



Universidade Federal do Paraná
Programa de Pós-Graduação Lato Sensu
Engenharia Industrial 4.0



WAGNER RODRIGUES DA CRUZ
FÁBIO LEPRE JORGE

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA COMPARATIVA DA
INSTALAÇÃO DE PAINÉIS SOLARES EM CONSUMIDORES DE
BAIXA TENSÃO COM RELAÇÃO A LEI 14.300/2022**

CURITIBA

2022



Universidade Federal do Paraná
Programa de Pós-Graduação Lato Sensu
Engenharia Industrial 4.0



WAGNER RODRIGUES DA CRUZ
FÁBIO LEPRE JORGE

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA COMPARATIVA DA
INSTALAÇÃO DE PAINÉIS SOLARES EM CONSUMIDORES DE
BAIXA TENSÃO COM RELAÇÃO A LEI 14.300/2022**

Monografia apresentada como resultado parcial à obtenção do grau de Especialista em Engenharia Industrial 4.0. Curso de Pós-graduação Lato Sensu, Setor de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Pablo Deivid Valle.

CURITIBA

2022

RESUMO

A indústria desde seu surgimento na primeira revolução industrial, contou com a evolução das tecnologias para seu desenvolvimento, isso trouxe a partir da segunda revolução a utilização e depois a dependência da energia elétrica. Isso fez com que o preço da eletricidade se tornasse dentro das pequenas empresas, que são a grande maioria dentro do mercado, o terceiro ou quarto maior custo. Desde então, essa crescente demanda e o surgimento da preocupação com o meio ambiente, fomentou a indústria a procurar fontes economicamente mais viáveis e se possível renováveis para se adequar dentro dos requisitos modernos dos consumidores 4.0. Foi com essas demandas, que surgiu a possibilidade de utilizar os módulos fotovoltaicos como solução para consumidores de baixa tensão, como a grande maioria das pequenas empresas. E isso só foi possível graças à resolução normativa estabelecida pela ANEEL em 17 de abril de 2012, que culminou não só na viabilidade da instalação do sistema sem a utilização do banco de baterias que diminuiu o custo e aumentou muito a viabilidade técnica do sistema solar fotovoltaico como contribuiu para o barateamento das tecnologias, visto o aumento da demanda. Com essa informações e a adição na lei 14.300/2022, mudando a forma de compensação pela utilização da rede esse trabalho busca avaliar a viabilidade econômica comparativa entre a antiga normativa e a nova legislação em relação a instalação de painéis solares fotovoltaicos como geração de energia aplicado a uma empresa de pequeno porte, onde foi utilizado uma análise qualitativa aplicada por meio de estudo de caso, foram obtidas as respostas desejadas, concluindo que a lei 14.300/2022 aumenta o payback, tornando o sistema solar fotovoltaico menos atrativo, porém não deixando o mesmo inviável de forma técnica e econômica.

Palavras-chave: Viabilidade econômica, Lei 14.300/2022, Energia solar fotovoltaica.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Exemplo de fluxo de caixa	14
Figura 2 – Equação Valor Presente Líquido.....	15
Figura 3 – Fórmula para o cálculo da TIR	16
Figura 4 – Geração de energia elétrica por fonte no Brasil – Participação 2017	24
Figura 5 – Custo de geração de energia solar em comparação com outras fontes de energia 2009 - 2018	25
Figura 6 – Capacidade instalada global total 2000 - 2018.....	26
Figura 7 – Estrutura básica de uma célula fotovoltaica de silício cristalino	27
Figura 8 – Célula fotovoltaica de silício cristalino.....	28
Figura 9 – Esquema dos componentes SFCR	30
Figura 10 – Esquema do telhado da empresa Bravo	35
Figura 11 – Gráfico irradiação global horizontal	37
Figura 12 – Gráfico de consumo e geração por mês	39
Figura 13 – Gráfico fluxo de caixa anterior.....	41
Figura 14 – Gráfico fluxo de caixa posterior.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Cronograma	32
Tabela 2 – Fluxo de atividades de pesquisa	33
Tabela 3 – Irradiação global horizontal	36
Tabela 4 – Lista de produtos e custo total	38
Tabela 5 – Tabela de consumo e geração por mês	39
Tabela 6 – Situação anterior	41
Tabela 7 – VPL, TIR, Payback descontado anterior	42
Tabela 8 – Situação posterior	43
Tabela 9 – VPL, TIR, Payback descontado posterior	44
Tabela 10 – Compilado dos Resultados	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

%	Porcentagem
°C	Graus Celsius
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
a-Si	Silício amorfo
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CdTe	Telureto de Cádmio
CIS	Disseleneto de Cobre e Índio
CONFAZ	Conselho Nacional de Política Fazendária
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
COPOM	Comitê de Política Monetária
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FV	Fotovoltaico
GD	Geração Distribuída
ha	Hectare
Hz	Herz
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
km	Quilômetro
kV	Quilo volts
kW	Quilo Watts
kWh/m ² /an	Quilo watts hora por metro quadrado por ano
o	
kWh/mês	Quilo Watts hora por mês
kWp	Quilo Watts Pico
m ²	Metro quadrado
m ³	Metro cúbico
MME	Ministério de Minas e Energia
MW	Mega Watts
n°	Número
NBR	Norma Brasileira Regulamentar
OE	Objetivo Específico

PRODIST	Procedimentos de Distribuição
R\$	Reais
R\$/kWh	Reais por quilo Watts hora
SFCR	Sistema Fotovoltaico de Distribuição conectadas à Rede Elétrica
SPE	<i>Solar Power Europe</i>
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
UC	Unidade Consumidora
VPL	Valor Presente Líquido
W	Watts

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	PROBLEMATIZAÇÃO	11
1.2	OBJETIVOS	11
1.2.1	Objetivo Geral.....	11
1.2.2	Objetivos Específicos	11
1.3	JUSTIFICATIVA.....	12
1.4	METODOLOGIA E ESTRUTURA DO TRABALHO.....	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1	VIABILIDADE ECONÔMICA	13
2.1.1	Fluxo de Caixa.....	14
2.1.2	Valor Presente Líquido (VPL).....	15
2.1.3	Payback Descontado.....	15
2.1.4	Taxa Interna de Retorno (TIR).....	16
2.2	VIABILIDADE TÉCNICA.....	17
2.2.1	Geração Distribuída	17
2.2.2	Resolução Normativa 482/2012 (ANEEL).....	17
2.2.3	Lei 14.300/2022.....	18
2.2.4	Copel NTC 905100 e NTC 905200	22
2.2.5	Licença Ambiental IAP	21
2.2.6	Outras Taxações, Normas e Leis	21
2.3	PAINÉIS SOLARES	23
2.3.1	Energia Solar	23
2.3.2	Painéis Fotovoltaicos	26
2.3.3	Materiais Utilizados em Painéis Fotovoltaicos	26
2.3.4	Classificação dos Sistemas de Painéis Fotovoltaicos	28
2.3.5	Componentes de Sistema Fotovoltaico Distribuído Conectado à Rede.....	29
3	ESTRATÉGIA DE PESQUISA.....	31
3.1	TIPO DE PESQUISA	31
3.2	TÉCNICA DE COLETA DE DADOS	31
3.3	CRONOGRAMA	32

3.4	PLANEJAMENTO DE PESQUISA.....	32
4	DESCRIÇÃO DO ESTUDO DE CASO.....	34
5	RESULTADOS	37
5.1	VIABILIDADE TÉCNICA.....	37
5.2	VIABILIDADE ECONÔMICA	40
5.2.1	VIABILIDADE CONFORME REGRAS DAS RESOLUÇÕES NORMATIVAS... ..	41
5.2.2	VIABILIDADE CONFORME REGRAS DA LEI 14.300/2022.....	42
6	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	44
7	CONCLUSÃO.....	45
7.1	VERIFICAÇÃO DO CUMPRIMENTO DOS OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICO.....	45
7.2	LIMITAÇÕES DO TRABALHO: ASPECTOS TEÓRICOS, METODOLÓGICOS E PRÁTICOS.....	46
7.3	SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS.	46
7.4	CONTRIBUIÇÃO PARA A INDÚSTRIA 4.0	47
	REFERÊNCIAS	48

1 INTRODUÇÃO

Uma das discussões de nível global de maior relevância hoje é a sustentabilidade e a diminuição do impacto causado pelo Homem ao meio ambiente. Segundo a SPE (2019) (SPE – Solar Power Europe) em decorrência do avanço das tecnologias renováveis e o seu barateamento, o que vêm de encontro com os princípios da indústria 4.0, os consumidores no mundo todo estão avaliando a possibilidade de se tornarem autossuficientes energeticamente, instalando sistemas de pequeno porte em suas propriedades, incluindo entre eles: Painéis solares, Geradores eólicos e biodigestores.

De acordo com Kannan e Vakeesan (2016), a melhor opção entre energias renováveis é a utilização de placas solares, pois é mais acessível, mais eficiente, apresenta maior número de fornecedores e melhor custo-benefício.

Segundo Hertwich (2015) o custo de compra e instalação de placas solares é alto, porém, reduzem a poluição quando comparado às outras formas de geração de energia.

Ainda segundo o relatório da SPE (2019) o custo da energia solar vem diminuindo exponencialmente enquanto a sua capacidade instalada, principalmente em países da Ásia, vem crescendo de forma expressiva, indicando uma mudança de mentalidade que favorece a energia solar.

O Ministério de Minas e Energia MME 2016 o Brasil apresenta irradiação solar média anual (ou seja, a quantidade de energia ou radiação solar num intervalo de tempo) na faixa dos 2.000,00 kWh/m²/ano, sendo um valor abaixo dos 3.000,00 kWh/m²/ano do norte da África e da Austrália e acima dos valores do continente Europeu. Porém quando observamos o Anuário Estatístico de Energia Elétrica, publicado pela EPE 2018 (Empresa de pesquisa Energética), notamos que o Brasil utiliza da geração hidráulica como sua maior fonte de energia, e ainda, que sua geração de energia solar é inexpressiva, entrando na categoria de “outras” com menos de 3% do total. Por essas razões é possível dizer que o Brasil possui um grande potencial para a energia solar.

No contexto nacional, as Resoluções da ANEEL de número 482, de 17 de abril de 2012 e posteriormente a Resolução Normativa Número 687 de 2015 que alterou o artigo 2º da Resolução 482 estabelecem as diretrizes e parâmetros para a micro e minigeração distribuída de energia elétrica. Nestas resoluções tornou-se

possível o consumidor Brasileiro produzir sua própria energia como também vender o excedente produzido por meio de um sistema de compensação de fatura (ANEEL,2015).

1.1 PROBLEMATIZAÇÃO

Com o aparente barateamento das tecnologias de geração de energia renováveis, a possibilidade de lucro proveniente da venda do excedente de energia e os aspectos ambientais benéficos decorrentes destas tecnologias, a empresa Bravo apresenta um grande interesse em investir na instalação de painéis solares em suas dependências como única forma de fornecimento de energia. Para que isso seja possível é necessário responder a seguinte questão:

Qual a viabilidade econômica e técnica após a instalação de painéis solares em empresas de pequeno porte?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar a viabilidade econômica e técnica da instalação de painéis fotovoltaicos, para geração de energia elétrica por consumidores de baixa tensão, geralmente residências e empresas de pequeno porte. Depois da implantação da Lei 14.300 com relação às antigas regras das resoluções normativas 482 e 685 da ANEEL.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do trabalho são:

Analisar a viabilidade econômica da instalação de painéis solares em consumidores de baixa tensão, chamados de grupo B;

Analisar a viabilidade técnica da instalação de painéis solares em consumidores de baixa tensão, chamados de grupo B;

Realizar análise entre os resultados obtidos, ou seja, desmistificar a diferença entre a antiga e nova regra para concluir a viabilidade econômica.

1.3 JUSTIFICATIVA

Antes mesmo de discutirmos energias renováveis, e a necessidade de geração dada pelo consumo cada vez maior desse recurso, buscamos diminuir o custo e aumentar a oferta, porém, além disso, a preocupação com o meio ambiente e com a sustentabilidade vem crescendo constantemente, fazendo com que as energias renováveis ganhem destaque e recebam incentivos, oriundos de organizações governamentais e privadas, para seu desenvolvimento e ampliação. O conceito de energia renovável pode ser entendido como aquelas das quais apresentam fontes inesgotáveis, ou seja, são naturalmente reabastecidos em um curto intervalo de tempo quando comparadas a fontes de energia não renováveis (como os combustíveis fósseis que necessitam de milhões de anos para se formarem) e são menos danosas ao meio ambiente (Jardim, 2007).

É preciso ressaltar ainda que, no Brasil, segundo a EPE (2018), 63,1% da energia produzida é de fonte Hídrica, causando uma mudança no significado do termo “energias alternativas”, que diz respeito a fontes como biomassa e solar, pois são consideravelmente diferentes da Hídrica.

A partir do contexto exposto acima, a geração distribuída de energia solar se torna uma opção interessante para consumidores de baixa tensão, que geralmente são empresas de pequeno porte e residências, que buscam investir nesta tecnologia devido a sua capacidade de diminuição de poluentes e pela possibilidade de economizar nos custos com energia elétrica.

1.4 METODOLOGIA E ESTRUTURA DO TRABALHO

Para que os objetivos deste texto sejam alcançados a metodologia de pesquisa será a Aplicada Qualitativa, onde por meio de um estudo de caso e pela obtenção e processamento de dados obtidos em função do caso real, se obtêm os resultados da pesquisa.

A estrutura do trabalho é como se segue:

Capítulo 01 – Introdução: É a introdução do texto, responsável por apresentar o tema e os objetivos do trabalho. É também onde o leitor deve entender o que será realizado no trabalho e por qual motivo.

Capítulo 02 – Referencial Teórico: É onde os conceitos e conhecimentos relacionados diretamente ao tema do texto são expostos, de forma que um leitor leigo no assunto tenha condições de compreender a totalidade do trabalho.

Capítulo 03 – Estratégia de Pesquisa: Capítulo destinado a explicar como o objetivo do trabalho será alcançado, ou seja, com qual método.

Capítulo 04 – Descrição do Estudo de Caso: Como a metodologia se caracteriza por aplicada, se faz necessário descrever e explicar o caso real e o seu contexto, que é utilizado como experimento neste texto.

Capítulo 05 – Resultados: Seção onde é aplicado o método, e os seus resultados são expostos de forma clara ao leitor.

Capítulo 06 – Discussão Geral dos Resultados: Seção destinada a resumir os resultados e a responder a pergunta motivadora desta pesquisa.

Capítulo 07 – Conclusão: Onde é realizada discussão acerca dos resultados obtidos, verificando se os objetivos do trabalho foram alcançados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 VIABILIDADE ECONÔMICA

Na engenharia econômica uma das funções analisadas é a viabilidade econômica de um projeto ou empreendimento, esta viabilidade visa comparar os custos envolvidos com os investimentos necessários. Para Veras (2007, p.233) a engenharia econômica se dá pela análise econômico-financeiras de investimentos, por meio da pesquisa e estudo de técnicas e métodos.

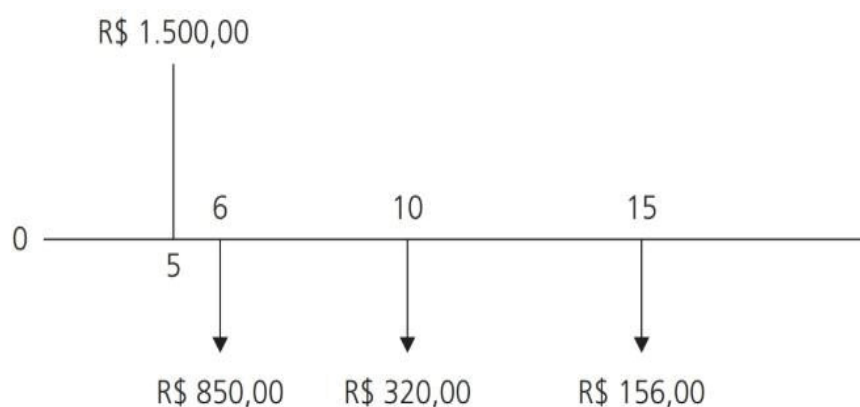
Nota-se que para projetos com diferentes características pedem-se diferentes indicadores de viabilidade econômica. Como o objetivo deste texto é analisar a viabilidade da instalação de painéis fotovoltaicos em consumidores de baixa tensão (sendo assim um projeto de relativa baixa complexidade), os indicadores escolhidos estão de acordo com o método descrito por Cavalcante (1998), que propõe levar como base o tempo e o valor de retorno do determinado projeto, ou seja, o Fluxo de Caixa, Valor Presente Líquido (VPL), Payback descontado e a Taxa Interna de Retorno (TIR) serão calculados para satisfazer essas condições.

2.1.1 Fluxo de Caixa

De acordo com Camloffski (2014) o Fluxo de caixa é uma das ferramentas da gestão empresarial que mostra, em cada período definido de tempo, os lucros (o que entra) e custos (o que sai) do projeto.

Conforme a Figura 1 pode-se observar um exemplo comumente utilizado na representação do fluxo de caixa. Neste exemplo nota-se que as setas para cima demonstram as entradas (R\$ 1.500,00 no dia 5) e as setas para baixo demonstram as saídas (no dia 6, 10 e 15).

Figura 1 – Exemplo de Fluxo de Caixa



Fonte: Camloffski, 2014.

No caso do objeto de estudo deste texto é possível de antemão saber que o primeiro valor no diagrama de fluxo de caixa será para baixo, ou seja, investimento na compra e instalação dos painéis solares.

2.1.2 Valor Presente Líquido (VPL)

Para Hastings (2013) o Valor Presente Líquido (VPL ou *Net Present Value – NPV*) indica o ganho ou perda final do projeto avaliado, para isso os valores presentes de todas as entradas e saídas são calculados, é realizada a soma algébricas desses valores, se essa soma for positiva ou zero o projeto é viável financeiramente, e se for negativa ele não é viável. Na Figura 2 é possível observar a equação para calcular o VPL.

Figura 2 – Equação Valor Presente Líquido

$$VPL = \frac{FC_0}{(1 + TMA)^0} + \frac{FC_1}{(1 + TMA)^1} + \frac{FC_2}{(1 + TMA)^2} + \dots + \frac{FC_n}{(1 + TMA)^n}$$

Fonte: Rosa, 2013.

Onde:

FC = Fluxo de caixa

n = período (anos, meses, dias)

TMA = Taxa Mínima de Atratividade

2.1.3 Payback Descontado

Segundo Casarotto (2016) o Payback simples ou Tempo de Recuperação de Capital Investido é a ferramenta onde é permitido estimar o tempo com o qual o somatório dos ganhos periódicos de um projeto seja igual ao seu investimento, ou seja, em quanto tempo o seu investimento dará lucro.

É sempre desejável um payback no menor prazo possível, onde o tempo de 5 anos é um limite comum utilizado (Macedo, 2004). Para Gitman (1997) é sempre necessário estipular um limite base para o Payback, onde se o dado projeto apresentar um Payback acima do limite, o mesmo é recusado, e caso estiver abaixo, o projeto é aprovado para a próxima etapa.

Para Casarotto (2016) o payback simples apresenta um defeito que deve ser considerado, ele não leva em consideração o valor do dinheiro no tempo, sendo necessário uma modificação a esta ferramenta.

Para isso de acordo com Casarotto (2016, p. 234):

O Payback Descontado mede o tempo necessário para que o somatório das parcelas descontadas seja, no mínimo, igual ao investimento inicial.

O Payback Descontado também busca saber o tempo de retorno do investimento, porém, é utilizado uma taxa de atratividade (comumente a TMA) para se realizar a análise. Esta ferramenta é interessante quando é necessário escolher entre dois investimentos com VPL parecidos, utilizando-se do Payback descontado como fator de decisão (Bordeaux-rêgo et. Al.,2006).

2.1.4 Taxa Interna de Retorno (TIR)

A Taxa Interna de Retorno (TIR), segundo Gitman (1997) é a taxa com o qual o VPL equivale a zero, resultando no ponto de inversão da decisão de investir ou não no projeto estudado.

Para se calcular a TIR é utilizado método numérico de iteração, ou seja, tentativa e erro, definindo-se valores para a taxa (TMA para o cálculo do VPL), se o VPL resultante dessa primeira estimativa for um valor positivo utiliza-se uma taxa maior e se for negativo, uma menor, até que o VPL iguale-se a zero (Santos, 2010). De acordo com Binenbojm (2008) se o valor resultante da TIR for igual ou maior ao valor da TMA o projeto é viável economicamente, e se for menor, é mais vantajoso aplicar o investimento no mercado financeiro.

Na Figura 3 pode-se observar o modelo matemático para a estimativa da TIR.

Figura 3 – Fórmula para o cálculo da TIR

$$\sum_{i=1}^n \frac{FC_i}{(1 + TIR)^i} - \text{Investimento inicial} = 0$$

Fonte: www.dicionariofinanceiro.com/o-que-e-a-tir-e-como-calcular/.

Onde:

FC = Fluxo de Caixa

i = Período do investimento

n = Período final do investimento

2.2 VIABILIDADE TÉCNICA

2.2.1 Geração Distribuída

Antes de estudarmos as normas envolvidas na utilização de painéis solares é preciso entender o conceito de geração distribuída. A ANEEL define este termo como sendo a utilização, próximo ao local de consumo, de pequenos geradores, que podem utilizar combustíveis fósseis, mas que preferencialmente utilizam-se de métodos renováveis (eólica, solar, hídrica entre outras). Ainda segundo a ANEEL o uso expressivo deste tipo de geração implica em vantagens e desvantagens, sendo as vantagens: a redução do impacto ambiental gerado pela liberação de poluentes vindos dos métodos não renováveis de geração, a diversificação da matriz de geração ocasionando numa maior confiabilidade no suprimento de energia, o adiamento e diminuição da necessidade de expandir a geração e distribuição convencional, devido ao aumento da demanda proveniente do crescimento populacional, e a melhora dos níveis de tensão, principalmente em períodos de alta carga, sendo suas desvantagens: a crescente dificuldade de gerir um sistema tão descentralizado, resultando na criação de regulamentações e impostos para controlar o sistema e um custo maior da energia convencional para o consumidor que não utiliza GD.

Além dessas vantagens e desvantagens levantadas pela ANEEL, Souza (2014) explica que este sistema, por estar localizado no local de consumo, tem como uma vantagem adicional a diminuição das perdas provenientes das linhas de transmissão, porém é preciso se atentar ao fato de que, quando utilizado em larga escala, a energia gerada pode ser de má qualidade devido a harmônicos na rede e ainda, de que os limites de tensão podem, em alguns casos, ser ultrapassados, gerando problemas para o consumidor final.

2.2.2 Resolução Normativa 482/2012 (ANEEL)

No Brasil a Resolução normativa nº 482 de 17 de abril de 2012 é a principal norma regulatória que define as condições gerais para a implementação de geração distribuída (GD) por meio de micro (instalação com potência menor ou igual a 75 kW) e minigeração (instalação com potência maior que 75 kW e menor que 5 MW). Esta resolução também foi responsável pela criação do Sistema de Compensação

de Energia Elétrica, que possibilita, quando se gera mais energia do que a unidade consumidora (UC) utiliza, injetar o excedente na rede elétrica criando um crédito no faturamento mensal em kWh (é necessário a instalação de um medidor bidirecional para que a injeção de energia seja corretamente contabilizada) e posteriormente, quando a UC está consumindo mais do que o gerado, o crédito é utilizado na aquisição da energia a ser consumida, fazendo com que a rede elétrica, na prática, funcione como uma bateria, armazenando e posteriormente fornecendo energia a UC.

O sistema de compensação Brasileiro difere um pouco dos sistemas utilizados em outros países, onde a injeção e posterior utilização podem ocorrer a qualquer hora do dia (no caso do sistema conhecido como *net metering*) ou com um sistema onde a UC recebe um valor pelo excedente injetado (no caso do *feed in*), sendo este último uma alternativa economicamente interessante, pois o proprietário tem a possibilidade de ter uma renda extra podendo colocá-la da melhor forma que desejar.

É importante destacar que a Resolução 482 foi atualizada pela Resolução 687, de 24 de novembro de 2015 nos módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição (PRODIST), sendo que as mudanças são: o aumento da validade dos créditos para 5 anos ao invés dos 3 anos, mudança das faixas de potência (já citadas anteriormente) para micro e minigeração, a mudança dos prazos do processo para regulamentação da utilização de GD e a inclusão da capacidade do consumidor utilizar, quando incluída na mesma concessão, os créditos em outras unidades consumidoras (sendo das seguintes categorias: Autoconsumo remoto, Geração compartilhada e Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras).

2.2.3 Lei 14.300/2022

Em 6 de janeiro de 2022, foi assinada a primeira lei nacional a fim de reger o sistema de geração distribuída no Brasil, conhecido como o marco legal da Geração Distribuída a lei traz mudanças nas regras de mini e microgeração que permite que os consumidores final de energia elétrica tenham uma produção própria de energia para uso e utilizem a rede elétrica disponibilizada pela concessionária ou permissionária da região como uma fonte de dispersão do excedente produzido e não utilizado de forma instantânea pelo produtor, além da geração de créditos

energéticos dados pelo produtor ceder a concessionária energia na rede que será utilizada por outros consumidores. Essa utilização da rede é comum e feita de forma estratégica pelos auto produtores, de forma que os mesmos não precisam contar com algum tipo de banco de baterias para armazenamento da energia excedente, o que torna esse sistema conhecido como Ongrid mais barato e viável aos produtores. O outro ponto positivo do sistema Ongrid é o uso da rede para suprir momentos de pico na utilização da energia elétrica, que é quando a produção não consegue suprir a alta demanda de consumo e até mesmo durante o período da noite que é onde sistemas de geração solar fotovoltaico não produzem pela falta de radiação solar e toda a energia consumida precisa ser retirada de outra fonte, nesse caso da rede.

Todas as usinas solares instaladas ligadas à rede, para consumidores de baixa tensão, até o dia 06/01/2023, serão padronizadas e seguirão as regras das normativas 482 e 687, que serão válidas para as mesmas até o ano de 2045. As novas usinas instaladas por consumidores do grupo B, após a validação da lei terão de se enquadrar nas mudanças da Lei 14.300 que traz para esses consumidores uma forma diferente de compensação de créditos dispostos nas resoluções. Ou seja, uma nova regra tarifária, que levará em conta os custos e benefícios do segmento ao setor elétrico. Essa será a mudança monetária para consumidores da geração distribuída que pertencem ao grupo de baixa tensão, que é o que de fato interessa para nosso estudo, já que não interfere na viabilidade técnica e equipamentos.

Levando em conta cinco aspectos de transmissão, distribuição, geração, perdas e sinal locacional, a nova lei entende que por utilizar a rede o autoprodutor deve ajudar a custear a parte de serviços prestada pela concessionária, já que o consumidor final tem o valor total da sua fatura de energia dividida entre: TUSD que é o serviço que a distribuidora da sua cidade presta ao levar energia para a sua empresa ou para sua casa, através dos postes e rede e a TE que está relacionada ao produto que você consumiu, ou seja, a energia.

Considerando tudo isso, a lei dispensa o autoprodutor de pagar a taxa mínima de consumo, mas em contrapartida cobra dele um percentual em cima da energia excedente que ele injeta na rede. Esse percentual é cobrado apenas em cima do fio B, que dentro da TUSD corresponde aos custos relacionados a utilização da infraestrutura da rede de distribuição da concessionária. O fio A que corresponde aos custos vinculados à manutenção e operação das linhas de transmissão não é

cobrado, assim como os encargos e perdas que compõem o total da TUSD. O valor do fio B da TUSD varia de acordo com cada concessionária, ele é calculado com base ao adensamento populacional e à extensão da rede de trabalho. Ou seja, quanto mais unidades consumidoras conectadas em um espaço de rede, mais barato tende a ser o valor do fio B (junior, 2022).

A lei contempla a cobrança total da TUSD fio B apenas em 2029, sendo seu início em 2023 com o percentual de 15%, crescendo gradativamente até atingir o valor total dentro dos 5 anos subsequentes.

2.2.4 Copel NTC 905100 e NTC 905200

Como o objetivo deste texto é o estudo de viabilidade técnica e econômica da instalação de painéis fotovoltaicos em consumidores de baixa tensão, chamados de grupo B, é necessário se atentar para as normas específicas de cada região, sendo assim, vamos utilizar como objeto desse estudo a região do Paraná atendida pela Companhia Paranaense de Energia (COPEL), que estabelece normas técnicas para a utilização de geração distribuída no estado.

A NTC 905100 ou também conhecida como “Acesso de geração distribuída ao sistema da COPEL (com comercialização de energia)”, diz respeito a sistema de geração, em média e alta tensão, com contrato regulado ou livre, que estão acoplados ao sistema de distribuição da empresa e define os contratos e processos de acesso e os requisitos técnicos do empreendimento, abrangendo toda a gama de fontes de energia do conceito de geração distribuída.

Já a NTC 905200 ou “Acesso de micro e minigeração distribuída ao sistema da COPEL”, que foi emitida em 2014 tendo sua última revisão em outubro de 2018, regula o acesso ao sistema da COPEL, por meio de unidades consumidoras, de micro e minigeradores que também participam do sistema de compensação de energia definido pela ANEEL no âmbito da Resolução 482/2012, definindo, para baixas, médias e altas tensões, os requisitos técnicos e as especificações de equipamentos como os inversores, que são necessários para o adequado funcionamento da instalação.

2.2.5 Licença Ambiental IAP

De acordo com a Resolução SEMA/IAP n° 09/2010 e Portaria IAP n° 19/2017, que regulam e estabelecem os documentos probatórios de conformidade ambiental, fica definido, para geração distribuída por meio de painéis solares, que quando a potência instalada for menor ou igual que 5 MW há a necessidade de declaração de dispensa de licenciamento ambiental estadual ou algum outro documento à critério do Instituto Ambiental do Paraná (IAP). Para potência instalada menor do que 1 MW, quando os painéis são acomodados sobre telhados, não há a necessidade de licenciamento ambiental, porém, quando a instalação dos painéis se dá no solo, mesmo com potência menor que 1 MW, é necessário documento de licenciamento (onde o IAP deve ser consultado para verificação de quais documentos específicos devem ser apresentados), nos casos em que, a área ocupada pelos painéis for maior do que 1 ha (hectare), a instalação apresentar supressão de vegetação em estágio secundário médio ou avançado, ou primário, quando os painéis acarretarão em movimentação do solo e se os painéis forem instalados em local que ultrapasse o limite de 3 km de zona de amortecimento de unidade de proteção integral.

2.2.6 Outras Taxações, Normas e Leis

No Brasil cabe às Secretarias de Fazenda Estaduais e a Receita Federal, e não à ANEEL, a imposição de taxas e tributos nos âmbitos estaduais e federais, onde por meio da Lei n° 13169/2015, o Governo Federal definiu que os impostos federais (PIS/COFINS), para todos os estados Brasileiros, poderão ser cobrados somente na diferença entre o que for consumido e o que for inserido na rede elétrica de distribuição. Já no contexto estadual o convênio ICMS 16 de 2015 (que revogou o convênio 6/2013), publicado pelo CONFAZ (Conselho Nacional de Política Fazendária), permite a cobrança do ICMS somente na diferença entre a energia consumida e gerada, porém o Paraná não aderiu ao novo convênio, efetuando a cobrança para todo o consumo energético sem considerar a injeção da energia gerada pela UC.

A seguir estão expostas algumas normas referentes à painéis fotovoltaicos e geração distribuída.

NBR 5410 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão: Fixa as condições que as instalações, de baixa tensão (1 kV em CA e 1,5 kV em CC), devem satisfazer para garantir o bom funcionamento da instalação, a segurança de pessoas e animais frequentadores do local e a boa conservação dos bens adjacentes, referindo-se principalmente sobre instalações e equipamentos elétricos em prédios e construções.

NBR 5419:2005 – Proteção de Estruturas Contra Descargas Atmosféricas: Formaliza as condições de projeto, instalação e manutenção de sistemas de proteção (SPDA), que servem para proteger as pessoas e os bens materiais contra descargas elétricas diretas.

NR 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade: Apresenta os requisitos mínimos para assegurar a saúde e segurança dos trabalhadores que realizam suas atividades com instalações elétricas, direta ou indiretamente, por meio de sistemas preventivos e medidas de controle.

NBR 11704:2008 – Sistemas Fotovoltaicos – Classificação: Norma responsável por estabelecer a classificação dos sistemas fotovoltaicos de acordo com suas características elétricas, sendo eles isolados ou conectados à rede de distribuição elétrica, tendo configuração pura ou híbrida.

NBR 10899:2013 – Energia Solar Fotovoltaica – Terminologia: Estabelece os termos técnicos referentes a sistemas fotovoltaicos, não incluindo os termos gerais de eletricidade da NBR 5456.

ABNT NBR 16149:2013 – Sistemas Fotovoltaicos (FV) – Características da Interface de Conexão com a Rede Elétrica de Distribuição – Procedimento de Ensaio de Conformidade: Define, para a interface de conexão entre os sistemas fotovoltaicos e a rede, as recomendações para o seu bom funcionamento.

ABNT NBR 16150:2013 – Características da Interface de Conexão com a Rede Elétrica de Distribuição: Fixa os procedimentos de ensaio para regulação dos equipamentos em função da norma ABNT NBR 16149 citada anteriormente.

NBR 16274:2014 – Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede – Requisitos Mínimos para Documentação, Ensaio de Comissionamento, Inspeção e Avaliação de Desempenho: Norma que lista e estabelece, no momento após a instalação dos sistemas fotovoltaicos, os documentos e informações mínimas necessárias, descrevendo também, os critérios para inspeção e ensaios de comissionamento

destes sistemas, de modo a realizar a avaliação da correta operação e segurança dos mesmos.

2.3 PAINÉIS SOLARES

2.3.1 Energia Solar

De acordo com Tolmasquim (2016) a energia solar é utilizada de duas formas principais, para produção de energia e para aquecimento principalmente de fluídos. A produção de energia pode ser pelo efeito fotovoltaico que transforma energia solar diretamente em energia elétrica, ou ainda por termoelétricas, onde espelhos concentram os raios solares para vaporizar água que então passa por uma turbina que está conectada a um gerador de energia. O Brasil apresenta grande incidência de raios solares, sendo que o método fotovoltaico é mais utilizado, tendo expressivo uso em áreas rurais, com recente expansão para áreas urbanas devido à legislação.

Quando se analisa profundamente é possível observar que os métodos de geração de energia hídrica, eólico e biomassa são indiretamente, em suas raízes, uma forma de geração a partir do sol, já que é a radiação do sol que causa o ciclo da água que formam os rios com os quais as barragens são construídas, é a partir do sol que as correntes de vento são geradas e é do sol que vem a energia que as plantas absorvem e que depois é aproveitada nas usinas de biomassa (Atlas Energia Solar ANEEL, 2019).

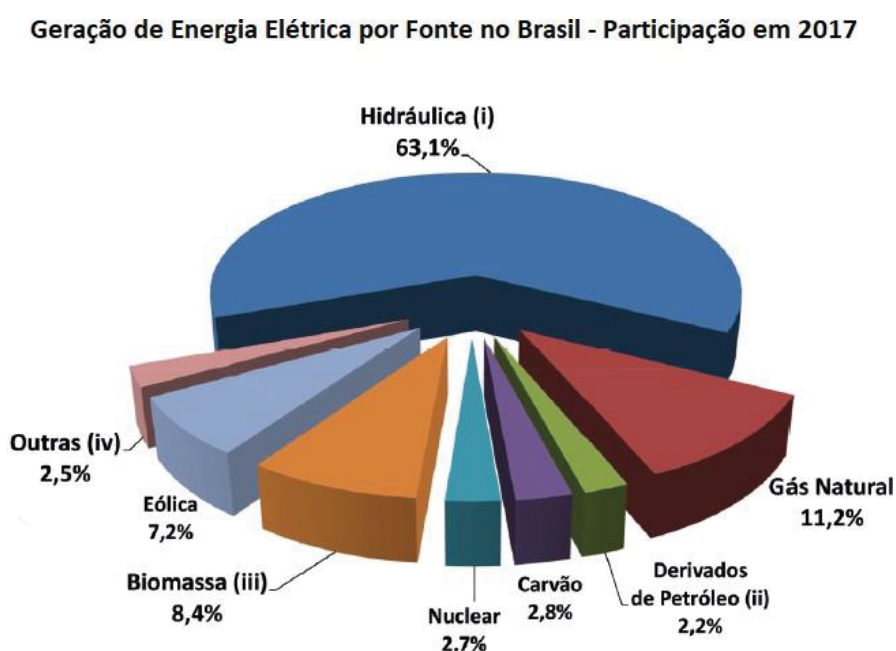
Ainda segundo o Atlas energia solar ANEEL (2019) a radiação ou energia total incidente sobre a superfície terrestre é afetada diretamente pelas condições atmosféricas, hora do dia e dia do ano (trajetória elíptica ao redor do sol) e a latitude (afetando a incidência solar por meio da inclinação do eixo imaginário de rotação) onde a análise é realizada, fazendo com que, em alguns casos seja necessário ajustar a posição dos painéis ou coletores solares para melhor aproveitar a energia. No caso do hemisfério sul, recomenda-se que o sistema esteja orientado para o norte e com um ângulo de inclinação similar ao da latitude. É importante considerar que somente uma parcela da radiação emitida pelo sol chega ao solo, onde parte dela é refletida pela atmosfera e pelo próprio solo, mesmo assim, até as regiões Brasileiras com relativo baixo índice de radiação apresentam um bom potencial para geração de energia. Os métodos de geração de energia que utilizam como fonte o

sol, apresentam baixa eficiência energética e necessitam de grandes áreas para instalação dos painéis e coletores, porém, quando se leva em conta o impacto da inundação necessária para a barragem de usinas hidráulicas, a energia solar é uma ótima opção.

Mesmo subtraindo-se as perdas, a energia do sol que chega ao solo é por volta de 10 mil vezes o total consumido no mundo (Greenpro, 2014), e de acordo com o ministério de minas e energia, o Brasil possui índice de incidência solar de 140.000,00 MW, valor este que é 50% maior do que o consumo total Brasileiro, devido à localização relativamente próxima ao equador.

No contexto Brasileiro segundo o Anuário Estatístico de Energia Elétrica, publicado pela EPE 2018 (Empresa de Pesquisa Energética), representado pela Figura 4, pode-se observar a parcela de geração de energia por fonte, sendo que a maioria (63,1%) é hidráulica, e que a solar fica contida na parcela “Outras” com 2,5% do total. Segundo o Ministério de Minas e Energia MME 2016 o Brasil apresenta irradiação solar média anual entre 1.200,00 e 2.400,00 kWh/m²/ano, sendo um valor médio entre os da Europa, que são consideravelmente mais baixos, e os de regiões como Austrália ou norte da África, que apresentam valores na faixa dos mais de 3.000,00 kWh/m²/ano. Sendo assim podemos aferir que existe um potencial não explorado pelo Brasil à cerca da geração de energia solar.

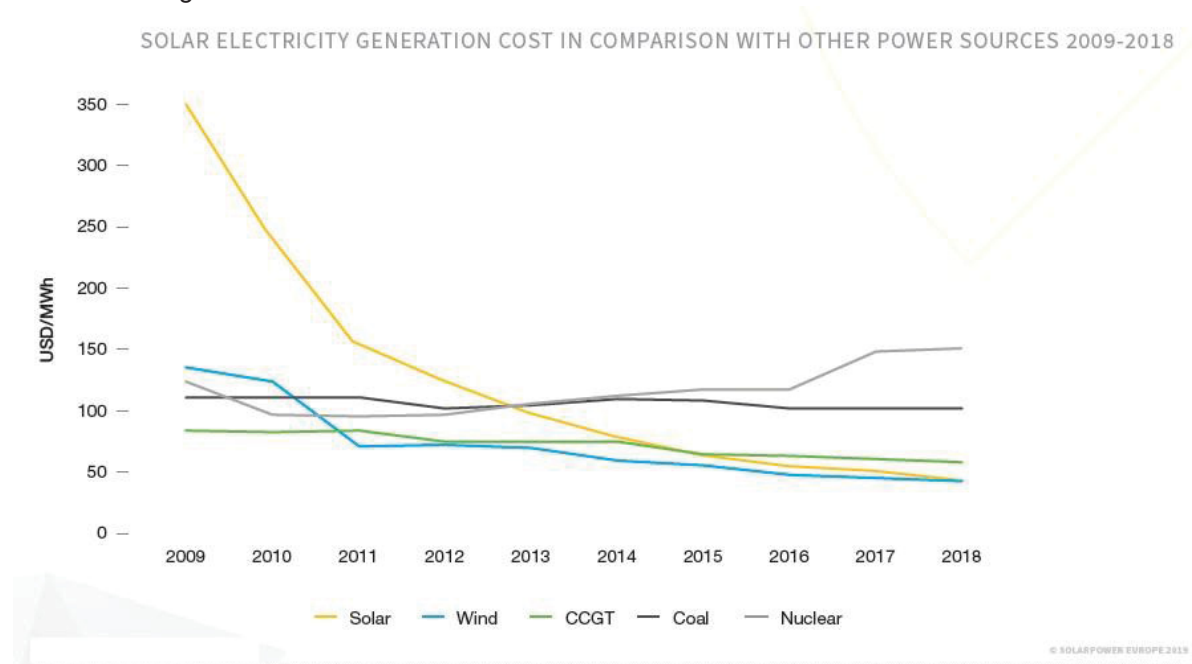
Figura 4 – Geração de energia elétrica por fonte no Brasil – Participação em 2017



Fonte: EPE 2018.

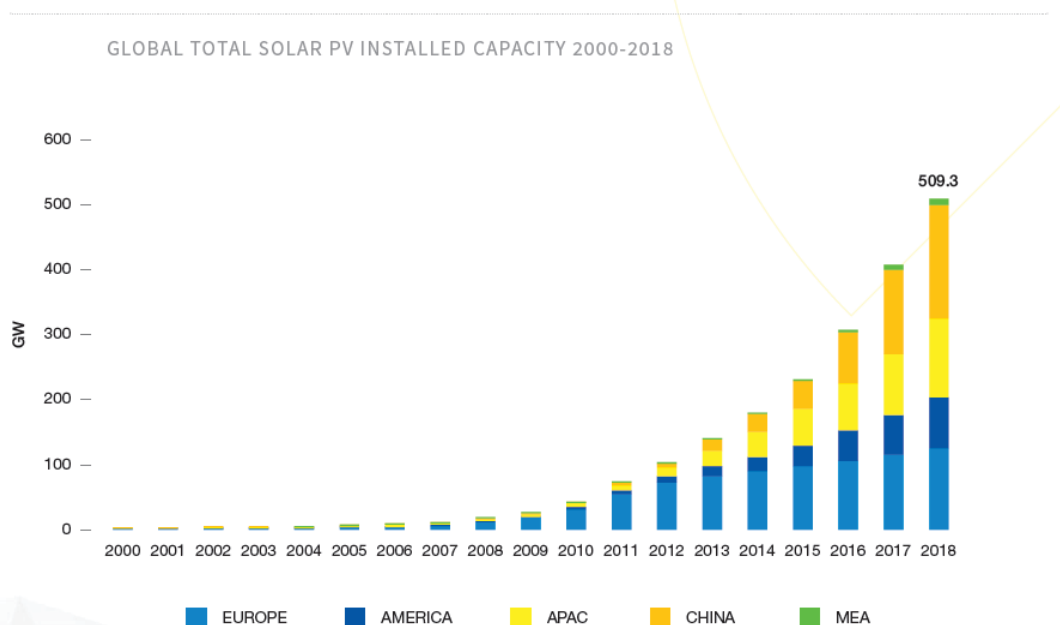
Algo que pode explicar o relativo baixo uso da geração de energia por métodos solares é o seu alto custo de aquisição e instalação, porém este custo elevado obteve um decréscimo exponencial quando se observa o último relatório divulgado pela SPE (2019) (SPE – Solar Power Europe), se tornando mais barato que os demais e se equiparando a geração eólica de energia (Fig. 5). Além disso, ainda de acordo com a SPE (2019), a capacidade instalada de geração de energia solar vem crescendo notavelmente, especialmente na Ásia (Fig. 6), mostrando um interesse global por este tipo de geração renovável.

Figura 5 – Custo de geração de energia solar em comparação com outras fontes de energia 2009 – 2018



Fonte: SPE – Solar Power Europe 2019.

Figura 6 – Capacidade instalada global total 2000 – 2018



2.3.2 Painéis Fotovoltaicos

Quando a luz é transformada diretamente em energia elétrica é configurado o efeito fotovoltaico, este efeito se dá pelo surgimento de diferença de potencial nas extremidades de uma estrutura, construída com materiais semicondutores, em decorrência da absorção de luz (Tolmasquim, 2016).

O Efeito fotovoltaico foi primeiramente descoberto em 1839 pelo físico Francês Alexandre-Edmond Becquerel, que observou que quando a luz incidia sobre uma solução ácida, era criado, entre dois eletrodos contidos na solução, um diferencial de potencial elétrico (Pinho e Galdino, 2014).

A NBR 10899 de 2013 define que um painel fotovoltaico é composto por um ou vários módulos fotovoltaicos interconectados eletricamente, já o módulo fotovoltaico é composto por várias células fotovoltaicas, que por sua vez se dá por ser um elemento com capacidade para converter energia proveniente do sol em energia elétrica.

2.3.3 Materiais Utilizados em Painéis Fotovoltaicos

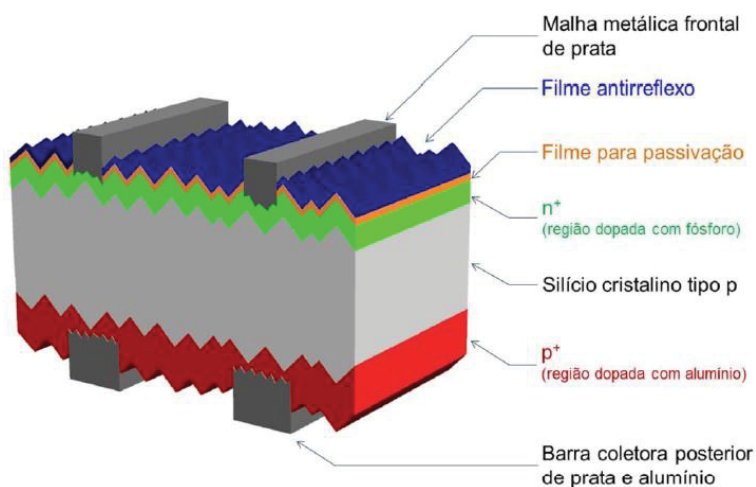
O material mais utilizado para a fabricação de painéis fotovoltaicos é o silício cristalino, sendo que os painéis construídos com este material são denominados de

primeira geração. Existem ainda dois tipos de painéis de silício cristalino, os policristalinos e os monocristalinos, sendo este último mais eficiente energeticamente, mais puro e de melhor qualidade geral (Pinho e Galdino, 2014).

Já os painéis de segunda geração são construídos com as chamadas células de filmes finos, fabricadas principalmente de telureto de cádmio (CdTe), disseleneto de cobre e índio (CIS) e de silício amorfo (a-Si). São chamados de filmes finos pois sua espessura pode ser menor devido a sua maior absorção de energia quando comparado ao silício cristalino, outra vantagem é que este tipo de material, também quando comparado ao silício, apresenta uma perda de potência menor devido ao acréscimo da temperatura do painel (Pinho e Galdino, 2014 & Tolmasquim, 2016).

Nas Figuras 7 e 8 pode-se observar o esquema ilustrativo da estrutura básica de uma célula fotovoltaica de silício cristalino e uma célula deste mesmo tipo já fabricada, respectivamente.

Figura 7 – Estrutura básica de uma célula fotovoltaica de silício cristalino



Fonte: Pinho e Galdino (2014)

Figura 8 – Célula fotovoltaica de silício cristalino



Fonte: Pinho e Galdino (2014)

2.3.4 Classificação dos Sistemas de Painéis Fotovoltaicos

Sistema Doméstico Isolado ou Autônomo: Pinho e Galdino (2014) definem este sistema como o que provê energia a cargas de baixa magnitude e consumo baixo (equipamentos residenciais e eletrodomésticos), geralmente locais onde não há a distribuição de energia por meio de concessionárias, como por exemplo em pequenas comunidades, residências ou até mesmo aldeias situadas em regiões isoladas, fazendo com que seja necessário armazenar a energia em baterias ocasionando um aumento no custo deste tipo de sistema.

Sistema não Doméstico Isolado: Torres (2012) explica que este sistema começou a ser utilizado em aplicações espaciais (principalmente satélites) nos anos de 1950 e 1960 devido a sua competitividade comercial frente a outros sistemas. Este sistema começou a se espalhar para outras aplicações nos anos 70, em decorrência da crise do petróleo daquele período, sendo hoje comumente utilizado para gerar energia para equipamentos que não podem ser ligados à rede elétrica, como estações meteorológicas e para bombeamento de água em áreas rurais.

Sistemas Híbridos: Segundo Pinho e Galdino (2014), este sistema pode ou não estar conectado à rede de transmissão elétrica e é definido pela utilização de mais de uma fonte de geração de energia. Além da fotovoltaica podem ser utilizados geradores eólicos, geradores a combustão ou até pequenas turbinas hidráulicas

(porém menos presentes), e em decorrência desta diversificação na geração, o custo é relativamente mais alto, mas o suprimento de energia é mais confiável.

Sistemas Centralizados Conectados à Rede: Estes sistemas se assemelham a usinas de geração de grande porte, pois ocupam grandes áreas, situam-se longe dos grandes complexos consumidores (fato este que induz na necessidade de linhas transmissoras acarretando num custo mais elevado), apresentam alta geração de energia e seu fornecimento é somente para a rede de distribuição (Pinho e Galdino, 2014).

Sistemas Fotovoltaicos Distribuídos Conectados à Rede Elétrica: Pinho e Galdino (2014), caracterizam este sistema não só pela geração próxima ao local de uso, mas também pelo fato de que é conectado à rede elétrica, fazendo com que a geração de energia solar funcione como um complemento ao consumo de energia do proprietário do sistema. Quando bem dimensionado é possível, já que há conexão com a rede, vender o excedente gerado que não está sendo consumido, podendo ou não conter bateria para armazenamento de energia. O SFCR vem ganhando popularidade no Brasil sendo um sistema já a algum tempo popular em outros países desenvolvidos da Europa, Ásia e América do Norte.

Sistemas Fotovoltaicos Integrados a Edificações: Este sistema é definido pela integração das estruturas prediais com os painéis solares, ou seja, os painéis são instalados em telhados e estruturas do próprio edifício ao invés de serem instalados em uma área adjacente ao prédio. Quando pensados desde a fase de projeto podem ser utilizados de forma a melhorar a arquitetura, prover espaços com sombra e diminuir o custo do projeto quando integrados a telhados ou janelas (já que podem fazer que não seja necessário utilizar certos materiais) (Pinho e Galdino, 2014).

2.3.5 Componentes do Sistema Fotovoltaico Distribuído Conectado à Rede

É importante destacar os componentes básicos presentes neste tipo de sistema, já que é este o tipo que será alvo do estudo de viabilidade proposto neste texto.

De acordo com Pinho e Galdino (2014) é necessário conter no projeto os seguintes componentes:

Inversor: A energia gerada pelos painéis é do tipo corrente contínua, como os equipamentos eletrônicos utilizados nas residências e indústrias utilizam corrente

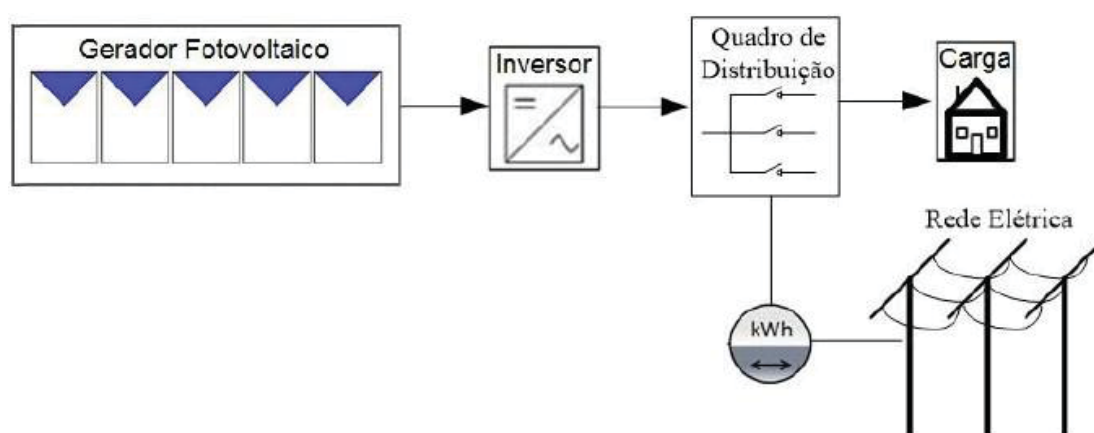
alternada a frequência de 60 Hz, se faz necessário a transformação de CC para CA, que é realizada pelo inversor que se localiza logo após os painéis.

Medidor bidirecional: Em todas as construções que estão conectadas a rede de distribuição existe um medidor de consumo de energia, que é responsável por informar o consumo daquele determinado edifício para que a concessionária possa realizar o cálculo do valor da tarifa de energia a ser paga. Porém este medidor só realiza a medição em uma direção (da rede de distribuição para o edifício), sendo assim, já que uma parte da energia consumida irá ser produzida localmente, é necessário instalar (sendo esta instalação de responsabilidade da concessionária) um medidor bidirecional para que a energia produzida pelos painéis possa ser injetada na rede, e um valor de crédito de compensação possa ser gerado.

Quadro de distribuição: É necessário mesmo se não houver geração distribuída, composto por disjuntores, que são responsáveis pela proteção do sistema contra curtos e descargas elevadas, e outros dispositivos de proteção e distribuição da energia gerada pelos painéis, ou recebida pela rede elétrica.

Na Figura 9 pode-se observar um esquema ilustrativo da disposição dos componentes necessários para um SFCR.

Figura 9 – Esquema dos componentes SFCR



Fonte: Pinho e Galdino (2014)

3 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

3.1 TIPO DE PESQUISA

Neste texto será realizado uma pesquisa Aplicada Qualitativa, sendo que, de acordo com Marconi e Lakatos (2011) este tipo de pesquisa se caracteriza pela obtenção de um levantamento base, composto por princípios, conceitos e significados obtidos através da coleta de dados realizada pelo pesquisador.

Segundo Yin (2015), este método se dá por uma investigação empírica, ou seja, pela investigação e análise profunda do que acontece na realidade.

Para Gil (2010) a pesquisa qualitativa é realizada descrevendo-se os aspectos envolvidos em como será realizada a pesquisa, pelo estudo e levantamento de hipóteses e por fim, pelo estudo de variáveis que afetam o objeto ou fenômeno de pesquisa.

Neste projeto de pesquisa será realizado a análise da viabilidade econômica e técnica da implantação de painéis fotovoltaicos em consumidores do grupo de baixa tensão de energia elétrica, como exemplo para coleta de dados, vamos utilizar a empresa de pequeno porte em Umuarama no Paraná, por meio de uma pesquisa qualitativa aplicada por um estudo de caso.

3.2 TÉCNICA DE COLETA DE DADOS

Para alcançar os objetivos anteriormente descritos, este trabalho se utilizará da técnica de estudo de caso único (já que será realizado com apenas uma empresa). Andrade (2012) explica que o estudo de caso ocorre quando é feita a análise, sem manipulação, de dados coletados por meio de técnicas definidas e conhecidas pelo pesquisador. As técnicas para realização do estudo de caso são seis: Observação direta, observação participante, entrevistas, documentação, registro em arquivos e artefatos físicos, sendo que o pesquisador deve conhecer estes métodos em suas totalidades e avaliar em quais estudos quais técnicas produzirão os melhores resultados (Yin, 2010).

Para este trabalho serão realizadas as seguintes técnicas de coleta de dados para realização do estudo de caso único:

- a) Entrevista: A entrevista será realizada por meio de uma discussão técnica com o gestor da empresa para obter informações relevantes ao projeto e

para avaliar as reais intenções, expectativas e interesse da empresa na realização deste projeto;

- b) Documentação: Por meio da análise documental, itens e informações já referenciadas pelo gestor da empresa, serão confirmadas e verificadas, validando sua veracidade e correta representação do caso estudado, como por exemplo: relatório de consumo de energia, orçamentos de projetos, produção de energia dos painéis fotovoltaicos, aspectos relacionados ao local de instalação dos painéis, configuração e situação das instalações elétricas, entre outras.

3.3 CRONOGRAMA

Na Tabela 1 é dado o cronograma do projeto de pesquisa.

Tabela 1 – Cronograma

#	Etapa	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	out/22
1	Definição do tema de pesquisa					
2	Introdução					
3	Revisão da Literatura					
4	Estratégia de pesquisa e Descrição do Caso					
5	Desenvolvimento					
6	Resultados					
7	Conclusão					
8	Banca					

Fonte: Os autores, 2022.

3.4 PLANEJAMENTO DE PESQUISA

De acordo com Gil (2010) o planejamento de pesquisa ocorre quando se realiza o projeto de pesquisa, ou seja, quando as tarefas a serem realizadas durante a pesquisa são explicitadas e documentadas.

Abaixo observa-se a Tabela 2 que contém o fluxo de atividades que serão realizadas na pesquisa deste projeto.

Tabela 2 – Fluxo de atividades de pesquisa

1. Definição da estratégia de pesquisa
Será definido como será feito a pesquisa, quais metodos serão utilizados e a ordem de trabalho.
2. Definição do estudo de caso
Etapa em que é definida a empresa alvo da pesquisa (Segmento, local, porte, ativos, etc)
3. Desenvolvimento da pesquisa
Etapa onde onde as informações relevantes ao projeto serão coletadas, como: custos, fornecedores dos paineis fotovoltaicos, aspectos ambientais, aspectos legais, aspectos tecnicos entre outras.
4. Análise de resultados
Etapa onde a analise será realizada, tendo como output o resultado do projeto.

Fonte: Os autores, 2022.

4 DESCRIÇÃO DO ESTUDO DE CASO

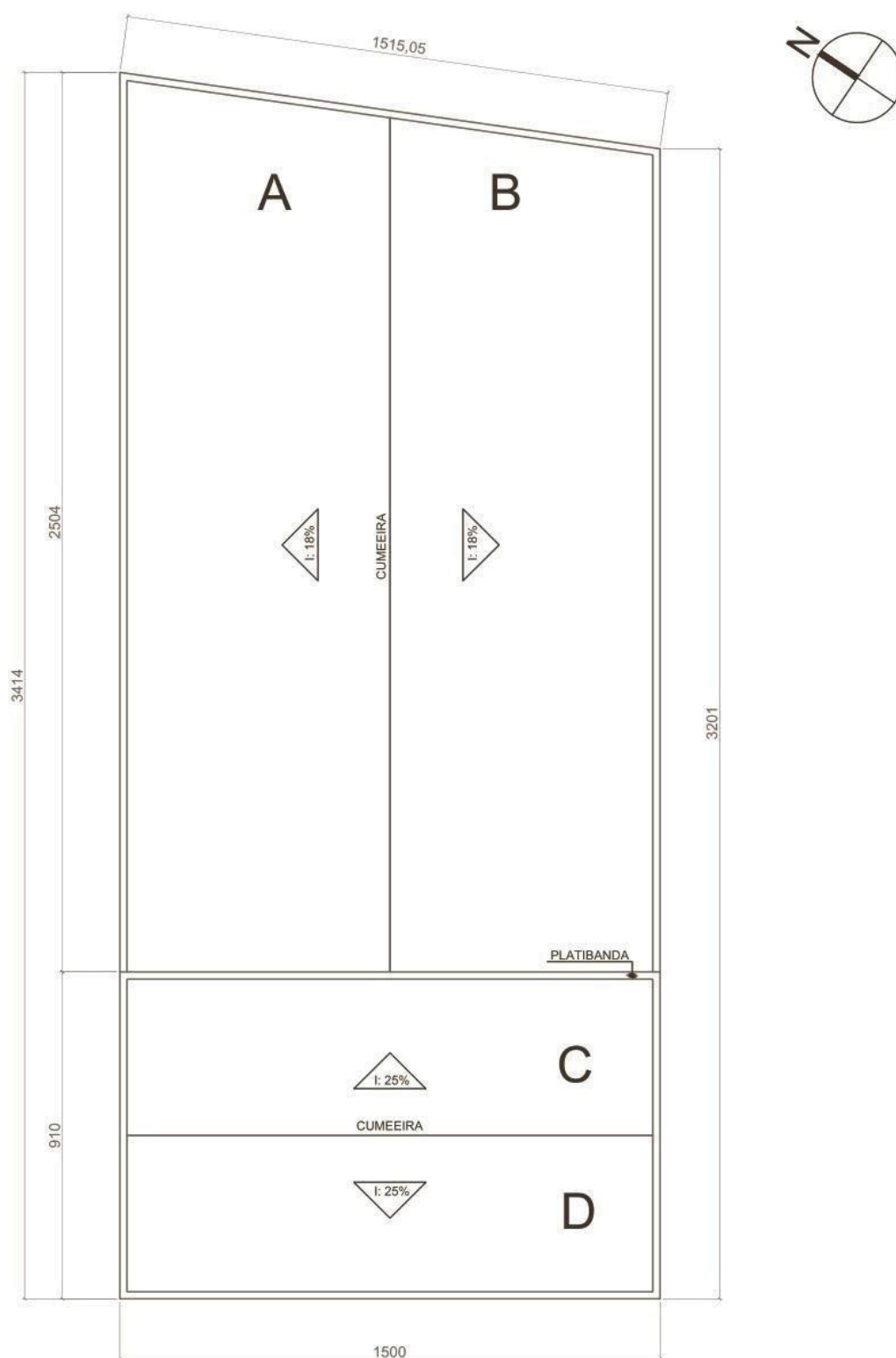
Neste trabalho é estudado a viabilidade técnica e econômica da instalação de painéis solares fotovoltaicos na empresa Bravo. A empresa Bravo atua no segmento de distribuição de fermentos e outros insumos para mercados e padarias na região do Noroeste paranaense, situada no município de Umuarama. Esta empresa apresenta 6 funcionários, se caracterizando como uma microempresa, tendo uma frota de 8 veículos de transporte de cargas para suprir os clientes situados em cidades próximas à empresa.

De acordo com o portal Cidade-Brasil, Umuarama conta com 100.716 habitantes contabilizados no último senso, estando a 447 metros de altitude, e a uma distância de 449 km de Curitiba.

Por causa do segmento de trabalho a empresa Bravo necessita de local e equipamentos adequados para manter estoque dos produtos com o qual ela trabalha, o principal produto, sendo o fermento para produção de pães e bolos, necessita de refrigeração para prolongamento da sua vida útil, para isso a empresa utiliza-se de uma câmara fria de 12 m³ (Largura 2 m, Altura 2 m e Comprimento 3 m) que mantém a temperatura de 0 até 5°C, causando, junto com os outros equipamentos elétricos, um custo médio de energia elétrica de R\$ 940,00 (valor obtido levando em conta o período de 06/2021 a 07/2022).

Por haver a necessidade de se estudar o espaço físico das dependências da empresa para a eficiência da instalação dos painéis a Figura 10 mostra um desenho esquema do telhado da empresa Bravo, local este que será utilizado como base para os painéis, sendo que este telhado apresenta área de aproximadamente 496 m².

Figura 10 – Esquema do telhado da empresa Bravo



PLANTA DE COBERTURA
ESC: 1/150

Fonte: Os autores, 2022.

Observação: Valores em centímetros.

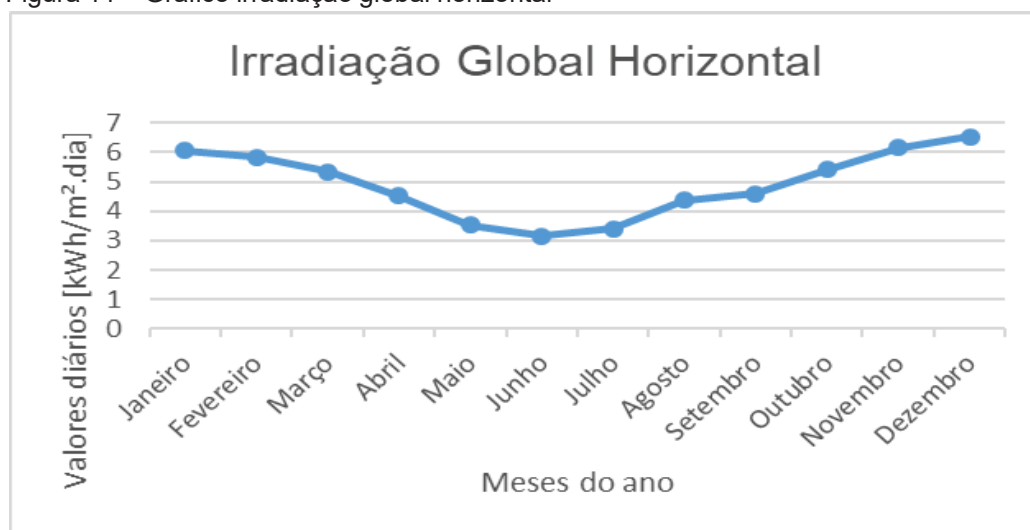
A seguir na Tabela 3 e Figura 11 pode-se observar os dados de irradiação solar pontuais do local do prédio da empresa Bravo, dados esses obtidos no site do Atlas Solar Paraná, e que se fazem necessários para a correta avaliação da viabilidade técnico-econômica deste projeto. É importante observar que há uma queda na irradiação solar nos meses de inverno (queda essa que está de acordo com a literatura sobre o tema), que causará uma perda na produtividade de energia dos painéis acarretando num resultado diferente para a viabilidade do projeto.

Tabela 3 – Irradiação global horizontal

Irradiação Global Horizontal	
Valores diários (kWh/m ² .dia)	
Janeiro	6,06
Fevereiro	5,82
Março	5,34
Abril	4,52
Mai	3,53
Junho	3,16
Julho	3,4
Agosto	4,37
Setembro	4,58
Outubro	5,4
Novembro	6,16
Dezembro	6,53
Primavera	5,38
Verão	6,14
Outono	4,47
Inverno	3,64
Anual	4,91
Total Anual	(kWh/m ² .ano)
1790	
Localização Geográfica	
Latitude	-23.76128412671364°
Longitude	-53.29526786359222°
Município	Umuarama
Mesorregião	NOROESTE PARANAENSE

Fonte: Atlas solar paraná, 2022.

Figura 11 – Gráfico irradiação global horizontal



Fonte: Atlas solar paraná, 2022.

Foi coletado, para o cáculo dentro da hipótese da lei 14.300/2022, o padrão de consumo que a empresa Bravo tem. Considerando sua operação apenas no turno comercial, exceto com os freezers que permanecem ligados fora desse período, chegamos a conclusão que o consumo instantâneo deve ser maior, visto que dentro do horário de geração do sistema é quando vai ocorrer também o maior consumo de energia. Por isso, para efeito concervador, vamos considerar 60% do consumo ocorrendo de forma instantânea.

5 RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados da pesquisa em função da aplicação da metodologia descrita anteriormente. Primeiramente será realizado a descrição do sistema fotovoltaico escolhido e a apresentação das informações relevantes obtidas através de orçamento realizado com uma empresa do ramo de geração distribuída pelo método solar, situada no município de Umuarama, ou seja, a viabilidade técnica referente a este projeto. Por fim será apresentado a viabilidade econômica do trabalho, onde os cculos econmico-financeiros relevantes serão explicados e descritos.

5.1 VIABILIDADE TÉCNICA

Para que os dados relevantes de viabilidade técnica fossem obtidos de forma a garantir a sua veracidade, foi realizado orçamento com uma empresa

especializada na implantação de sistema fotovoltaicos, sendo que a mesma se situa no município de Umuarama e atua na área de geração distribuída por painéis solares. A empresa de instalação visitou a empresa Bravo para melhor dimensionar os componentes que precisarão ser instalados, elaborando um relatório com as informações necessárias tanto para a viabilidade técnica quanto para a econômica.

Como mencionado (e descrito de forma mais completa) anteriormente, será utilizado o Sistema Fotovoltaico Distribuído Conectado à Rede (SFCR), sendo também integrado a edificação da empresa Bravo. O sistema será composto por 26 painéis de 330 W totalizando 8,58 kWp de potência do sistema, com cada painel possuindo área de 1,79 m² e eficiência de geração de 0,17. Com essas informações a empresa de solar forneceu uma lista com os produtos a serem adquiridos e o seu custo, sendo a mesma exposta na tabela 4.

Tabela 4 – Lista de Produtos e Custo Total

Equipamentos e serviços
Painel Solar 330 W
Inversor 5.0 kW 220 V
Inversor 3.0 kW 220 V 2MPPT com WIFI
String Box 4/2CC 32 A
Conjunto Conector MC4
Cabo Solar 6 mm 1000 V VERM
Cabo Solar 6 mm 1000 V PTO
Estrutura de Fixação
Projeto e Instalação
Custo Total Estimado = R\$ 31.600,00

Fonte: Empresa de instalação solar, 2022.

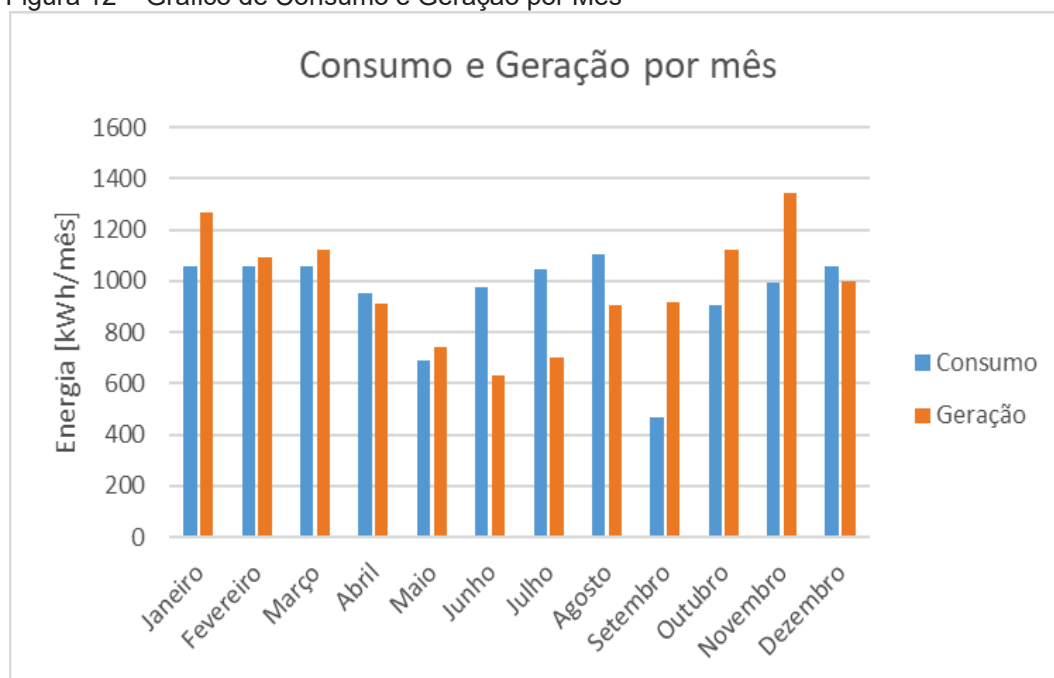
Com essas informações é possível obter estimativa de geração de energia para 12 meses, estimativa que é feita levando em conta que os painéis serão instalados na posição de melhor aproveitamento dos raios solares, ou seja, apontados para o norte e com inclinação igual ou próxima à da latitude do local de instalação, sendo que neste caso é de aproximadamente 23,76°. Na Tabela 5 pode-se observar os dados de consumo e geração obtidos, e ainda na Figura 12 temos a representação gráfica destes mesmos dados.

Tabela 5 – Tabela de Consumo e Geração por Mês

Mês	Consumo [kWh/mês]	Geração [kWh/mês]
Janeiro	1061	1270
Fevereiro	1061	1095
Março	1061	1120
Abril	954	910
Maio	690	740
Junho	974	630
Julho	1048	700
Agosto	1102	905
Setembro	470	920
Outubro	906	1120
Novembro	995	1345
Dezembro	1061	1002
Média	949	980

Fonte: Empresa de instalação solar e Bravo, 2022.

Figura 12 – Gráfico de Consumo e Geração por Mês



Fonte: Empresa de instalação solar e Bravo, 2022.

É importante observar que a geração média ao longo do ano excede o consumo médio anual, acarretando não somente na compensação mensal da energia consumida, além da taxa mínima a ser paga na conta de energia, mas também na geração de energia injetada na rede que, por sua vez, irá gerar créditos para compensar os meses de menor geração, como os de inverno, onde a

exposição a radiação solar é menor pelo fato dos dias mais curtos e com mais incidência de nuvens.

5.2 VIABILIDADE ECONÔMICA

Como exposto no capítulo 2 deste trabalho, a análise da viabilidade econômica foi realizada pelo cálculo de indicadores de viabilidade como o VPL, TIR, fluxo de caixa e payback descontado.

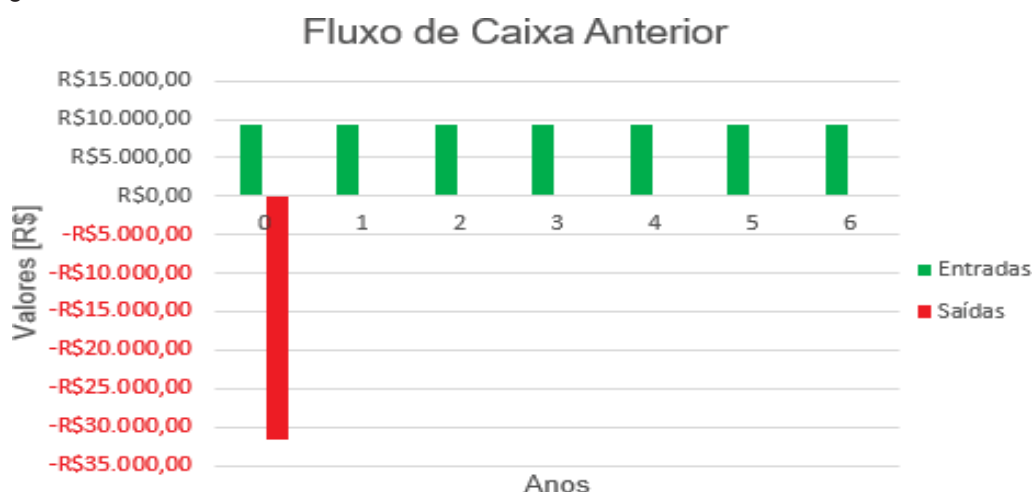
Foi realizada reunião com o patrocinador deste projeto de implementação de energia distribuída, que no caso é o dono da empresa Bravo, onde fatores e premissas importantes para a viabilidade foram decididos. Primeiramente o custo do projeto de R\$ 31.600,00 será pago integralmente utilizando-se reservas da própria empresa destinada a novos investimentos, ainda foi estipulado um limite de 6 anos para recuperação do custo do projeto, e uma taxa mínima de atratividade (TMA) de 6% (seguindo a média da taxa Selic segundo dados do COPOM dos últimos 3 anos, 2019, 2020 e 2021), os custos de manutenção dos equipamentos será desconsiderado para esta análise já que a empresa de instalação do projeto oferece garantia de 15 anos, por fim o consumo anual da empresa não deve mudar no período de análise já que a empresa não planeja adquirir novos equipamentos que consomem energia elétrica e nem mudar seu padrão de produção.

Como na viabilidade técnica obtemos os dados de consumo e geração, é necessário converter estes valores em reais para que seja analisada economicamente a viabilidade, para isso é preciso estabelecer a tarifa de energia em reais para cada kWh consumido e gerado. A COPEL (Companhia Paranaense de Energia) é a empresa responsável pela distribuição e cobrança da energia no município de Umuarama com o qual a empresa Bravo se localiza, resultando assim numa tarifa de 0,8 R\$/kWh para o caso anterior a mudança de legislação, valor este que já inclui impostos como ICMS e PIS/COFINS. É importante frisar que como premissa do projeto estes valores da tarifa serão constantes durante todo o período de análise. Além disso, será necessário dividir os cálculos a partir de agora em duas situações: resoluções normativas e Lei 14.300.

5.2.1 VIABILIDADE CONFORME REGRAS DAS RESOLUÇÕES NORMATIVAS

Primeiro vamos gerar o fluxo de caixa, contemplando a situação válida para as resoluções normativas da ANEEL, anteriores à lei 14.300.

Figura 13 – Gráfico Fluxo de Caixa Anterior



Fonte: Os Autores, 2022.

Na Figura 13 é possível observar o fluxo de caixa antes da mudança da lei.

Tabela 6 – Situação anterior

Mês	Consumo [kWh/mês]	Geração [kWh/mês]	Tarifa [R\$/kWh]	Consumo [R\$]	Geração [R\$]	Crédito [R\$]
Janeiro	1061	1270	0,8	R\$848,80	R\$1.016,00	R\$167,20
Fevereiro	1061	1095	0,8	R\$848,80	R\$876,00	R\$27,20
Março	1061	1120	0,8	R\$848,80	R\$896,00	R\$47,20
Abril	954	910	0,8	R\$763,20	R\$728,00	-R\$35,20
Mai	690	740	0,8	R\$552,00	R\$592,00	R\$40,00
Junho	974	630	0,8	R\$779,20	R\$504,00	-R\$275,20
Julho	1048	700	0,8	R\$838,40	R\$560,00	-R\$278,40
Agosto	1102	905	0,8	R\$881,60	R\$724,00	-R\$157,60
Setembro	470	920	0,8	R\$376,00	R\$736,00	R\$360,00
Outubro	906	1120	0,8	R\$724,80	R\$896,00	R\$171,20
Novembro	995	1345	0,8	R\$796,00	R\$1.076,00	R\$280,00
Dezembro	1061	1002	0,8	R\$848,80	R\$801,60	-R\$47,20
Média	949	980	0,8	R\$758,87	R\$783,80	R\$24,93
total [kWh/ano]	11383	11757	-	R\$9.106,40	R\$9.405,60	R\$299,20
				Renda anual	R\$9.405,60	

Fonte: Os Autores, 2022.

Na Tabela 6 são explicitados os dados referentes à situação anterior à mudança da lei, a renda anual se dá pelo total gerado já que o total consumido e um valor de crédito poderão ser alocados na conta da empresa Bravo.

Tabela 7 – VPL, TIR e Payback Descontado Anterior

Ano	Fluxo de Caixa	Fluxo Descontado	Saldo	TMA	VPL
0	-R\$31.600,00	-R\$31.600,00	-R\$31.600,00	0%	R\$24.833,60
1	R\$9.405,60	R\$8.873,21	-R\$22.726,79	10%	R\$9.363,84
2	R\$9.405,60	R\$8.370,95	-R\$14.355,84	15%	R\$3.995,33
3	R\$9.405,60	R\$7.897,12	-R\$6.458,72	20%	-R\$321,58
4	R\$9.405,60	R\$7.450,12	R\$991,40	25%	-R\$3.840,09
5	R\$9.405,60	R\$7.028,41	R\$8.019,81	30%	-R\$6.743,39
6	R\$9.405,60	R\$6.630,58	R\$14.650,39	35%	-R\$9.166,17
TMA	VPL	Payback Descontado	TIR		
6%	R\$14.650,39	< 4 anos	19,59%		

Fonte: Os Autores, 2022.

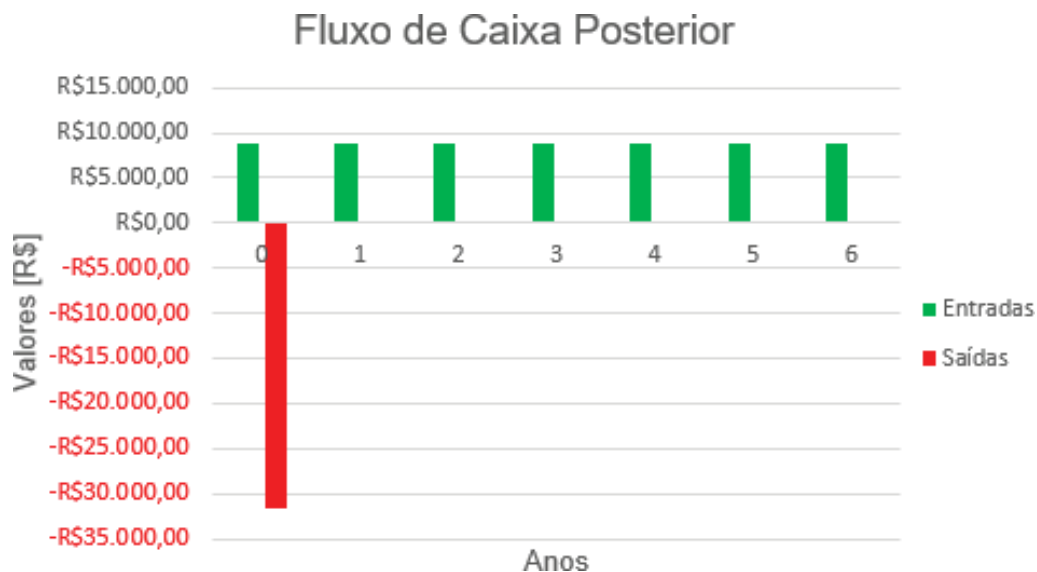
Como resultado temos a Tabela 7 que nos mostra que o projeto em sua situação anterior é viável economicamente, já que o VPL é positivo no valor de R\$ 14.650,39, o payback descontado é menor que o limite estipulado ficando abaixo de 4 anos e a TIR é maior do que a TMA, sendo igual a 19,59%.

5.2.2 VIABILIDADE CONFORME REGRAS DA LEI 14.300/2022

Segundo a análise, faremos a simulação incluindo a taxaço imposta pela lei 14.300/2022, que regulamenta a cobrança da componente tarifária TUSD fio B na fatura de energia elétrica, pela utilização da estrutura de rede elétrica disponibilizada pela concessionária para a distribuição da energia elétrica da região.

Para os cálculos, foi considerada a taxaço do fio B cobrada pela CELESC, concessionária responsável pelo atendimento na região de SC, que é no valor de R\$ 0,118 por kWh ou seja 20,16% do valor cobrado por kWh pela distribuidora. Segundo site oficial da ANEEL, que não disponibilizou na data da consulta o valor do Fio B cobrado pela COPEL, responsável pela distribuição na região do nosso caso de estudo. Vale ressaltar, como levantado anteriormente neste trabalho, que para efeito de cálculo foi considerado um consumo instantâneo de 60% da energia gerada pelo sistema fotovoltaico, visto conforme análise de campo feita.

Figura 14 – Gráfico Fluxo de Caixa Posterior



Fonte: Os Autores, 2022.

Tabela 8 – Situação Posterior

Mês	Consumo [kWh/mês]	Geração [kWh/mês]	Tarifa [R\$/kWh]	Consumo [R\$]	Geração [R\$]	Crédito [R\$]	Tarifa 14.300 [R\$/kWh]	% da geração inserida na rede [kWh/mês]	Valor a pagar 14.300 [R\$]
Janeiro	1061	1270	0,8	R\$848,80	R\$1.016,00	R\$167,20	R\$0,12	508	R\$59,94
Fevereiro	1061	1095	0,8	R\$848,80	R\$876,00	R\$27,20	R\$0,12	438	R\$51,68
Março	1061	1120	0,8	R\$848,80	R\$896,00	R\$47,20	R\$0,12	448	R\$52,86
Abril	954	910	0,8	R\$763,20	R\$728,00	-R\$35,20	R\$0,12	364	R\$42,95
Mai	690	740	0,8	R\$552,00	R\$592,00	R\$40,00	R\$0,12	296	R\$34,93
Junho	974	630	0,8	R\$779,20	R\$504,00	-R\$275,20	R\$0,12	252	R\$29,74
Julho	1048	700	0,8	R\$838,40	R\$560,00	-R\$278,40	R\$0,12	280	R\$33,04
Agosto	1102	905	0,8	R\$881,60	R\$724,00	-R\$157,60	R\$0,12	362	R\$42,72
Setembro	470	920	0,8	R\$376,00	R\$736,00	R\$360,00	R\$0,12	368	R\$43,42
Outubro	906	1120	0,8	R\$724,80	R\$896,00	R\$171,20	R\$0,12	448	R\$52,86
Novembro	995	1345	0,8	R\$796,00	R\$1.076,00	R\$280,00	R\$0,12	538	R\$63,48
Dezembro	1061	1002	0,8	R\$848,80	R\$801,60	-R\$47,20	R\$0,12	400,8	R\$47,29
Média	949	980	0,8	R\$758,87	R\$783,80	R\$24,93	R\$0,12	391,9	46,2442
total [kW]	11383	11757	-	R\$9.106,40	R\$9.405,60	R\$299,20	-	4702,8	R\$554,93
				Renda anual	R\$8.850,67				

Fonte: Os Autores, 2022.

A situação posterior é ilustrada na Tabela 8, onde o valor pela energia devolvida a rede foi estimado como sendo 40% do total gerado, assim este valor foi utilizado a tarifa de 0,118 R\$/kWh resultado no valor anual de R\$554,93 deduzidos da renda anual.

Tabela 9 – VPL, TIR e Payback Descontado Posterior

Ano	Fluxo de Caixa	Fluxo Descontado	Saldo	TMA	VPL
0	-R\$31.600,00	-R\$31.600,00	-R\$31.600,00	0%	R\$21.504,02
1	R\$8.850,67	R\$8.349,69	-R\$23.250,31	10%	R\$6.946,97
2	R\$8.850,67	R\$7.877,06	-R\$15.373,25	15%	R\$1.895,21
3	R\$8.850,67	R\$7.431,19	-R\$7.942,05	20%	-R\$2.167,01
4	R\$8.850,67	R\$7.010,56	-R\$931,50	25%	-R\$5.477,92
5	R\$8.850,67	R\$6.613,74	R\$5.682,24	30%	-R\$8.209,93
6	R\$8.850,67	R\$6.239,37	R\$11.921,61	35%	-R\$10.489,77
TMA	VPL	Payback Descontado	TIR		
6%	R\$11.921,61	< 5 anos	17,20%		

Fonte: Os Autores, 2022.

O projeto em sua situação posterior se mostra também viável, com um VPL de R\$11.921,61 , payback descontado menor que 5 anos e TIR de 17,20%, acima da TMA.

6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Na Tabela 10 pode-se observar o compilado dos resultados relevantes a esta pesquisa.

Tabela 10 – Compilado dos Resultados

Situação	Geração Média Anual [kWh/ano]	Renda Anual	TMA = 6% a.a.		
			VPL	Payback Descontado	TIR
Anterior	980	R\$9.405,60	R\$13.232,17	< 4 anos	19,59%
Posterior	980	R\$8.850,67	R\$11.921,61	< 5 anos	17,20%

Fonte: Os Autores, 2022.

Com os dados de viabilidade técnica adquiridos com o auxílio da empresa Charlie, onde ficou definido que se utilizarão 26 painéis de 330 W cada, situados no telhado da empresa Bravo, mais os equipamentos necessários, é possível dizer que este projeto é viável tecnicamente. Em relação a viabilidade econômica constatou-se que o projeto é viável na situação anterior e posterior, sendo que o seu tempo de retorno se alterou de menos de 4 para menos de 5 anos.

7 CONCLUSÃO

Este capítulo é destinado a apresentar a discussão dos resultados obtidos por meio da verificação do cumprimento dos objetivos, reconhecimento das limitações do trabalho e por fim a apresentação de sugestões para pesquisas futuras de mesma natureza e a sua contribuição para o campo de pesquisa.

O objetivo principal deste trabalho foi estudar a viabilidade técnica e econômica da instalação de painéis fotovoltaicos como única forma de geração de energia na empresa de pequeno porte Bravo, no município de Umuarama no Paraná. Buscou-se avaliar de forma mais realista possível se o projeto de instalação desses painéis seria possível e se o retorno do investimento estaria no prazo estabelecido utilizando as ferramentas relevantes para esta análise.

7.1 VERIFICAÇÃO DO CUMPRIMENTO DOS OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICO

Segundo o objetivo geral, “Analisar a viabilidade econômica e técnica da instalação de painéis fotovoltaicos, para geração de energia elétrica por consumidores de baixa tensão, geralmente residências e empresas de pequeno porte. Depois da implantação da Lei 14.300 com relação às antigas regras das resoluções normativas 482 e 685 da ANEEL”; foi possível aplicar e desenvolver a metodologia proposta em função dos objetivos específicos que se seguem:

OE1 - Analisar a viabilidade econômica da instalação de painéis solares na empresa bravo, da cidade de Umuarama no estado do Paraná; Por meio dos indicadores econômicos como fluxo de caixa, VPL, TMA, TIR, payback descontado verificou-se viabilidade econômica dentro da normativa vigente e também da lei 14.300/2022 dentro dos padrões de investimento estabelecidos pela empresa, complementarmente foi encontrado a vantagem de um ano no tempo de retorno de investimento (payback) para unidades consumidoras que realizarem a instalação antes da vigência da lei. O que não inviabiliza a instalação posterior ao marco legal, já que o tempo de retorno subiu para 4 ao invés de 3 anos.

OE2 - Analisar a viabilidade técnica da instalação de painéis solares em empresa de pequeno porte na cidade de Umuarama no estado do Paraná; A partir

dos dados da empresa e de dados de fornecedor dos painéis verificou-se viabilidade técnica positiva para a instalação dos mesmos na empresa alvo do estudo.

OE3 - Realizar análise entre os resultados obtidos, ou seja, integração entre a viabilidade técnica e a econômica da nova e antiga regra; Por meio de dados obtidos durante a pesquisa conclui-se que as viabilidades técnica e econômica continuam sendo possíveis para consumidores do grupo B, mesmo após o marco legal da geração distribuída, onde levando em conta as limitações técnicas se verificou que o projeto é interessante financeiramente por se pagar dentro da média de 5 anos.

7.2 LIMITAÇÕES DO TRABALHO: ASPECTOS TEÓRICOS, METODOLÓGICOS E PRÁTICOS

Aspectos Teóricos: Não houve dificuldade na obtenção de referências bibliográficas para os assuntos relevantes a esta pesquisa. Não ocorreram impedimentos ao acesso a informações internas da empresa Bravo já que o dono da mesma teve total disposição para colaborar.

Aspectos Metodológicos: Não foram encontrados impedimentos e limitações quanto a metodologia desta pesquisa.

Aspectos Práticos: Os instrumentos práticos de coleta de dados utilizados nesta pesquisa foram, entrevista com o dono na empresa Bravo, acesso as faturas de energia e informações de consumo, orçamentação com a empresa de instalação do sistema solar fotovoltaico.

7.3 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Considerando a crescente necessidade de preservação ambiental e sustentabilidade, a metodologia utilizada neste texto pode ser aplicada para projetos de geração de energia distribuída tanto solar, quanto eólica ou biomassa, sendo que também pode ser utilizada em qualquer projeto de viabilidade de máquinas e equipamentos para empresas de pequeno porte, porém é necessário que as especificidades de cada caso sejam consideradas de forma correta a fim de garantir um resultado coerente com a realidade.

Além disso, essa diminuição da atratividade do sistema fotovoltaico ligado a rede para quem precisa exportar energia a fim de utilizá-la em outro momento abre brecha para uma possível viabilidade da tecnologia de inversores híbridos, que

apesar de mais caros, pode se tornar uma solução para esses casos com um retorno que justifique o investimento considerando a regras da Lei 14.300/2022. Justificando então a análise para estudos futuros focados em smart grids.

7.4 CONTRIBUIÇÃO PARA A INDÚSTRIA 4.0

No contexto da Indústria 4.0, a automação vêm ganhando papel cada vez maior e isso agregado a novas tecnologias traz um aumento na dependência e demanda de energia elétrica, não por acaso os 9 pilares da indústria 4.0 dependem da mesma para funcionamento. Dessa forma a energia elétrica tem sinergia de trabalho com a quarta revolução industrial e a fotovoltaica vêm de encontro com as premissas de sustentabilidade por ser uma fonte renovável, a apresentação desse trabalho mostra resultados relevantes para empresas de pequeno porte que buscam se modernizar a fim de se manter competitivas no mercado 4.0.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. M. de. **Introdução à metodologia do trabalho científico**. 10. Ed. São Paulo: Atlas, 2010.

ANEEL, **Atlas de energia elétrica do Brasil**, Disponível em <www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/livro_atlas.pdf> Acesso em: 3 jun. 2022.

ANEEL, **Atlas energia solar**, Disponível em <[http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar(3).pdf)> Acesso em: 3 jun. 2022.

ANEEL. “**Resolução Normativa 482 de 17 de abril de 2012**”, 2012, Disponível em <<http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Resolu%C3%A7%C3%A3o%20Normativa%20482,%20de%202012%20-%20bip-junho-2012.pdf>> Acesso em: 10 jul. 2022.

ANEEL. “**Resolução Normativa 687 de 24 de novembro de 2015**”, 2015, Disponível em <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>> Acesso em: 10 jul. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11704**: Sistemas fotovoltaicos: classificação. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16149**: Sistemas Fotovoltaicos (FV) – Características de interface de conexão com a rede elétrica de distribuição. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16150**: Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16274**: Sistemas fotovoltaicos conectados à rede – Requisitos mínimos para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410**: Instalações elétricas de baixa tensão.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5419**: Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10899**: Energia solar fotovoltaica – terminologia. 2013.

ATLAS SOLAR PARANÁ, **Mapa interativo**. Disponível em <<http://atlassolarparana.com/map;jsessionid=8CF0B2EC71BAC02D8AD59C9A121C6A05>> Acesso em: 16 jun. 2022.

BINENBOJM, Marcelo. **Análise da Viabilidade Econômico-financeira de Empreendimentos Imobiliários com Foco nos Sistemas de Financiamento**. Monografia – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.

BORDEAUX-RÊGO, Ricardo et al. **Viabilidade econômica-financeira de projetos**. Rio de Janeiro: FGV, 2006.

BRASIL, Cidade. **Município de Umuarama**. Disponível em: <<https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-umuarama.html>>. Acesso em: 17 jun. 2022.

CAMLOFFSKI, Rodrigo. **Análise de investimentos e viabilidade financeira das empresas**. São Paulo: Atlas, 2014.

CASAROTTO FILHO, Nelson. **Elaboração de projetos empresariais**. 2. São Paulo: Atlas, 2016.

CAVALCANTE, Francisco. **Análise de projetos de investimento**. Cavalcante & Associados, ano I, n. 8, 1998.

CONFAZ, **Convênio ICMS 16**, 22 de Abril de 2015. Disponível em <https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/2015/CV016_15> Acessado em: 20 ago. 2022.

COPEL, **NTC 905100**: Acesso de geração distribuída ao sistema da COPEL (com comercialização de energia). Disponível em <[https://www.copel.com/hpcopel/root/ntcarquivos.nsf/0342A62F50C68EC4032577F500644B9A/\\$FILE/905100.pdf](https://www.copel.com/hpcopel/root/ntcarquivos.nsf/0342A62F50C68EC4032577F500644B9A/$FILE/905100.pdf)> Acessado em: 21 ago. 2022.

COPEL, **NTC 905200**: Acesso de micro e minigeração distribuída ao sistema da COPEL (com compensação de energia). Disponível em <[https://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/verdocatual/E59DF9E94B635F678325831D0047F719/\\$FILE/NTC905200_Rev04102018.pdf](https://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/verdocatual/E59DF9E94B635F678325831D0047F719/$FILE/NTC905200_Rev04102018.pdf)> Acesso em: 21 ago. 2022.

DICIONÁRIO FINANCEIRO, **O que é a TIR e como calcular**. Disponível em <<https://www.dicionariofinanceiro.com/tir-taxa-interna-retorno/>> Acesso em: 15 jun. 2022.

EPE, **Anuário estatístico de energia elétrica**. 2018. Disponível em <<http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuario2018vf.pdf>> Acesso em: 25 jun. 2022.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 5. Ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GITMAN, Laurence J. **Princípios de administração financeiras**. 7. Ed. São Paulo: Harbra, 1997. – vol. 7.

GREENPRO, **Energia Fotovoltaica** – Manual sobre tecnologias, projeto e instalações. União Europeia: Altener, 2014.

HASTINGS, David F. **Análise financeira de projetos de investimento de capital**. São Paulo: Saraiva, 2013.

HERTWICH, Edgar G. et al. **Integrated life-cycle assessment of electricity-supply scenarios confirms global environment benefit of low-carbon Technologies**. Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 112, n. 20, 2015. Disponível em <<https://www.pnas.org/content/pnas/112/20/6277.full.pdf>> Acesso em: 28 jun. 2022.

IAP, **Portaria nº 19**. 06 de Fevereiro de 2017. Disponível em <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=337165>> Acesso em: 5 ago. 2022.

JARDIM, C. S. **A inserção da geração solar fotovoltaica em alimentadores urbanos enfocando a redução do pico de demanda diurno**. 2007 148 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

KANNAN, N.; VAKEESAN, D. **Solar energy for future world: A review**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 62, p. 1092 – 1105, 2016.

LEGISLAÇÃO INFORMATIZADA, **Lei nº 13.169**, 6 de Outubro de 2015. Disponível em <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2015/lei-13169-6-outubro-2015-781720-publicacaooriginal-148365-pl.html>> Acesso em: 8 ago. 2022.

MACEDO, A. C. **Um enfoque do orçamento empresarial como ferramenta de controle e avaliação de desempenho**. [seção do livro] // Anado XVII Congresso Brasileiro de Contabilidades. – Santos: CFC, 2004.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia Científica**. 6. Ed. São Paulo: Atlas S.A., 2011.

NR 10, **Segurança em instalações e serviços em eletricidade**. Disponível em <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR10.pdf>> Acesso em: 8 ago. 2022.

PINHO, João T.; GALDINO, Marco A. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. CRESESB. 2014.

PRODIST, **Módulo 3**: Acesso ao sistema de distribuição. Disponível em <<http://www.aneel.gov.br/modulo-3>> Acesso em: 8 ago. 2022.

ROSA, Carlos Alberto da. **Fundamentos de Engenharia Econômica**. 1. Ed. CRcom Editora Eletrônica, 2013.

SANTOS, Leda Maria Antunes dos. **Análise de Investimentos**. 2010.

SEMA/IAP, **Resolução nº 09**. 03 Novembro de 2010. Disponível em <<https://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/pesquisarAto.do?action=exibir&codAto=60126&indice=1&totalRegistros=11>> Acesso em: 8 ago.2022.

SOLAR POWER EUROPE. **Global Market Outlook: For Solar Power 2019 - 2023**. Disponível em: <<http://www.solarpowereurope.org/global-market-outlook-2019-2023/>>. Acesso em: 7 jun. 2022.

SOUZA, D. C. **Estudo de viabilidade econômica de aquisição de equipamento de inserção SMD em empresa montadora eletrônica**. Tese (MBA). Itajubá: UNIFEI, 2004.

SOUZA, Marcio Eli Moreira de. **Inserção de Microgeração distribuída nas redes de baixa tensão**: Implantação de telhados solares – Estudo de Caso Real.

Dissertação de Mestrado de Engenharia Elétrica, UFMG. Belo Horizonte, Minas Gerais, 2014.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiommo. **Energia Renovável**: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica. 3. ed. Rio de Janeiro: Epe, 2016.

TORRES, Regina Célia. **Energia solar fotovoltaica como fonte alternativa de geração de energia elétrica em edificações residenciais**, 2012. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. Disponível em <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18147/tde-18032013-091511/en.php>> Acesso em: 7 jun. 2022.

VERAS, Lilia Ladeira. **Matemática Financeira**. 6. Ed. São Paulo: Atlas, 2007.

YIN, Robert K., **Estudo de caso**: Planejamento e Métodos. 5. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.