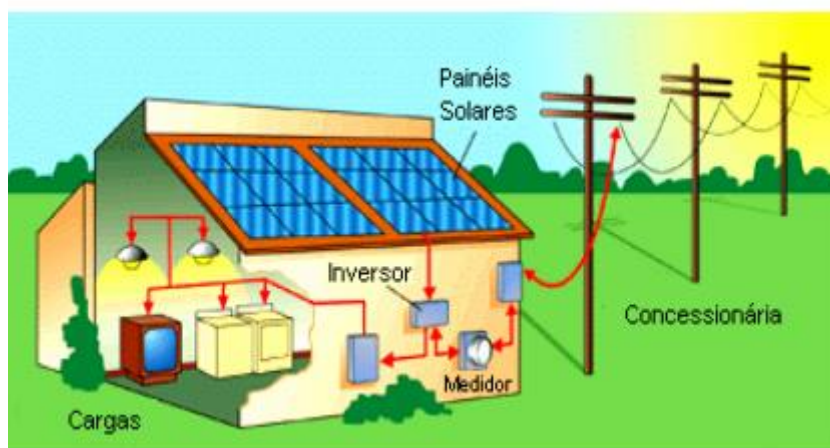
resolveria o problema de abastecimento de pequenas propriedades e comunidades isoladas (SCALAMBRINI, 2001).

No Brasil, a tecnologia fotovoltaica vem sendo, ao longo dos últimos anos, utilizadas principalmente em residências, contribuindo para a iminente popularização da energia solar fotovoltaica no País. Embora não existam dados oficiais, estima-se que, atualmente, existe ao redor de 12 MWp de potência instalada de sistemas fotovoltaicos fornecendo energia elétrica para domicílios, escolas, centros comunitários, telefonia rural e bombeamento de água no país (GOLDEMBERG, 2002).

2.6.2 Componentes

A figura 2 apresenta um esquema da configuração mais simples de um sistema fotovoltaico conectado à rede. Na figura podem-se observar os dois equipamentos básicos do sistema: gerador fotovoltaico e o inversor CC/CA, que se encarrega de transformar em CA a eletricidade CC produzida pelo gerador fotovoltaico.

Figura 2: Diagrama esquemático apresentando os principais componentes de um sistema fotovoltaico

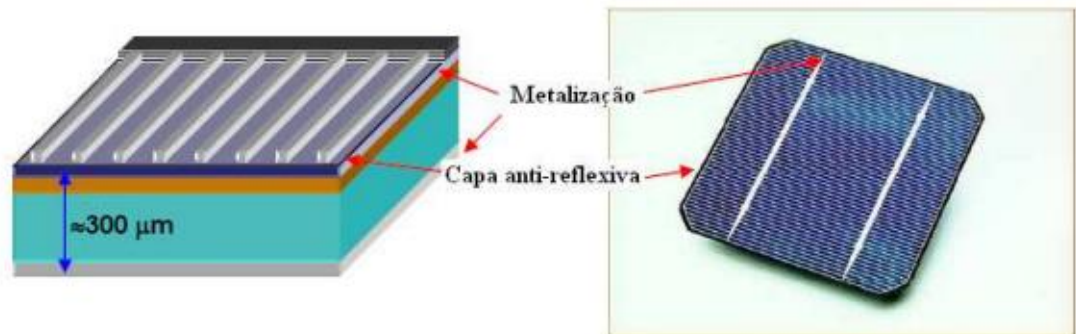


Fonte: (RODRÍGUEZ, 2002)

Módulo fotovoltaico: No módulo fotovoltaico, os painéis solares, é onde acontece a transformação de energia luminosa em energia elétrica. Essa transformação é realizada por células, de material semicondutor, capazes de produzir corrente elétrica quando expostas à luz solar. O silício (Si) é o material semicondutor

mais utilizado para a confecção de células fotovoltaicas. Outros materiais também são utilizados, como o Arseneto de Gálio e o Germânio, porém seu elevado valor econômico restringe sua utilização a aplicações onde o custo não é relevante, como em projetos espaciais (MARTÍN; AGUILERA, 2005).

Figura 3: Esquema básico e fotografia de uma célula comercial



Fonte: (MARTÍN; AGUILERA, 2005)

Gerador fotovoltaico: É caracterizado por sua potência nominal, definida nas condições padrão de teste – STC18, e seu valor é dado em Watts pico (Wp). Não obstante, merece ser ressaltado que a potência real, entregue pelos módulos, em geral encontra-se 5% a 10% abaixo do que anunciam os catálogos dos fabricantes (CAMARGO, 2000; LORENZO, 2002a), diminuindo, por conseguinte, a produção energética unitária dos SFCR, ou seja, os kWh produzidos por kW pico.

Inversor CC/CA: Este é um dispositivo eletrônico responsável pela conversão da tensão contínua, fornecida pelos módulos fotovoltaicos, em alternada. Normalmente, trabalham com tensões contínuas de 12, 24, 48 ou 120VCC na entrada e 120/127 ou 220 VCA na saída em frequência de 50 ou 60 Hz.

A tecnologia fotovoltaica possui uma coleção única de benefícios, tanto energéticos quanto não-energéticos (“valor adicionado”), e não pode ser avaliada exclusivamente em função do custo do kWh gerado. Porém, esta prática é ainda vigente e os seus custos de geração ainda são elevados em relação às opções convencionais de geração centralizada com combustíveis fósseis ou nuclear.

2.7 Sustentabilidade

A sustentabilidade vem ganhando muito espaço no mundo contemporâneo, empresas, pessoas e governos passaram a ter uma visão a longo prazo e se preocupar com o meio em que vivem.

A visão verde está presente em vários setores, desde a supermercados que trocaram as antigas sacolas plásticas, até programas governamentais executados pelo Ministério do Meio Ambiente.

Quando o assunto é energia limpa existem incentivos do Governo Federal, como o Programa de Geração Distribuída (ProGD) que tem como premissa incentivar a produção de energia renovável, isso remete a uma visão sustentável, que além de influenciar o uso de energia limpa ajuda a aliviar o sistema nacional gerador de energia elétrica. (MME, 2015)

2.8 Orçamento da UTFPR

Conforme a Lei Orçamentária Anual (LOA) de 2018, o orçamento de todos os Campus da UTFPR foi de R\$ 950.447.259,00 representado na tabela 1.

Tabela 1 – Orçamento Lei Orçamentária Anual 2018 resumido

LOA 2018		Valor (R\$)	
	Assistência Médica	11.467.200,00	
Benefícios	Benefícios	26.812.106,00	38.423.306,00
	Obrigatórios		
	Auxílio Moradia	144.000,00	
Pessoal	Folha de Pagamento	551.447.444,00	
	Previdência do		
	Servidor	110.858.854,00	756.473.006,00
	Aposentadorias	87.259.705,00	
	Sentenças Judiciais	6.907.303,00	
	Custeio	97.021.183,00	106.249.041,00
Tesouro	Investimento	9.227.858,00	
PNAES	Custeio	19.516.480,00	19.516.480,00
Incluir	Custeio	127.161,00	127.161,00
PROMISAES	Custeio	82.104,00	82.104,00
Idiomas sem Fronteiras	Custeio	36.000,00	36.000,00
Pasep	Custeio	95.275,00	95.275,00
ANDIFES	Custeio	64.000,00	64.000,00
Fonte 8250	Custeio	4.414.156,00	7.414.826,00
	Investimento	3.000.670,00	
Fonte 8263	Custeio	13.190,00	13.190,00
Fonte 8280	Custeio	981.440,00	981.440,00
Fonte 2881	Custeio	471.430,00	971.430,00
	Investimento	500.000,00	
Emenda	Investimento	20.000.000,00	20.000.000,00
Total 2018 (R\$)			950.447.259,00

Fonte: Deliberação Número 04/2018, de 22 de março de 2018(UTFPR, 2018).

Um dos pontos que serão tratados nesse projeto é o quanto do orçamento da Universidade seria utilizado para o investimento no sistema fotovoltaico, deixando claro que apenas parte de investimento que seria considerada para essa análise, que no caso é de R\$ 9.227.858,00.

3. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO DO SISTEMA DE MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA

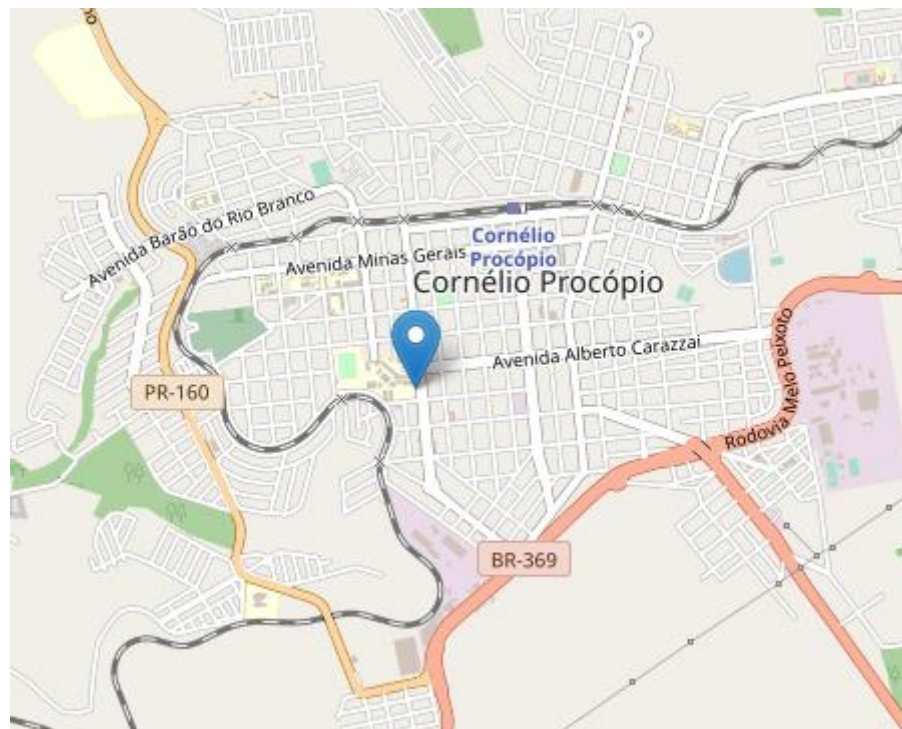
3.1 Dados da UTFPR-CP

O primeiro passo para o dimensionamento do sistema foi a aquisição dos dados da Universidade, como o objetivo principal seria instalar o sistema no estacionamento foram obtidos os valores de latitude e longitude para essa localização.

Para isso foi utilizado o site Map Coordinates, que a partir do endereço do estacionamento, rua Santos Dumont, foi encontrado os valores das coordenadas. (MAPCORDINATES, 2018)

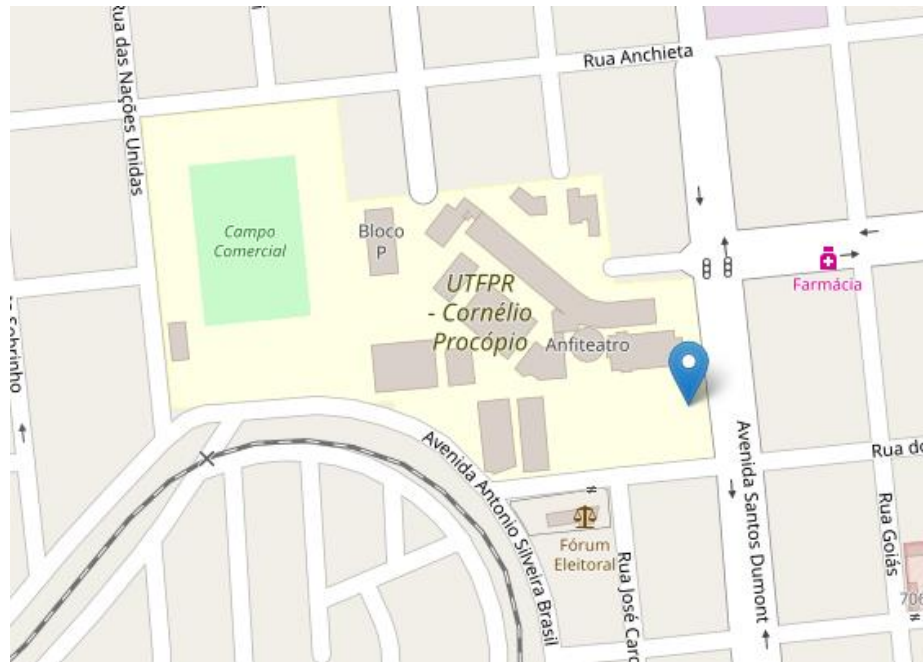
As figuras 4 a 6 mostram como funciona a ferramenta do site, onde foi escolhido a cidade de Cornélio Procópio e ajustado para a localização do estacionamento.

Figura 4: Cornélio Procópio localizada no mapa



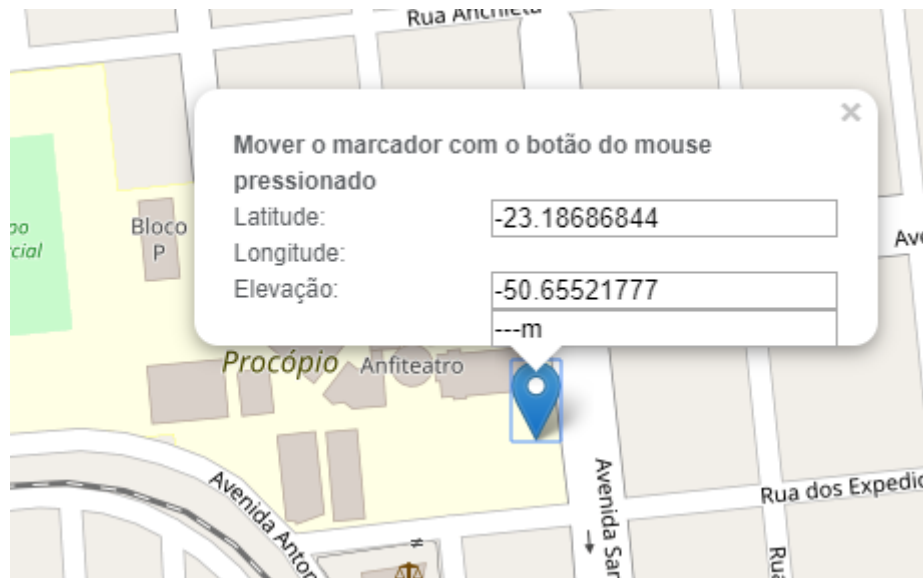
Fonte: Ferramenta do site Map Coordinates (MAPCORDINATES, 2018)

Figura 5: UTFPR-CP localizada no mapa



Fonte: Ferramenta do site Map Coordinates (MAPCORDINATES, 2018)

Figura 6: Coordenadas encontradas para o estacionamento



Fonte: Ferramenta do site Map Coordinates (MAPCORDINATES, 2018)

Logo a latitude e longitude utilizadas foram -23,186 e -50,655, respectivamente.

Após isso foi analisado a área disponível no estacionamento, utilizando o Google Maps, a área total encontrada é apresentada na figura 7.

Figura 7: Vista de satélite do estacionamento da UTFPR-CP



Fonte: Google Maps

Observando o estacionamento constatou-se que ele é composto por 4 setores, representadas nas figuras 8 e 9, possuindo em média 500 m², com um total de 2,133.52 m².

Figura 8: Setores 1 e 2, juntamente com suas respectivas áreas



Fonte: Google Maps

Figura 9: Setores 3 e 4, juntamente com suas respectivas áreas



Fonte: Google Maps

O próximo passo foi analisar os dados de consumo da Universidade, para isso foi observado uma conta de energia elétrica e feita a tabela 2, notando que os valores cedidos são do período de agosto de 2016 até julho de 2017.

Deixando claro que a UTFPR-CP se enquadra no subgrupo A4 da COPEL, possuindo uma tarifa especial que se refere ao poder público federal, tal tarifa está evidenciada na figura 10.

Figura 10: Tarifa que a UTFPR-CP está sujeita em 2018

Tarifa Horária AZUL	Resolução ANEEL Nº 2.402, de 19 de junho de 2018	
A4 (2,3 a 25 kV)		
Tarifas	Resolução ANEEL	com Impostos: ICMS e PIS/COFINS
Demanda (R\$/kW)		
Ponta	32,44	49,15
Fora de Ponta	14,60	22,12
Ultrapassagem Ponta	64,88	98,30
Ultrapassagem Fora de Ponta	29,20	44,24
Consumo (R\$/kWh)		
Ponta	0,49673	0,75262
Fora de Ponta	0,33511	0,50774
Vigência em 24/06/2018		

Fonte: Site da COPEL, área de tarifas (COPEL, 2018)

Tabela 2 – Média de consumo mensal da UTFPR-CP

Meses	Consumo Total (kWh)	Consumo de ponta (kWh)	Consumo fora de ponta (kWh)
Agosto/2016	47,049	4,350	42,699
Setembro/2016	67,388	9,953	57,435
Outubro/2016	60,793	9,148	51,645
Novembro/2016	76,794	9,439	67,355
Dezembro/2016	64,003	9,139	54,864
Janeiro/2017	40,776	2,612	38,164
Fevereiro/2017	32,110	3,036	29,074
Março/2017	68,474	7,177	61,297
Abril/2017	69,750	11,650	58,100
Mai/2017	60,747	8,562	52,185
Junho/2017	64,469	10,372	54,097
Julho/2017	40,634	6,788	33,846
Média Consumo	57,748	7,685	50,846

Fonte: Autoria Própria

Com o método utilizado em Tiepolo (2015), foi feito o dimensionamento do projeto.

A potência instalada é calculada pela equação 1. (TIEPOLO; J; CANGIOLIERI, 2013)

$$ENERGIA = \frac{POT_{SIST} \cdot IRRAD_{MED} \cdot TAXA_{DESEMP}}{G_{STC}} \quad (1)$$

Destacando que POT_{SIST} é a potência total do sistema, $IRRAD_{MED}$ a irradiação diária média, $TAXA_{DESEMP}$ a taxa de desempenho do sistema e G_{STC} a irradiância solar na STC, que seria as condições padrões de teste, 1000 W/m^2 , temperatura ambiente de 25 graus Celsius e massa de ar de 1.5

Isolando o termo da potência total do sistema chega-se na equação 2, permitindo que seja calculado a potência que deveria ser instalada.

$$POT_{SIST} = \frac{ENERGIA.G_{STC}.POT_{SIST}}{IRRAD_{MED}.TAXA_{DESEMP}} \quad (2)$$

Sabendo que a energia diária pode ser encontrada pela equação 3.

$$ENERGIA_{DIÁRIA} = \frac{CONSUMO_{MENSAL} \cdot 12}{365} \quad (3)$$

A média de consumo da Universidade é 57,748 kWh, a média diária será kWh/dia.

Por fim foi calculado a potência instalada, considerando uma taxa de desempenho de 80%, segundo Tiepolo (2013), encontrando o valor de 494.43 kWp.

Considerando os estudos apresentados em Urbanetz (2014), cada 1kWp equivale a necessidade de uma área de 7 m² de painéis solares. A partir de uma simples regra de três foi constatado que seria necessária uma área de 3460.99 m².

Tendo em vista que a área necessária para suprir o consumo da universidade fica evidente que isso não seria possível, pois a área disponível no estacionamento é de no máximo 2,133.52 m².

Foram considerados dois cenários para fazer a instalação do sistema, apenas no estacionamento principal, setor 1, em uma área de 500 m², e a instalação em uma área de 1,027,36 m², que seria a utilização de 2 setores, como mostrado na figura 8.

Esses valores de sistema foram encontrados a partir de uma simulação feita no site da empresa NeoSolar (2018), a figura 11 e 12 mostram como é essa ferramenta no site da NeoSolar, sendo primeiramente necessário informar se o local possui acesso à rede elétrica, a localidade da instalação e o valor da sua conta de energia elétrica.

Figura 11: Primeira etapa do Simulador Solar da NeoSolar

SIMULADOR SOLAR - CALCULADORA SOLAR FOTOVOLTAICA

1. O LOCAL POSSUI ACESSO À REDE ELÉTRICA?

SIM NÃO

2. ONDE PRETENDE REALIZAR A INSTALAÇÃO?

ESTADO CIDADE

Fonte: Site da NeoSolar, simulador (NEOSOLAR, 2018)

Figura 12: Escolha do tipo de local e o valor da conta de energia

3. QUAL O TIPO DE LOCAL?

RESIDENCIAL EMPRESARIAL OUTRO

4. QUANTO VOCÊ PAGA EM ENERGIA NO MÊS?
(VOCÊ PODE MOVER A BARRA COM O MOUSE OU CLICAR E EDITAR O VALOR)

R\$7550

RESULTADO

Fonte: Site da NeoSolar, simulador (NEOSOLAR, 2018)

A fim de exemplificar como foi encontrado os resultados para a UTFPR-CP as figuras 13 a 15 mostram o resultado da simulação para o cenário 1, com um sistema instalado em uma área de 500 m².

Figura 13: Investimento necessário resultado da simulação, para o exemplo



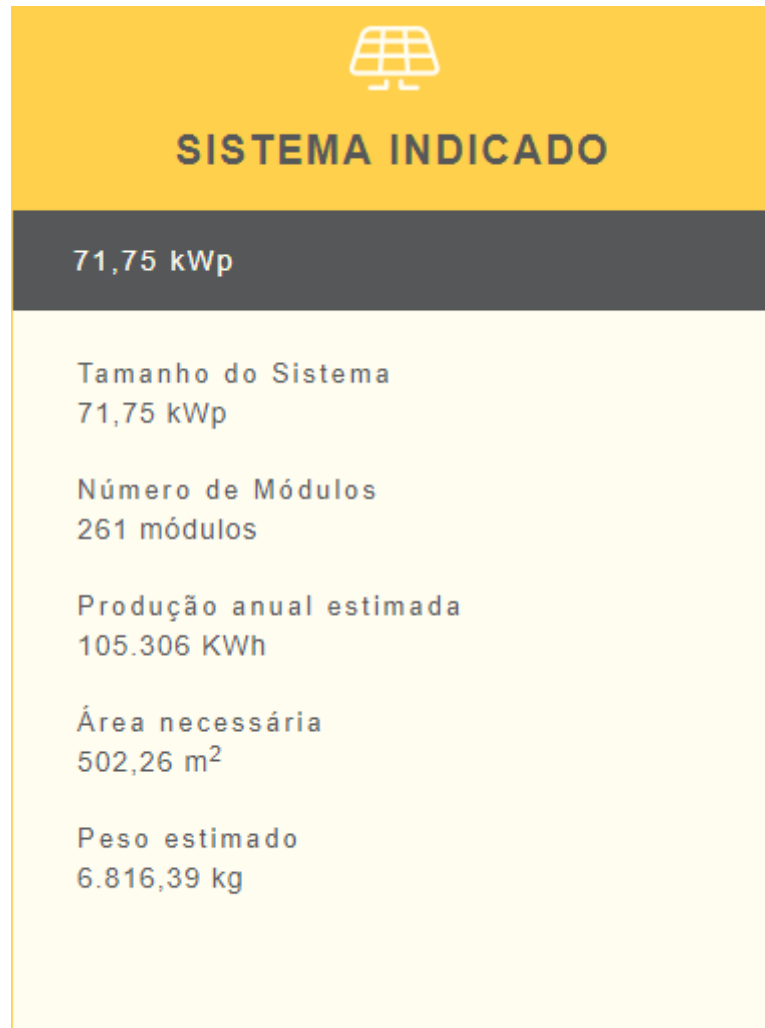
Fonte: Site da NeoSolar, simulador (NEOSOLAR, 2018)

Figura 14: Estimativa Ambiental da simulação, para o exemplo



Fonte: Site da NeoSolar, simulador (NEOSOLAR, 2018)

Figura 15: Sistema indicado para a situação do exemplo citado



Fonte: Site da NeoSolar, simulador (NEOSOLAR, 2018)

3.1.1 Cenário 1: Uma área estimada de 500 m²

Para o sistema do cenário 1 o resultado foi o seguinte:

- Economia mensal prevista de R\$ 4,500.00.
- Geração mensal prevista de 8,654.09 kWh.
- Um sistema de 73.18 kWp.
- 266 módulos solares.
- Uma área requisitada de 495.33 m².
- Investimento de R\$ 481,177.95 a R\$ 735,919.22

Notando que segundo Tiepolo, (TIEPOLO; J; CANGIOLIERI, 2013), o tamanho do sistema não pode ser superior a demanda contratada, com a intenção de evitar gastos extras no projeto, devido a adequação, dessa forma como a demanda contratada pela UTFPR-CP é de 240 kW, informação retirada da conta de energia elétrica da Universidade, o cenário 1 não teria problemas com isso.

3.1.2 Cenário 1: Uma área estimada de 1,027.36 m²

Para o sistema do cenário 2 o resultado foi o seguinte:

- Economia mensal prevista de R\$ 9,000.00.
- Geração mensal prevista de 18,058.00 kWh.
- Um sistema de 146.75 kWp.
- 534 módulos solares.
- Uma área requisitada de 1,027.36 m².
- Investimento de R\$ 1,223,671.96 a R\$ 1,871,498.30

Novamente foi constatado que o cenário 2 não teria problemas com a demanda contratada pela UTFPR-CP.

3.1.3 Geração dos sistemas

Utilizando os dados de irradiação retirados do Atlas Brasileiro de Energia Solar para a cidade de Cornélio Procópio, e a partir da equação 4 é possível calcular o quanto cada sistema gerará de energia nos diferentes meses. (PEREIRA, 2017)

$$ENERGIA_{GERADA} = POT_{SIST} \cdot IRRAD_{MENSAL} \cdot 30 \cdot TAXA_{DESEMP} \quad (4)$$

Sendo POT_{SIST} a potência do sistema, $IRRAD_{MENSAL}$ a irradiação média para aquela mês, 30 se referindo a 30 dias e $TAXA_{DESEMP}$ a taxa de desempenho do sistema. Com isso foi calculado a energia gerada para cada um dos cenários e feitas as tabelas 3 e 4.

Tabela 3 – Energia gerada para os meses selecionados no cenário 1

Meses	Irradiação Mensal	Energia Gerada (kWh)
Agosto/2016	5.64	9,578.07
Setembro/2016	4.40	7,463.76
Outubro/2016	4.51	7,657.36
Novembro/2016	4.99	8,465.73
Dezembro/2016	5.33	9,055.02
Janeiro/2017	4.73	8,032.68
Fevereiro/2017	5.03	8,538.75
Março/2017	4.82	8,185.52
Abril/2017	5.01	8,504,79
Mai/2017	4.27	7,253.18
Junho/2017	4.36	7,404.33
Julho/2017	4.52	7,681.14

Fonte: Autoria Própria

Tabela 4 – Energia gerada para os meses selecionados no cenário 2

Meses	Irradiação Mensal	Energia Gerada (kWh)
Agosto/2016	5.64	19,864.08
Setembro/2016	4.40	15,479.19
Outubro/2016	4.51	15,880.70
Novembro/2016	4.99	17,557.17
Dezembro/2016	5.33	18,779.30
Janeiro/2017	4.73	16,659.06
Fevereiro/2017	5.03	17,708.62
Março/2017	4.82	16,976.04
Abril/2017	5.01	17,638.18
Mai/2017	4.27	15,042.46
Junho/2017	4.36	15,355.92
Julho/2017	4.52	15.930,01

Fonte: Autoria Própria

3.1.4 Aumento da tarifa de energia elétrica com o tempo

O aumento da tarifa é um ponto importante quando se pensa em quantidade de energia que iria ser gasta. Segundo Toyama (2014), a previsão de aumento da tarifa de energia é de 8.5 % ao ano, devido a incapacidade dos sistemas geradores de acompanharem o crescimento de energia, logo tendo como base os valores da tarifa apresentados na figura 8, e com o auxílio da função VF do editor de planilhas Excel, que calcula o valor final de um período calculando os juros compostos, foi feita a tabela 5 com os valores estimados de tarifa.

Tabela 5 – Estimativa de aumento da tarifa, com uma inflação de 8%

Ano	Tarifa(R\$/kWh)	Ano	Tarifa(R\$/kWh)
2018	0.507	2028	1.146
2019	0.550	2029	1.244
2020	0.597	2030	1.349
2021	0.648	2031	1.464
2022	0.703	2032	1.589
2023	0.762	2033	1.724
2024	0.827	2034	1.870
2025	0.897	2035	2.029
2026	0.974	2036	2.202
2027	1.057	2037	2.389

Fonte: Aatoria Própria

3.1.5 Custos de manutenção do sistema

De acordo com o site da NeoSolar o custo referente a manutenção anual fica entre a 0.5 % a 1% do custo total do sistema, dessa forma para esse projeto foi considerado um custo de manutenção de 0.75 % para os dois cenários apresentados anteriormente. (NEOSOLAR, 2015)

Como a simulação feita para cada um dos casos os valores de investimento tinham seus valores máximo e mínimo foi considerado uma média para um dos cenários:

R\$ 608,548.59 para o cenário 1.

R\$ 1,547,585.13 para o cenário 2.

Nas tabelas 6 e 7 estão descritos os custos anuais de manutenção e o valor acumulado até cada ano, novamente com o auxílio da função VF do Excel e considerando uma inflação 8% sobre o valor do ano anterior.

Notando que conforme fala a empresa NeoSolar é recomendado a troca dos inversores depois de um período de 10 a 15 anos, devido a isso depois de 12 anos foi considerado o custo da troca dos inversores.

Tabela 6 – Custos de manutenção anual e acumulado para o cenário 1

Ano	Custo anual (R\$)	Custo acumulado (R\$)
2018	4,564.11	4,564.11
2019	4,929.24	9,493.35
2020	5,323.58	14,816.93
2021	5,749.46	20,566.39
2022	6,209.42	26,775.81
2023	6,706.17	33,481.99
2024	7,242.67	40,724.66
2025	7,822.08	48,546.74
2026	8,447.85	56,994.59
2027	9,123.68	66,118.26
2028	9,853.57	75,971.84
2029	10,641.86	86,613.69
2030	111,493.21	198,106.90
2031	12,412.66	210,519.56
2032	13,405.67	223,925.23
2033	14,478.13	238,403.36
2034	15,636.38	254,039.74
2035	16,887.29	270,927.03
2036	18,238.27	289,165.30
2037	19,697.33	308,862.64

Fonte: Aatoria Própria

Tabela 7 – Custos de manutenção anual e acumulado para o cenário 2

Ano	Custo anual (R\$)	Custo acumulado (R\$)
2018	11,606.89	11,606.89
2019	12,535.44	24,142.33
2020	13,538.28	37,680.61
2021	14,621.34	52,301.95
2022	15,791.05	68,092.99
2023	17,054.33	85,147.32
2024	18,418.68	103,566.00
2025	19,892.17	123,458.17
2026	21,483.54	144,941.71
2027	23,202.23	168,143.94
2028	25,058.40	193,202.34
2029	27,063.08	220,265.42
2030	211,493.21	431,758.62
2031	31,566.37	463,325.00
2032	34,091.68	497,416.68
2033	36,819.02	534,235.70
2034	39,764.54	574,000.24
2035	42,945.70	616,945.94
2036	46,381.36	663,327.30
2037	50,091.87	713,419.17

Fonte: Autoria Própria

3.1.6 Diminuição do rendimento dos módulos com o tempo

Os módulos fotovoltaicos possuem uma vida útil de 25 anos e considerando uma perda de eficiência de 0.65 % de rendimento ao ano, logo juntamente com tal perda de eficiência e a mudança nas tarifas de energia elétrica é possível estimar o quanto de energia deixaria de ser paga anualmente.

A energia gerada utilizada foi baseada nos dados da tabela 3, como nessa tabela são informados os valores estimados de geração de energia em cada mês do ano foi feita uma simples média, dessa forma chegou-se a conclusão que o sistema do cenário 1 geraria em média 8,119.59 kWh por mês e o do cenário 2 16,994.61 kWh.

Com essas médias para calcular o valor anual foi necessário apenas fazer a multiplicação por 12, devido aos 12 meses do ano.

Os valores encontrados foram de 97,435.13 kWh e 203,935.33 kWh gerados anualmente para o cenário 1 e 2, respectivamente. Por fim para saber o valor economizado é necessário apenas multiplicar a energia gerada pelo valor da tarifa do respectivo ano, que são apresentadas na tabela 5.

Esses dados estão presentes nas tabelas 8 e 9, atualizados conforme a perda na eficiência das placas, anteriormente comentada.

Tabela 8 – Valor economizado para o cenário 1

Ano	Energia gerada (kWh)	Economia (R\$)
2018	97,435.13	53,598.58
2019	96,801.81	57,776.46
2020	96,172.59	62,279.99
2021	95,547.47	67,134.56
2022	94,926.41	72,367.53
2023	94,309.39	78,008.39
2024	93,696.38	84,088.95
2025	93,087.35	90,643.48
2026	92,482.29	97,708.91
2027	91,881.15	105,325.07
2028	91,283.92	113,534.90
2029	90,690.58	122,384.66
2030	90,101.09	131,924.24
2031	89,515.43	142,207.41
2032	88,933.58	153,292.12
2033	88,355.51	165,240.85
2034	87,781.20	178,120.97
2035	87,210.63	192,005.05
2036	86,643.76	206,971.36
2037	86,080.57	223,104.26
Total nos 20 anos	1,832,936.27	2,397,717.73

Fonte: Autoria Própria

Tabela 9 – Valor economizado para o cenário 2

Ano	Energia gerada (kWh)	Economia (R\$)
2018	203,935.33	112,183.81
2019	202,609.75	120,928.25
2020	201,292.79	130,354.31
2021	199,984.38	140,515.10
2022	198,684.49	151,467.90
2023	197,393.04	163,274.45
2024	196,109.98	176,001.28
2025	194,835.27	189,720.14
2026	193,568.84	204,508.35
2027	192,310.64	220,449.27
2028	191,060.62	237,632.73
2029	189,818.73	256,155.61
2030	188,584.91	276,122.30
2031	187,359.10	297,645.34
2032	186,141.27	320,846.06
2033	184,931.35	345,855.20
2034	183,729.30	372,813.75
2035	182,535.06	401,873.65
2036	181,348.58	433,198.70
2037	180,169.81	466,965.45
Total nos 20 anos	3,836,403.24	5,018,511.66

Fonte: Autoria Própria

3.1.7 Tempo de retorno de investimento

O tempo de retorno de investimento seria quanto tempo o sistema levaria para retornar o valor investido inicialmente, em outras palavras em quanto tempo ele se pagaria.

Com o auxílio do Excel e os dados calculados anteriormente foi possível calcular o tempo de retorno dos projetos nos dois cenários, a premissa foi bem simples. Foi considerado o saldo inicial, que seria o valor investido no projeto, seu custo de manutenção e sua economia gerada.

O caixa começaria negativo devido ao investimento inicial e seria somado com o montante positivo da energia economizada, além disso também foi considerado o custo de manutenção ao final de cada ano.

Tomando o cenário 1 como exemplo, o caixa começaria com - R\$ 608,548.59, ao final do ano de 2018 seria acrescido a energia gerada desse ano de R\$ 53,598.58 e descontado o valor de - R\$ 4,564.11 que se refere a manutenção daquele ano, resultando em - R\$ 559,514.12 nesse ano, após isso a mesma lógica vai sendo implementada para saber a situação financeira ao final de cada ano.

As tabelas 10 e 11 mostram tais resultados para os dois cenários.

Tabela 10 – Caixa da UTFPR-CP durante o período de 20 anos, para o cenário 1

Ano	Economia (R\$)	Manutenção (R\$)	Caixa anual (R\$)
Inicial	0	0	- 608,548.59
2018	53,598.58	- 4,564.11	- 559,514.12
2019	57,776.46	- 4,929.24	- 506,666.90
2020	62,279.99	- 5,323.58	- 449,710.49
2021	67,134.56	- 5,749.46	- 388,325.40
2022	72,367.53	- 6,209.42	- 322,167.30
2023	78,008.39	- 6,706.17	- 250,865.08
2024	84,088.95	- 7,242.67	- 174,018.80
2025	90,643.48	- 7,822.08	- 91,197.40
2026	97,708.91	- 8,447.85	- 1,936.34
2027	105,325.07	- 9,123.68	94,265.05
2028	113,534.90	- 9,853.57	197,946.38
2029	122,384.66	- 10,641.86	309,689.19
2030	131,924.24	- 111,493.21	330,120.22
2031	142,207.41	- 12,412.66	459,914.97
2032	153,292.12	- 13,405.67	599,801.41
2033	165,240.85	- 14,478.13	750,564.13
2034	178,120.97	- 15,636.38	913,048.72
2035	192,005.05	- 16,887.29	1,088,166.48
2036	206,971.36	- 18,238.27	1,276,899.57
2037	223,104.26	- 19,697.33	1,480,306.50

Fonte: Autoria Própria

Tabela 11 – Caixa da UTFPR-CP durante o período de 20 anos, para o cenário 2

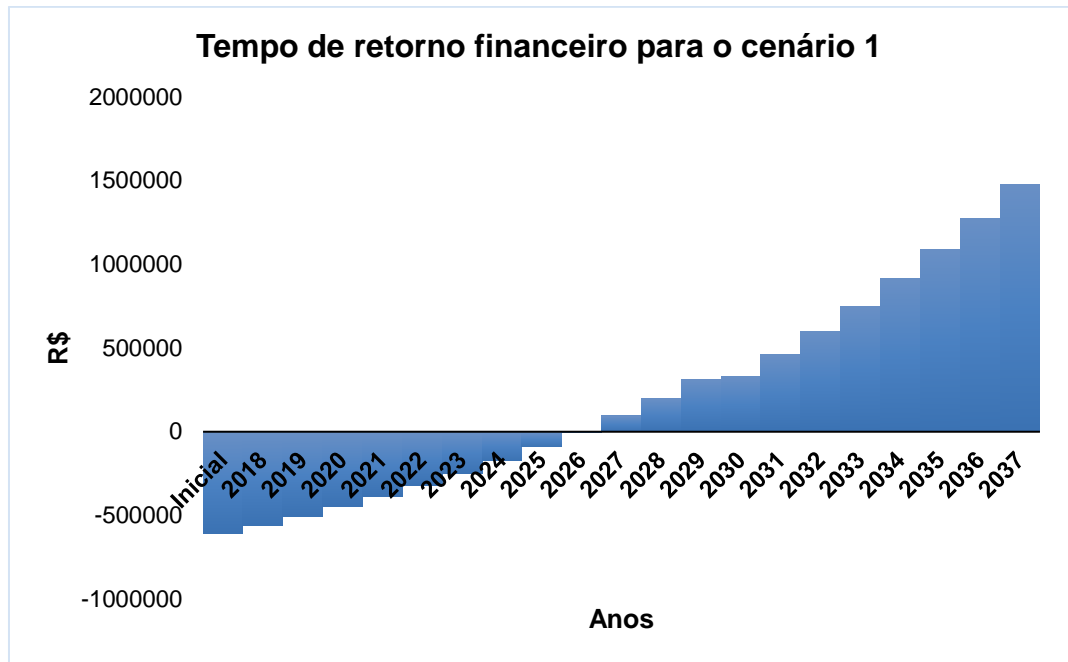
Ano	Economia (R\$)	Manutenção (R\$)	Caixa anual (R\$)
Inicial	0	0	-R\$ 1,547,585.13
2018	112,183.81	-R\$ 11,606.89	-R\$ 1,447,008.21
2019	120,928.25	-R\$ 12,535.44	-R\$ 1,338,615.40
2020	130,354.31	-R\$ 13,538.28	-R\$ 1,221,799.37
2021	140,515.10	-R\$ 14,621.34	-R\$ 1,095,905.61
2022	151,467.90	-R\$ 15,791.05	-R\$ 960,228.75
2023	163,274.45	-R\$ 17,054.33	-R\$ 814,008.64
2024	176,001.28	-R\$ 18,418.68	-R\$ 656,426.03
2025	189,720.14	-R\$ 19,892.17	-R\$ 486,598.06
2026	204,508.35	-R\$ 21,483.54	-R\$ 303,573.25
2027	220,449.27	-R\$ 23,202.23	-R\$ 106,326.22
2028	237,632.73	-R\$ 25,058.40	R\$ 106,248.11
2029	256,155.61	-R\$ 27,063.08	R\$ 335,340.65
2030	276,122.30	-R\$ 211,493.21	R\$ 399,969.74
2031	297,645.34	-R\$ 31,566.37	R\$ 666,048.72
2032	320,846.06	-R\$ 34,091.68	R\$ 952,803.09
2033	345,855.20	-R\$ 36,819.02	R\$ 1,261,839.27
2034	372,813.75	-R\$ 39,764.54	R\$ 1,594,888.49
2035	401,873.65	-R\$ 42,945.70	R\$ 1,953,816.44
2036	433,198.70	-R\$ 46,381.36	R\$ 2,340,633.77
2037	466,965.45	-R\$ 50,091.87	R\$ 2,757,507.36

Fonte: Autoria Própria

Com as tabelas 10 e 11 foi feito os gráficos das figuras 16 e 17 para ilustrar o tempo de retorno do investimento para cada cenário e quando cada um se pagaria e começaria a dar um retorno positivo.

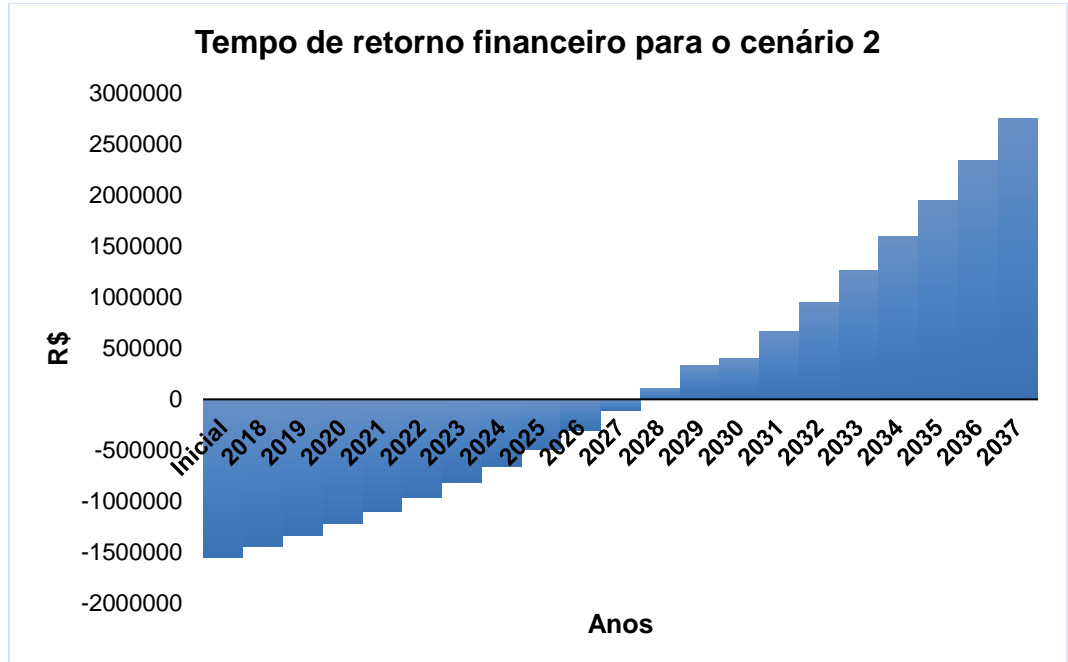
Esses gráficos foram feitos utilizando o caixa no final de cada ano. Observando os valores das tabelas e os gráficos nota-se que o sistema do cenário 1 se paga em aproximadamente 9 anos e o do cenário 2 em 10 anos

Figura 16: Sistema indicado para a situação do exemplo citado



Fonte: Autoria própria

Figura 17: Sistema indicado para a situação do exemplo citado



Fonte: Autoria própria

3.1.8 Considerações finais

Uma comparação dos dois projetos foi feita, com o fim de ilustrar os seus pontos positivos e negativo em relação ao outro, como por exemplo o projeto 1 tem um investimento menor, mas também possui um retorno menor, já o projeto 2 traz um retorno mais interessante, mas seu custo com manutenção também é maior.

Foi feita a relação do custo de cada projeto com o orçamento que a UTFPR teve para investimentos no ano de 2018, notando que o orçamento é a instituição como um todo, englobando todos os seus Câmpus, sendo necessário uma análise detalhada sobre a parte que seria enviada para o campus de Cornélio Procópio.

A tabela 12 é composta de:

Investimento Inicial: o valor custo inicial para implementar cada um dos projetos;

Área Necessária: A área que seria requisitada para cada projeto;

Tempo de Retorno: O tempo que cada projeto levaria para se pagar e começar a gerar retorno;

Potência do Sistema: A potência do sistema em questão;

Economia Anual Média: Baseada nos valores apresentados nas tabelas 8 e 9, é a economia gerada pelo sistema atuando durante um ano, lembrando que esse valor pode variar devido a tarifa;

Parcela do Orçamento: A porcentagem do orçamento de investimentos da UTFPR que deveria ser destinada para implementar cada um dos sistemas apresentados.

Tabela 12 – Comparação final entre os cenários discutidos

	Cenário 1	Cenário 2
Investimento Inicial (R\$)	608,548.59	1,547,585.13
Área Necessária (m ²)	495.33	1,027.36
Tempo de Retorno (anos)	9	10
Potência do Sistema (kWp)	73.18	146.75
Economia Anual Média (R\$)	53,598.58	112,183.81
Parcela do Orçamento (%)	6.6	16.8

Fonte: Autoria Própria

Fica claro que os dois cenários se mostraram promissores, no entanto é necessário realizar o orçamento para a estrutura do estacionamento, que para os fins desse trabalho não foi considerada, e o seu custo pode influenciar demasiadamente o custo de todo projeto.

Além do aspecto financeiro é importante notar que a utilização de uma energia mais limpa como a solar traria diversos retornos para a UTFPR-CP, como prestígio por pensar ao longo prazo e ter uma visão sustentável, reconhecimento do Governo Federal que incentiva o desenvolvimento sustentável, ser o exemplo para toda a sua comunidade, podendo até influenciar outras empresas ou pessoas a tomarem essa mesma decisão.

Por fim, é importante deixar claro que a possibilidade de se utilizar outros pontos da UTFPR-CP para a instalação de placas fotovoltaicas, como telhados ou outras coberturas, no entanto para esse trabalho foi focado na possibilidade de instalação no estacionamento.

REFERÊNCIAS

ABINEE. **Propostas para inserção de Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira**. São José dos Campos - Brasil: ABINEE – Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica, 2012.

ANEEL. **REN 414: Estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica de forma atualizada e consolidada**. Brasília, 2010.

ANEEL. **REN 482: Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências**. Brasília, 2012.

ANEEL. **REN 687: Altera a resolução normativa número 482, de 17 de abril de 2012, e os módulos 1 e 3 dos procedimentos de distribuição - PRODIST**. Brasília, 2015.

ANEEL. **Micro e minigeração distribuída: sistema de compensação de energia elétrica**. Cadernos Temáticos ANEEL. Brasília, 2016.

ANEEL. **REN 786: Altera a resolução normativa número 482, de 17 de abril de 2012**. Brasília, 2017.

ANEEL. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional**. Brasília – Brasil: ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica, 2018.

BENEDITO, Ricardo Silva. **Caracterização da geração distribuída de eletricidade por meio de sistemas fotovoltaicos conectados à rede, no Brasil, sob os aspectos técnico, econômico e regulatório**. 2009. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, 2009.

CAMARGO, J. **Medidas do Potencial Fotovoltaico na Região das Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari**. 2000. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas.

CCEE. **CCEE História da CCEE e do setor elétrico brasileiro**. 2017. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/quem-somos/historia>. Acesso em: 06 de dezembro, 2018.

COPEL. **NTC 905200: Acesso de micro e minigeração distribuída ao sistema da COPEL**. Curitiba, 2014.

COPEL. **Tarifa Horário Azul – subgrupo A4**. 2018. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F5d546c6fdeabc9a1032571000064b22e%2F566327c0dbad85e50325768f006950d5>>. Acesso em: 06 de dezembro, 2018.

FILHO, Winso P. B.; AZEVEDO, Abílio C. S. Impactos ambientais em usinas eólicas. In: **Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural – AGRENER GD 2013**. [S.l.: s.n.], 2013.

GOLDEMBERG, J. **The Brazilian Energy Initiative**: World Summit on Sustainable Development Johannesburg, South Africa, 2002

INEE. **O que é Geração Distribuída**. 2010. Disponível em: < http://www.inee.org.br/forum_ger_distrib.asp>. Acesso em: 06 de dezembro, 2018.

LORENZO, E. **La Energía que Producen Los Sistemas Fotovoltaicos Conectados a la Red: El Mito del 1300 y el Cascabel del Gato**. Era Solar, Número 107, Março/Abril 2002^a, pp 22-28. Instituto de Energia Solar, Universidad Politécnica de Madrid.

MAPCOORDINATES. **Google Maps encontrar coordenadas facilmente**. Disponível em: < <http://www.mapcoordinates.net/pt> >. Acesso em: 06 de dezembro, 2018.

MME. **Brasil lança Programa de Geração Distribuída com destaque para energia solar**. Disponível em: < http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/programa-de-geracao-distribuida-preve-movimentar-r-100-bi-em-investimentos-ate-2030 >. Acesso em: 06 de dezembro, 2018.

MARTÍN, E. C.; AGUILERA, M. Á. E. **Edifícios fotovoltaicos conectados a la red eléctrica: características y posibilidades energéticas**. In: **Master em Domótica 2005**. Madrid:Universidad Politécnica de Madrid, 2005. Disponível em: <http://www.ies-def.upm.es/ESF_arquitectos/MasterCEDINT6.pdf>. Acesso em: 06 dez 2018

NAKABAYASHI, Renny. **Microgeração fotovoltaica no Brasil: condições atuais e perspectivas futuras**. 2014. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, 2014.

NEOSOLAR. **Guia prático de Energia Solar Fotovoltaica**. São Paulo, 2015.

NEOSOLAR. **Simulador solar – Calculadora Solar Fotovoltaica**. 2018. Disponível em: < <https://www.neosolar.com.br/simulador-solar-calculadora-fotovoltaica>>. Acesso em: 06 de dezembro, 2018.

PEREIRA, Enio Bueno et al. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. São José dos Campos – Brasil: INPE, 2017.

R, Zilles et al. **Sistema fotovoltaicas conectados a rede elétrica**. São Paulo: [s.n.], 2012.

SCALAMBRINI, H. **“A Qualidade da Energia Elétrica Fornecida pelos Sistemas Fotovoltaicos Domésticos em Áreas Rurais”** XVIII Conferencia Latino americana de Electrificación Rural (CLER), 24 – 27 junho de 2001, San José de Costa Rica.

SILVA, Bruno Gonçalves da. **Evolução do setor elétrico brasileiro no contexto econômico nacional: uma análise histórica e econométrica de longo prazo.** 2011. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, 2011.

RODRÍGUEZ, Carlos Roberto Cervantes. **Mecanismos Regulatórios, Tarifários e Econômicos na Geração Distribuída: O Caso dos Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede.** Dissertação (Mestrado)- UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, 2002.

TIEPOLO, Gerson. **Estudo do potencial de geração de energia elétrica através de sistemas fotovoltaicos conectados á rede no estado do Paraná.** 2015. Tese (Doutorado) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2015.

TIEPOLO, Gerson; J, Urbanetz; CANCEGLIERI. **Inserção da energia fotovoltaica na matriz elétrica do estado do Paraná: Análise do potencial produtivo.** In: Revista Sodebras, Vol.8 [S.l.: s.n.], 2013.

TOYAMA, Heizo et al. **Estudo de viabilidade econômica da implantação de sistemas fotovoltaicos conectados á rede elétrica de energia para diferentes regiões no estado do Paraná.** Curitiba.

VEIGA, Daniel S; FONSECA, Vinicius Mendonça. **Análise do consumo de energia elétrica no Brasil.** Rio de Janeiro: [s.n.], 2002.