

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

NICOLE DE OLIVEIRA PEREIRA

ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLEMENTAÇÃO DA ENERGIA
SOLAR FOTOVOLTAICA EM RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR NO MUNICÍPIO DE
PONTAL DO PARANÁ-PR

PONTAL DO PARANÁ

2022

NICOLE DE OLIVEIRA PEREIRA

ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLEMENTAÇÃO DA ENERGIA
SOLAR FOTOVOLTAICA EM RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR NO MUNICÍPIO DE
PONTAL DO PARANÁ-PR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, CPP-CEM, Centro de Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária em Pontal do Paraná.

Orientadora: Prof(a). Dr(a). Juliana Almansa Malagoli

PONTAL DO PARANÁ

2022

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DO CENTRO DE ESTUDOS DO MAR

Pereira, Nicole de Oliveira
P434a Análise da viabilidade econômica da implantação da energia solar fotovoltaica em residência unifamiliar no município de Pontal do Paraná [recurso eletrônico] Nicole de Oliveira Pereira. – Pontal do Paraná, 2022.
1 arquivo [67 f.] : PDF.

Orientadora: Profa. Dra. Juliana Almansa Malagoli

Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Paraná, Campus Pontal do Paraná, Centro de Estudos do Mar, Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária.

1. Energia solar. 2. Sistemas de energia fotovoltaica. I. Malagoli, Juliana Almansa.
II. Título. III. Universidade Federal do Paraná.

CDD - 620



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS PONTAL DO PARANÁ - CENTRO DE ESTUDOS DO MAR
Avenida Deputado Anibal Khury, 2033, - Bairro Balneário Pontal do Sul,
Pontal do Paraná/PR, CEP 83255-976
Telefone: 4135118600 - <http://www.ufpr.br/>

Despacho nº 4491281/2022/UFPR/R/PP

Processo nº 23075.028374/2022-35

TERMO DE APROVAÇÃO

Nicole de Oliveira Pereira

“ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLEMENTAÇÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EM RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR NO MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ-PR”

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária, da Universidade Federal do Paraná, pela Banca formada pelos membros:

Prof. Dr. Carlos Adalberto Schnaider Batista - CPP-CEM/UFPR

Prof. Dr. Virnei Silva Moreira - CPP-CEM/UFPR

Prof^a. Dra. Juliana Almansa Malagoli - CPP-CEM/UFPR
Presidente

Pontal do Paraná, 06 de Maio de 2022.



Documento assinado eletronicamente por **JULIANA ALMANSA MALAGOLI, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 09/05/2022, às 11:50, conforme art. 1º, III, "b", da Lei



Documento assinado eletronicamente por **VIRNEI SILVA MOREIRA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 09/05/2022, às 17:18, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **CARLOS ADALBERTO SCHNAIDER BATISTA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 09/05/2022, às 20:48, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida [aqui](#) informando o código verificador **4491281** e o código CRC **3B82DE22**.

Dedico este trabalho aos meus pais, como forma de retribuir todo o esforço despendido na minha educação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais pelo esforço e trabalho despendido para me proporcionar um bom estudo, que me possibilitou ingressar nessa graduação e finalizá-la com êxito, sem nenhuma reprovação. Vocês me deram muito mais que o acesso à uma educação de qualidade, mas sim a valores, exemplos e princípios que me tornaram uma mulher forte e dedicada.

Agradeço a minha orientadora Profa. Juliana Almansa Malagoli pela instrução na realização deste trabalho, pelas correções e tempo demandado para zelar pela sua excelência, pelos ensinamentos e pela amizade.

A todos os professores que passaram pela minha vida, desde o ensino básico até a graduação, através dos seus cuidados e lições moldaram a pessoa que sou hoje. E ao ensino público fornecido pela Universidade Federal do Paraná, custeado pelos cidadãos, que concretizou a minha formação.

Agradeço a Nicole do passado que se dedicou aos estudos, procurando sempre orgulhar seus pais e a si mesma. E para a Nicole do futuro eu lhe deixo a lembrança de que se nós fomos capazes de escrever este trabalho, somos capazes de tudo.

Agradeço a minha família pelas altas expectativas, até mesmo quando eu duvidava de mim mesma, pelo carinho e cuidado ao longo de toda minha vida.

Aos meus amigos sou grata pela parceria, cumplicidade e bons momentos, durante essa trajetória. Um memorável agradecimento a todos os amigos que fiz durante a caminhada acadêmica, que compartilharam comigo longos e cansativos trabalhos em grupos e que fizeram esse período mais leve e divertido, pessoas que quero levar para a vida e marcaram para sempre o meu coração: Camila Vieira, Heloísa Rodrigues, Guilherme Costa, Daniel Gaspar, Viviane Munaro, Michel Demorvann e Matilde Duim.

Um agradecimento especial ao meu namorado pelo apoio, companhia e incentivo durante a execução deste trabalho e ao meu cachorrinho Summer, que esteve presente em minha vida por um curto espaço de tempo, mas a marcou eternamente com seu amor incondicional e sua alegria.

Finalmente agradeço também a Deus pelo dom da vida e de poder vivê-la.

*“São nossas escolhas que revelam quem realmente
somos, muito mais do que nossas qualidades”.*
(Alvo Dumbledore, Harry Potter e a Pedra Filosofal)

RESUMO

O aumento da demanda de energia elétrica e a falta de diversificação da matriz energética brasileira promove o incentivo a novas alternativas para suprir esta demanda de consumo, sendo a mais indicada a energia solar fotovoltaica. Uma energia limpa, de fácil instalação e manutenção, podendo ser implementada no telhado de residências através da iniciativa privada. Neste contexto, conhecer a viabilidade de implementação dessa tecnologia para famílias pequenas, com um consumo relativo à baixa e média renda, é indispensável para promover sua disseminação e trabalhar em incentivos fiscais. Desta forma, o presente trabalho o projeto de instalação de energia solar fotovoltaica para uma residência modelo localizada em Pontal do Paraná – PR. Diante disto, pesquisou-se as empresas de energia solar da região e solicitou-se um orçamento sobre os dispositivos necessários para instalação do projeto realizado para a residência modelo. Através destes, foi realizada uma média de investimento inicial e executado os cálculos que fornecem a viabilidade do projeto. Nos resultados obteve-se a descapitalização da moeda durante os anos e o tempo de retorno do investimento. Além disso, o projeto apresenta a análise se é viável ou não para uma baixa taxa de consumo. Em termos ambientais, sua presença e incentivo é indispensável para frear os constantes danos advindo da construção de hidrelétricas, principal fonte de energia elétrica do país. Assim, este trabalho serve de fonte de informação para criação de incentivos que favoreçam a sua adoção.

Palavras-chave: Energia solar fotovoltaica. *Payback*. Valor Presente Líquido. Viabilidade econômica. Taxa Interna de Retorno.

ABSTRACT

The increased demand for electricity and the lack of diversification of the Brazilian energy matrix promotes the incentive to new alternatives to meet this consumption demand, being the most indicated solar photovoltaic energy. A clean energy, easy installation and maintenance, can be implemented on the roof of residences through the private initiative. In this context, knowing the feasibility of implementing this technology for small families, with a consumption related to low and middle income, is indispensable to promote its dissemination and work in tax incentives. Thus, the present work the project of photovoltaic installation for a model residence located in Pontal do Paraná - PR. In view of this, the solar energy companies in the region were researched and a budget was requested on the devices necessary for the installation of the project carried out for the model residence. Through these, an average initial investment was carried out and the calculations that provide the viability of the project were performed. In the results, the currency was decapitalized during the years and the return on investment time. In addition, the project presents the analysis of whether or not it is feasible for a low consumption rate. In environmental terms, its presence and incentive is indispensable to restraining the constant damage resulting from the construction of hydroelectric plants, the country's main source of electricity. Thus, this work serves as a source of information for the creation of incentives that favor its adoption.

Keywords: Photovoltaic solar energy. Payback. Net Present Value. Economic viability. Internal Rate of Return.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – VIAS DE ENTRADA DA RADIAÇÃO SOLAR NO PLANETA E O COMPORTAMENTO DOS RAIOS SOLARES.....	22
FIGURA 2 – IRRADIAÇÃO GLOBAL HORIZONTAL NO BRASIL.....	28
FIGURA 3 – POTENCIAL DE GERAÇÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL.....	29
FIGURA 4 – MAPA INTERATIVO DA IRRADIAÇÃO NO PLANO INCLINADO DA LATITUDE.....	31
FIGURA 5 – MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ-PR.....	36
FIGURA 6 – MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ.....	36

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – UNIDADES DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A REDE DE DISTRIBUIÇÃO.....	30
GRÁFICO 2 – TAXAS DE IRRADIAÇÃO EM SUAS DIVERSAS COMPONENTES DURANTE O ANO NO BRASIL.	31
GRÁFICO 3 – VALORES DOS QUADROS 5 E 6.....	45
GRÁFICO 4 – LUCRO OBTIDO COM ADOÇÃO DA ENERGIA SOLAR DURANTE A VIDA ÚTIL DO PROJETO.....	53
GRÁFICO 5 - LUCRO NO TEMPO PRESENTE OBTIDO COM ADOÇÃO DA ENERGIA SOLAR DURANTE A VIDA ÚTIL DO PROJETO.	56

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – BANDEIRAS TARIFÁRIAS DA CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL.	32
QUADRO 2 – PERCENTUAL DE DESCONTO NO PREÇO DA CIP DE ACORDO COM A FAIXA DE CONSUMO.....	33
QUADRO 3 – VALORES DE IRRADIAÇÃO E VARIÁVEIS NECESSÁRIAS PARA O DIMENSIONAMENTO.....	37
QUADRO 4 – VALORES DO POTENCIAL FOTOVOLTAICO TOTAL (Wh).....	38
QUADRO 5 – DADOS REFERENTES A IRRADIAÇÃO SOLAR DIÁRIA MÉDIA MENSAL (KWH/M ² .DIA) DE JANEIRO A JUNHO.....	44
QUADRO 6 – DADOS REFERENTES A IRRADIAÇÃO SOLAR DIÁRIA MÉDIA MENSAL (KWH/M ² .DIA) DE JULHO A DEZEMBRO.	44
QUADRO 7 – ORÇAMENTOS FORNECIDOS PELAS EMPRESAS DA REGIÃO PARA A RESIDÊNCIA MODELO.....	45
QUADRO 8 – VARIÁVEIS E VALORES PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA TEÓRICA MENSAL (KWH).	46
QUADRO 9 – SALDO DE ENERGIA COMPARAÇÃO ENTRE CONSUMO DA RESIDÊNCIA E GERAÇÃO DO SISTEMA.	47
QUADRO 10 – FATURA DE ENERGIA COM ADOÇÃO DO PROJETO.	48
QUADRO 11 – COMPARATIVO ENTRE A FATURA SEM O PROJETO E AO ADOTÁ-LO.	49
QUADRO 12 – MÉDIA DOS REAJUSTES DE UVC DE 2010 A 2022.....	50
QUADRO 13 – PROJEÇÃO DO REAJUSTE NA TAXA DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA DURANTE A VIDA ÚTIL DO SISTEMA.	50
QUADRO 14 – ILUSTRA OS VALORES DOS ÚLTIMOS REAJUSTES TARIFÁRIOS DISPONÍVEIS PARA CONSULTA E SUA MÉDIA.	51
QUADRO 15 – COMPARAÇÃO ANUAL DAS FATURAS DE ENERGIA COM A ADOÇÃO DO PROJETO E O LUCRO OBTIDO.	52
QUADRO 16 – COMPARAÇÃO DO LUCRO ANUAL COM A INCIDÊNCIA DA DESCAPITALIZAÇÃO.....	54
QUADRO 17 – ILUSTRA O FLUXO DE CAIXA SIMPLES E O FLUXO DE CAIXA DESCONTADO DURANTE 25 ANOS.....	55

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – VALORES DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DA RESIDÊNCIA MODELO.....	43
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BC	Banco Central
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica
COFINS	Contribuição para Financiamento da Seguridade Social
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
CIP	Contribuição para Custeio de Iluminação Pública
GTI	<i>Global Tilted Irradiance</i>
HSP	Horas de Sol Pleno
HSPMA	Horas de Sol Pleno Média Anual
PIS	Programa de Integração Social
PASEP	Patrimônio do Servidor Público
TD	Taxa de Desempenho
SELIC	Sistema Especial de Liquidação e de Custódia
SFVCR	Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede
SFVI	Sistemas Fotovoltaicos Isolados

LISTA DE SÍMBOLOS

<i>CdTe</i>	Telureto de cádmio
<i>CIP</i>	Custeio de iluminação pública
<i>CIS</i>	Disseleneto de cobre e índio
<i>FC</i>	Fluxo de Caixa
<i>FCD</i>	Fluxo de Caixa Descontado
<i>TIR</i>	Taxa de Retorno Interno
<i>UVC</i>	Unidade de Valor de Custeio
<i>VPL</i>	Valor presente líquido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
1.1	JUSTIFICATIVA.....	18
1.2	OBJETIVOS	19
1.2.1	Objetivo Geral.....	19
1.2.2	Objetivos específicos.....	19
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO.....	20
2	REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1	ENERGIAS RENOVÁVEIS E NÃO RENOVÁVEIS.....	21
2.2	ENERGIA FOTOVOLTAICA	21
2.3	SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	23
2.3.1	Componentes	23
2.3.2	Célula fotovoltaica	25
2.3.3	Funcionamento do sistema fotovoltaico.....	25
2.4	SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	26
2.5	PANORAMA NO BRASIL	27
2.5.1	Crescimento das Unidades de Geração Distribuídas Fotovoltaicas	29
2.6	UM BREVE PANORAMA DO ESTADO DO PARANÁ	30
2.7	TARIFAS DO USO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	32
2.7.1	Bandeira tarifária	32
2.7.2	Tarifa pela disponibilidade de sistema elétrico - ANEEL	33
2.7.3	Contribuição de iluminação pública	33
2.7.4	ICMS.....	34
2.7.5	PIS/PASEP e COFINS	35
3	METODOLOGIA.....	35
3.1	LOCAL DE ESTUDO	35
3.2	EDIFICAÇÃO MODELO PARA O ESTUDO.....	35
3.3	POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA	37
3.4	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	39
3.5	LEVANTAMENTO DE ORÇAMENTOS.....	39
3.6	CÁLCULO PARA A PREVISÃO DE ENERGIA GERADA	40
3.7	CÁLCULO DA TARIFA DE ENERGIA COM A IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	40

3.8	CÁLCULO DE RETORNO E VIABILIDADE DO INVESTIMENTO	41
3.8.1	<i>Payback</i>	41
3.8.2	VPL.....	41
3.8.3	TIR.....	42
3.8.4	Taxa SELIC	43
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	43
4.1	HISTÓRICO DE CONSUMO DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR.....	43
4.2	POTENCIAL SOLAR DO LOCAL	44
4.3	ORÇAMENTOS REALIZADOS PARA A RESIDÊNCIA MODELO	45
4.4	GERAÇÃO TEÓRICA DE ENERGIA ELÉTRICA ANUAL	46
4.5	SALDO DE ENERGIA COMPARANDO O CONSUMO <i>VERSUS</i> GERAÇÃO 46	
4.6	PERCENTUAL DE REDUÇÃO DA FATURA DE ENERGIA	48
4.7	PROJEÇÃO DAS FATURAS DE ENERGIA DURANTE A VIDA ÚTIL DO SISTEMA.....	49
4.8	CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO INVESTIMENTO.....	53
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
5.1	TRABALHOS FUTUROS.....	58
6	REFERÊNCIAS	59

1 INTRODUÇÃO

A matriz energética brasileira provém de fontes renováveis, as quais são responsáveis por 84,8% da produção e somente os outros 15,2% são ocupados por energias não-renováveis, informa a Resenha Energética Brasileira do Ministério de Minas e Energia (MME, 2021). Devido à problemática da escassez de combustíveis fósseis no cenário mundial, as buscas por energia limpa vêm aumentando nas últimas décadas (EPE, [2020?]).

As energias limpas não possuem caráter poluente, não emitem emissões atmosféricas nocivas e responsáveis pelo aquecimento global, além de possuir sua geração próxima dos centros de consumo, reduzindo quedas de tensão e não havendo gastos com linhas de transmissão por longas distâncias em regiões urbanas e rurais, e são fontes abundantes e renováveis (PATEL, 2005). Mundialmente, muitos países estão aplicando cada vez mais este tipo de energia, criando políticas de incentivo para promover as energias verdes, ao passo que diminuem a utilização de combustíveis. A tendência para o futuro, é o aumento do crescimento, possuindo investimentos de mais de 200 mil milhões de dólares anuais nesse setor (WANG, 2020).

Além disso, a energia hidráulica é a principal fonte de energia elétrica brasileira, correspondendo a cerca de 76,9% (MME, 2021). Desta maneira, a alta dependência de somente um tipo de energia acarreta uma baixa diversidade energética no Brasil. Por exemplo, os Estados Unidos, possuem uma matriz energética baseada em produtos fósseis, sendo anteriormente composta principalmente por carvão, mas agora com sua hegemonia ocupada pelo gás natural (EIA, 2020). No entanto, há a preferência dos consumidores por energias limpas em muitos países, impulsionando a expansão do mercado dessas energias, principalmente a fotovoltaica e eólica. Portanto, outro fator da sua difusão a necessidade de energia, dos países em crescimento, a preocupação com o meio ambiente entre eles os efeitos das alterações climáticas e emissões GEE e o cumprimento de suas obrigações para com o acordo de Paris (PATEL, 2005) (WANG, 2020).

Neste contexto, países emergentes estão apostando na energia solar como elemento chave da nova era das energias renováveis, pois acreditam no potencial desta fonte em reduzir a poluição ambiental e o uso de matrizes fósseis. As inovações

tecnológicas têm ajudado a diminuir o custo da energia solar, tornando-a uma competidora no mercado de energia, principalmente contra os combustíveis fósseis (WANG, 2020). Os módulos fotovoltaicos permitem que a energia mais abundante do planeta, os raios solares, se transforme em eletricidade, sem nenhum motor abastecido por fonte de calor, trabalhando silenciosamente e sem nenhuma emissão gasosa (KALOGIROU, 2014).

Atualmente, a energia fotovoltaica está quebrando recordes no âmbito global, registrando mais aumento de capacidade que qualquer outra fonte de energia, seja renovável ou fóssil. Apresentando 47% de novas instalações de energias renováveis mundialmente (WANG, 2020). Nessa perspectiva, percebe-se a necessidade de uma nova abordagem na forma de obtenção de energia elétrica. Neste trabalho, pretende-se estudar a viabilidade econômica para a implementação de energia fotovoltaica em residências unifamiliares, em Pontal do Paraná-PR.

1.1 JUSTIFICATIVA

A energia hidráulica é retirada do movimento das águas, por construção em grandes corpos de rios, épocas de poucas chuvas e estiagens podem prejudicar a produção de energia elétrica. Visto que, deixam as represas trabalhando na sua capacidade mínima e como último recurso, as empresas de energia acionam as usinas térmicas, com base na queima de carvão natural para suprir a demanda populacional e garantir a segurança do sistema (CPLF, [2021]). Ademais, os impactos causados pela construção de hidrelétricas, estão sendo subestimados e podem afetar permanentemente a biodiversidade do local (WINEMILLER *et al.*, 2016). Desta maneira, o impacto social causado às comunidades rurais que vivem em torno dessas grandes construções.

A energia fotovoltaica pode desempenhar um grande papel na expansão da matriz elétrica do Brasil, podendo ser vista também como uma ótima escolha para complementar a demanda das fontes convencionais de energia. No caso da hidrelétrica favoreceria o controle dos níveis dos reservatórios, principalmente em períodos de baixos índices pluviométricos, por se tratar de uma fonte intermitente temporalmente, possibilitando assim um melhor planejamento (PEREIRA *et al.*, 2017).

A tecnologia solar através de painéis fotovoltaicos possui prazos rápidos de instalação, é modular, possui estrutura estática assim não há produção de nenhum

tipo de ruído, baixa manutenção e longa vida útil, fácil de ser movida e transportada (PATEL, 2005). Sendo assim, facilmente instalada em residências e interligadas aos centros de distribuição de energia, gerando vantagens para o sistema elétrico como: diminuição das perdas, custos de investimentos na transmissão e distribuição de energia, pois as concessionárias locais são um caminho natural para a entrada de geração solar distribuída e a tendência é que elas comecem a oferecer essa tecnologia como benefício ao consumidor e a si mesma, já que o excedente de produção é retornado a rede. Não há necessidade de grandes espaços para sua implementação, uma vez que a área necessária pode ser utilizada no telhado da edificação (RÜTHER, 2004; PEREIRA et al., 2017).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

É avaliar qual será o investimento despendido para a implementação de painéis de energia fotovoltaica em uma residência popular unifamiliar em Pontal do Paraná e em quanto tempo, uma família que decide adotar módulo alternativo de geração de energia, receberá o retorno do seu investimento.

1.2.2 Objetivos específicos

- Analisar as taxas de irradiação solar no local de estudo;
- Avaliar o gasto de energia elétrica pela residência durante um ano;
- Simular a geração de energia solar usando a plataforma da CRESESB e comparar com a produtividade dos painéis solares disponível na plataforma Global Solar Atlas;
- Pesquisar orçamentos disponíveis na região e realizar uma média de valor de investimento;
- Analisar o percentual de redução da tarifa de energia;
- Obter o *payback*, VPL e TIR do estudo de caso;
- Atestar ou não a viabilidade da adoção da tecnologia pelos moradores da residência modelo.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

O presente trabalho é composto por cinco capítulos:

- Primeiro capítulo é de caráter introdutório com justificativa e objetivos;
- Segundo capítulo é apresentada uma revisão da literatura sobre a energia solar;
- Terceiro capítulo mostra a metodologia adotada no estudo de caso;
- Quarto capítulo é composto por uma análise dos resultados e discussões;
- Finalizando o trabalho com as considerações finais composta pelas conclusões e recomendações para trabalhos futuros no capítulo 5.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ENERGIAS RENOVÁVEIS E NÃO RENOVÁVEIS

Um processo de milhões de anos, dentro das condições certas de pressão e temperatura resultam em produtos como: carvão mineral, nuclear, gás natural, petróleo, entre outros. Essas fontes convencionais de energia servem a humanidade desde a Primeira Revolução Industrial e permeiam em algumas localidades. O uso exacerbado desse tipo de fonte energética pode levar a seu esgotamento, pois se trata de recursos finitos, conhecidos como fontes de energia não renováveis (EPE, [2020?]).

As matrizes de energias não renováveis e fósseis quando sofrem os processos de queima para a produção de energia ou a transformação em outros subprodutos, eliminam gases poluentes e alguns são responsáveis pelo efeito estufa, como o dióxido de carbono. Possuem também a chance de causarem impactos ambientais durante até mesmo o transporte, como vazamentos e derrames de óleo, lixiviação de fragmentos de carvão mineral depois da extração (EPE, [2020?]). Neste âmbito, as energias renováveis possuem vantagem na substituição das fontes convencionais de combustíveis, pois sua principal característica é a diminuição da poluição ambiental, reduzindo as emissões fósseis. Diminuindo os efeitos negativos da poluição atmosférica sobre saúde pública, agricultura e ecossistemas (KALOGIROU, 2014).

Todas as fontes de energia que são inesgotáveis ou que se regeneram rapidamente, são denominadas como energias renováveis. A maior parte desses recursos apresenta variações em sua disponibilidade por influência de fenômenos naturais, como ocorre nas principais fontes energéticas quando trata-se desse assunto: eólica, solar e hídrica. A energia fotovoltaica tem sua produção interrompida pela chegada da noite, a energia hídrica depende da sazonalidade das precipitações para sua manutenção e a energia eólica depende de parâmetros de comportamento do vento, como velocidade e direção (EPE, [2020?]).

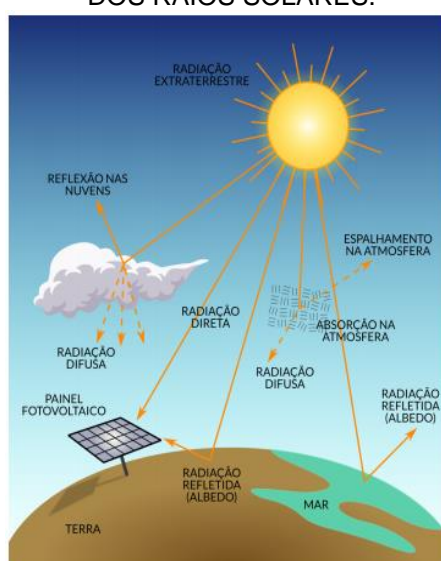
2.2 ENERGIA FOTOVOLTAICA

O Sol é a maior fonte de energia, inesgotável e intermitente, que fornece condições para que haja a vida na Terra. Esse astro possibilita a existência de fenômenos químicos, como a conversão da vitamina D, físicos, como o ciclo da água,

e biológicos, como a fotossíntese (KALOGIROU, 2014). A utilização de radiação solar como fonte direta de produção de energia elétrica é relativamente nova, implementada somente no século passado, e ainda ocupa apenas uma mínima parcela da matriz energética no Brasil. Tal potencial ainda é pouco explorado, ainda que o país possua uma grande capacidade neste âmbito, devido à alta irradiação solar proporcionada pela incidência de raios solares verticais durante todo o ano, em sua extensão territorial (TOMALSQUIM, 2016).

A FIGURA 1 exemplifica as vias de entrada da radiação solar no planeta e o comportamento dos raios solares quando enfrentam obstáculos em seu percurso. A radiação solar pode ser subdividida em duas principais componentes: direta e difusa. A radiação que provém diretamente do Sol sem sofrer interceptação e produz sombras, é chamada de direta. A que possui sua fonte em todas as direções e incide sobre a superfície depois de passar pelo fenômeno de espalhamento da atmosfera terrestre, é a difusa. Quando o céu está encoberto totalmente por nuvens, não ocorre radiação direta, sendo a radiação difusa a responsável por toda a incidência de radiação. Entretanto, mesmo em um dia de céu limpo, 20% dos raios solares atingem a superfície de maneira difusa. Há também o albedo, que é o coeficiente de reflexão de todas as superfícies inclinadas em relação a horizontal, que formam uma terceira componente que é refletida pelo ambiente ao redor (PINHO; GALDINO, 2014).

FIGURA 1 – VIAS DE ENTRADA DA RADIAÇÃO SOLAR NO PLANETA E O COMPORTAMENTO DOS RAIOS SOLARES.



FONTE: TIEOPOLO *et al.* (2017).

Porém, tratando-se do potencial fotovoltaico, a componente que deve ser analisada é a Irradiação Global Horizontal, que expressa o valor de toda a radiação incidente sob uma superfície plana horizontal. Esta componente é formada por duas outras variáveis: Irradiação Difusa Horizontal - radiação que foi dispersa e atenuada por espalhamento em elementos suspensos na atmosfera e Irradiação Direta Normal - radiação sem reflexões que incide diretamente sob a superfície (TOMALSQUIM, 2016).

2.3 SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A conversão direta da radiação emitida pelo Sol em energia elétrica, que ocorre por painéis fotovoltaicos, é denominada energia solar fotovoltaica. A célula fotovoltaica, composta por um material semicondutor, é a peça central do sistema, responsável por criar o efeito fotovoltaico, onde ocorre essa transformação (TIEPOLO, 2015).

Desta maneira, pode-se classificar os sistemas de geração de energia elétrica através do Sol em: Sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFVCR) e Sistemas fotovoltaicos isolados (SFVI). O SFVI não possui nenhum cabo de contato com a rede elétrica das empresas de distribuição de energia, são chamados também de sistemas *off-grid*. Ademais, possuem acumuladores para armazenar a energia para períodos sem incidência de radiação solar, como a noite ou com condições climáticas desfavoráveis. Já o SFVCR direciona a energia produzida à rede de distribuição, que absorve esta energia, sendo também conhecido como sistema *on-grid*. Por não precisarem de um equipamento de armazenamento de energia são relativamente mais baratos que o *off-grid* e possuem maior eficiência. Toda a energia excedente, que não é consumida, é enviada para a rede elétrica novamente, fazendo a rotação do medidor inverter e reduzir a tarifa de energia elétrica (SOUZA, 2016).

2.3.1 Componentes

A célula fotovoltaica é a unidade básica do sistema, responsável pela conversão de energia solar em elétrica. O módulo abriga as células em conjunto, encapsuladas e interligadas eletricamente. Os painéis por sua vez, são compostos por um só módulo fotovoltaico ou mais, também conectados entre si, para formar uma

estrutura unificada. Outros equipamentos necessários para o funcionamento e mais os painéis formam o Sistema Fotovoltaico (AMÉRICA DO SOL, [2020?]).

Os componentes básicos presentes em sistemas fotovoltaicos são as unidades que irão controlar a potência e o armazenamento. No caso do SFVI é utilizado um banco de baterias como unidade de armazenamento, salvo exceções como sistemas de irrigação através da energia solar, assim é usado um dispositivo para controle da carga e descarga da bateria. Este componente evita que ocorra danos ao armazenamento por sobrecarga ou descarga muito intensa (CRESESB, [2006]).

Toda a geração dos painéis é em corrente contínua (CC), assim os sistemas são compostos por inversores quando é necessário converter esta corrente em alternada (CA), a qual é utilizada nos eletrodomésticos da residência. Quando se trata de SFVCR, é usado como equipamento chave, apenas o inversor. Porém, para compor todo o sistema em si, além dos painéis solares, são usados os diodos de *bypass* e de bloqueios, cabos, terminais, fusíveis e disjuntores, para proteção contra altas tensões e descargas atmosféricas (RÜTHER, 2004).

O modo que serão associados os módulos fotovoltaicos, em série ou em paralelo, para formar os arranjos, depende de qual é a tensão e a corrente que se deseja obter. Na conexão dos módulos em paralelo são interligados terminais de mesmo pólo - positivo e positivo, negativo e negativo. Ocorre a soma das correntes de cada módulo, sendo a tensão do módulo a mesma tensão da célula. Este arranjo geralmente não é utilizado. Os terminais opostos dos dispositivos são conectados na associação em série, assim dispositivos idênticos submetidos às mesmas condições de irradiação solar e temperatura, tem suas tensões somadas e a corrente elétrica não é alterada. Se houver correntes de curto-circuito diferentes, a corrente total será da menor corrente do sistema, devido a superaquecimento módulos de diferentes correntes não são aconselhados em associações (PINHO; GALDINO, 2014).

Desta maneira, quando os módulos são agrupados em série, se uma célula tiver com baixo desempenho, encoberta, a potência de todo módulo diminui significativamente, comprometendo todo o funcionamento das outras células. Para não ocorrer esse problema, é utilizado o diodo *bypass*, que é um caminho diferente para a corrente e impede a transferência de calor na célula de baixo desempenho (RÜTHER, 2004).

2.3.2 Célula fotovoltaica

O efeito fotovoltaico que ocorre na célula foi descoberto em 1839 por Edmond Becquerel, onde observou nos terminais de uma célula eletroquímica uma diferença de potencial que ocorre pela absorção de luz. Sendo este efeito a conversão de energia luminosa em elétrica, podendo ocorrer em qualquer diodo semiconductor exposto a luz, mas células fotovoltaicas são fabricadas com grandes áreas para aumentar essa transformação (PINHO; GALDINO, 2014).

Há diversos tipos de células fotovoltaicas no mercado, sendo a maioria compostas de silício, um material facilmente encontrado na natureza em abundância. Entre os principais tipos estão: silício cristalizado, amorfo, monocristalino e policristalino, células de película fina, disseleneto de cobre e índio (CIS) e telureto de Cádmiio (CdTe). Atualmente, as mais usadas são as de silício cristalizado (SOUZA, 2016).

2.3.3 Funcionamento do sistema fotovoltaico

O recurso solar incidente sobre o sistema fotovoltaico é o principal fator para a geração de energia. Mas para aumentar o aproveitamento a orientação dos painéis é muito importante, sendo mais relevante conforme mais alta a latitude que está localizado. Isso ocorre, porque o melhor ângulo de posicionamento do painel corresponde a latitude, orientado ao Norte geográfico, no Hemisfério Sul, para a superfície estar perpendicular aos raios solares na média anual, diminuindo a variação de irradiação ao longo do ano (TOMALSQUIM, 2016).

Em mapas de irradiação no plano inclinado na latitude é considerado a correta instalação dos painéis, sem sombreamento. Respeitando essas condições é possível usar as informações prontas no mapa e sem necessidade de reajustes, até mesmo para valores de produtividade (TIEPOLO *et al.*, 2017).

Há também dois fatores importantes que influenciam no funcionamento correto dos painéis, a intensidade luminosa e a temperatura das células. Quanto maior for a luminosidade maior será a corrente gerada nos módulos, porém se há um aquecimento muito alto na célula a eficiência do módulo cai (CRESESB, [2006]).

2.4 SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

O Sistema de Compensação de Energia Elétrica foi implementado na Resolução Normativa Nº 482 de 2012 da ANEEL, que consiste no fornecimento de créditos para os consumidores que possuem microgeradores ou minigeradores de qualquer tipo de fonte renovável, conectados a central distribuidora de energia, o que chamamos de sistemas *on-grid*, cuja energia fabricada que exceda a consumida no momento pelo cliente e esse excedente é enviado para a central de energia elétrica. Esses créditos gerados pela energia extra podem abater uma certa quantia da fatura do consumidor, a depender pelos Watts "devolvidos", pelos próximos 36 meses e até de contas de outra residência de posse dele, desde que dentro da mesma central distribuidora, chamado de autoconsumo remoto. A fatura pode até mesmo ser zerada para clientes que usam sistemas de alta tensão.

A atualização mais recente, Resolução Normativa Nº 687 de 2018 da ANEEL, altera o Art. 2, que delimita também que as unidades de microgeração distribuídas devem possuir uma potência instalada igual ou menor que 75 Kw, de cogeração qualificada e as de minigeração distribuída devem possuir uma potência instalada maior que 75 Kw e menor que 3 MW para energia hídrica ou menor que 5 MW, para energia de cogeração qualificada. Essa nova Resolução também aumenta o período de meses para usar os créditos do consumidor para 60 meses e permite o uso do Sistema de Compensação de Créditos por unidades multifamiliares desde que estejam associadas em uma cooperativa e de comum acordo.

Esse método de créditos aos consumidores, pode ser visto, como uma maneira de incentivo para a adoção dos sistemas *on-grid* e dos painéis fotovoltaicos em si nas residências. Pessoas que passam o fotoperíodo de maior irradiância fora de casa e chegam somente ao entardecer, perdem o pico de geração e acabam não consumindo toda a energia elétrica produzida, com esse sistema a energia não é desperdiçada e podem se beneficiar, sendo também motivadas a aderirem a nova proposta de geração de energia.

2.5 PANORAMA NO BRASIL

A energia solar ocupa somente 2% no grupo das energias renováveis, enquanto a biomassa e a eólica ocupam juntas cerca de 17,5% (MME, 2021). Conforme Pereira *et al.* (2017) utilizar a energia solar com fonte de energia em conjunto com as fontes já existentes, como a hídrica, ajudaria a diversificar a matriz e liberar a pressão dos reservatórios, principalmente quando o país enfrentar períodos de baixa incidência pluviométrica e dar espaço para investir em novas ideias para geração, distribuição e transmissão de energia.

O caminho para o atual panorama elétrico do Brasil é a inovação, pois tecnologias relativamente novas estão sofrendo queda de custos frequentes, fomentando assim a competição econômica. Com uma participação correta do consumidor e o crescimento de recursos distribuídos podemos transformar o fluxo de uma única via, em uma mão dupla, e até mesmo em vários sentidos, onde a energia poderia partir de qualquer ponto (MME, 2020).

É possível ver esse aumento da distribuição de recursos como uma premissa para uma maior participação das Unidades de geração distribuídas, onde a energia produzida pelo consumidor em sua residência pode fazer um caminho contrário e retornar para central de distribuição de energia elétrica. Obter o índice de radiação solar em cada região do Brasil, não é suficiente para garantir uma boa performance na obtenção de energia solar na prática, uma vez que variáveis atmosféricas - como elevada presença aerossóis, por exemplo - pode afetar a estimativa desses valores.

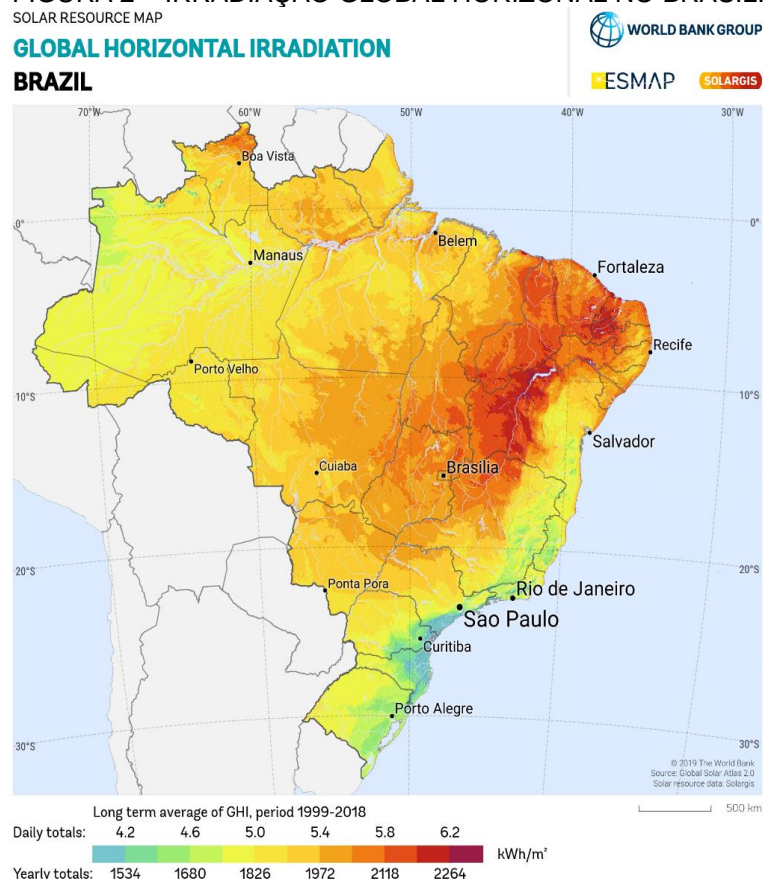
Assim, para que haja representação mais precisa do recurso solar disponível utilizaremos o Atlas Brasileiro de Energia Solar - edição de 2017 (PEREIRA *et al.*, 2017), que adota o modelo de transferência radiativa, BRASIL-SR, adaptado para as condições climáticas e atmosféricas do território nacional, levando em conta importantes variáveis meteorológicas, como cobertura de nuvens, albedo, visibilidade atmosférica e muitas outras (PEREIRA *et al.*, 2017).

As imagens produzidas, FIGURA 3, por essa tecnologia podem ser uma fonte de análise de informações para fornecer dados preliminares da radiação solar, de forma a mediar a possibilidade ou não de implementação dessa energia solar, antes de realizá-la na prática. A localização geográfica do Brasil proporciona uma alta incidência vertical dos raios solares, como observado na FIGURA 2, pois

grande parcela de seu território está localizada dentro da zona intertropical, onde há a maior incidência de raios solares, ocasionados pela inclinação da Terra em relação ao Sol. Por esses fatores, durante o inverno ainda há bons índices de irradiação, com baixa taxa de variação durante o ano (TOMASLQUIM, 2020).

Outro mapa que pode ser utilizado como recurso de consulta e estudo, sobre o quantitativo de irradiação solar global horizontal, é o fornecido pela Global Solar Atlas, FIGURA 3, no período de 1999 a 2018. Esta plataforma fornece uma série de dados, mapas, planilhas e gráficos sobre a energia solar em todo o planeta. Inclusive na FIGURA 4 observa-se, para o mesmo período, o potencial brasileiro para a geração de energia fotovoltaica propriamente dita, com todos os cálculos de KWh/m² já realizados.

FIGURA 2 – IRRADIAÇÃO GLOBAL HORIZONTAL NO BRASIL.



FONTE: GLOBAL SOLAR ATLAS (2019).

FIGURA 3 – POTENCIAL DE GERAÇÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL.



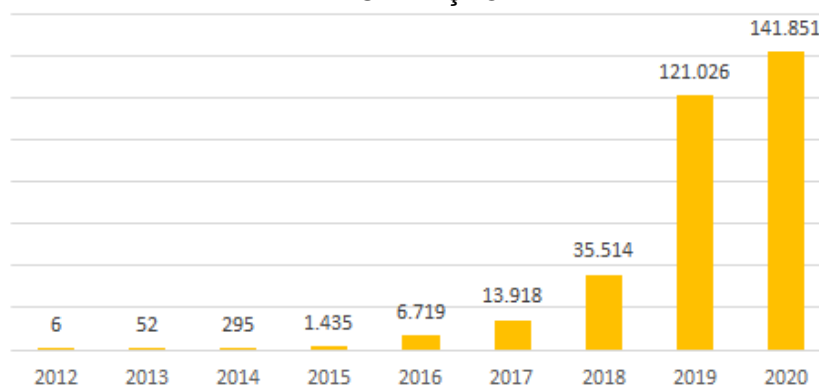
FONTE: GLOBAL SOLAR ATLAS (2019).

2.5.1 Crescimento das Unidades de Geração Distribuídas Fotovoltaicas

Toda fonte de geração de energia elétrica, mesmo que em tamanho reduzido utilizando potências cada vez mais baixas, que esteja próxima ou junto à fonte de consumo, ou seja, ao consumidor, de qualquer tipo de energia, nomeamos de Unidades de Geração Distribuídas. Entre essas unidades estão: cogeneradores, geradores de emergência, painéis fotovoltaicos, pequenas centrais hidrelétricas e entre outros (INNE, [2019?]).

A geração distribuída foi considerada como uma fonte de energia elétrica, pela primeira vez, no Art 2º da Lei 10.848, de 15 de março de 2004 (BRASIL, 2004), que dispõe sobre a comercialização de energia elétrica. Atualmente o Brasil conta ao todo com 320.877 unidades consumidoras de geração distribuída (ANEEL, 2020).

GRÁFICO 1 – UNIDADES DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A REDE DE DISTRIBUIÇÃO.



FONTE: Adaptado de ANEEL (2020).

Como o Sistema de Compensação de Energia só foi implantado em 2012, a quantidade de unidades de geração de energia fotovoltaica conectadas à rede de distribuição, durante esse ano, era de somente cinco pessoas em todo o Brasil, como observado na GRÁFICO 1. Portanto, estar conectado à rede antes desse período garantia somente a participação de energia fornecida pela central de forma a suplementar o que a geração solar não foi capaz de suprir. Nota-se, que em 2013 em um ano houve um crescimento na adesão dos consumidores na rede de distribuição correspondente a 88,5 %, aumentando ainda mais nos anos seguintes. Nos anos de 2018 e 2019, a taxa de conexão teve saltos de crescimento de aproximadamente 60% e 70%, respectivamente. Também, pode-se notar outra influência direta de um novo marco de lei no intervalo desses anos, como já pontuado, onde foi permitido abater os valores do excedente de geração na conta de luz em um ano e meio a mais e foi aceito a geração compartilhada em condomínios, em forma de associações. É perceptível a importância das ferramentas de incentivo ao consumo de novas fontes de energia de iniciativa própria do consumidor, quando os valores de acréscimos são comparados graficamente e datados, como no GRÁFICO 1.

2.6 UM BREVE PANORAMA DO ESTADO DO PARANÁ

Uma área de cerca de 200 mil km² tem sua energia elétrica suprida em 93% proveniente das hidrelétricas. Com as taxas de consumo de energia elétrica subindo no Brasil, é previsto que o país deve consumir em 2050 cerca de 80 TWh. A expansão da fonte de energia hídrica é inviável no Paraná, uma vez que o potencial existente

no território já foi explorado e pelas questões ambientais, sociais da sua implementação (TIEPOLO et al., 2017).

Há como consultar o índice das principais componentes da irradiação solar em todo o território e a produtividade pela Plataforma Interativa do Atlas de Energia Solar no Estado do Paraná, FIGURA 5 e GRÁFICO 2. É possível relacionar a latitude e longitude ou somente clicar no local desejado que obterá todas as informações (Atlas Solar Paraná, 2020).

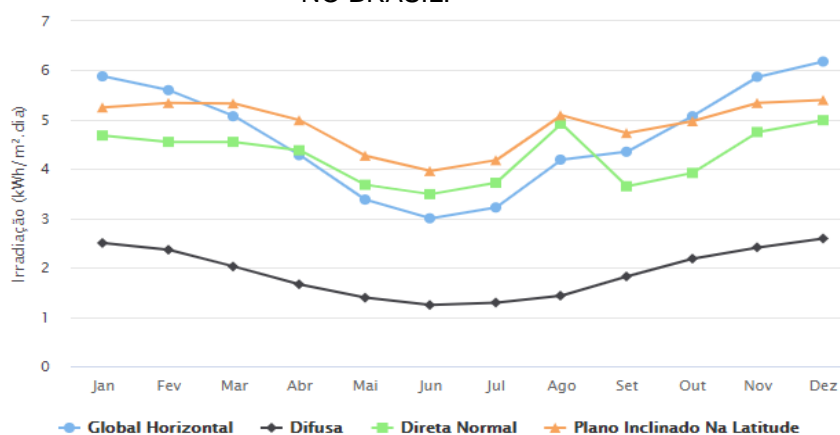
FIGURA 4 – MAPA INTERATIVO DA IRRADIAÇÃO NO PLANO INCLINADO DA LATITUDE.



FONTE: Atlas Solar Paraná (2020).

Como o estado do Paraná faz parte da região Sul e está localizado em maiores latitudes, apresenta assim condições mais parecidas com os países europeus em variabilidade mensal, com maiores diferenças de irradiação nas estações do ano devido a duração do dia (PEREIRA et al., 2017).

GRÁFICO 2 – TAXAS DE IRRADIAÇÃO EM SUAS DIVERSAS COMPONENTES DURANTE O ANO NO BRASIL.



FONTE: Atlas Solar Paraná (2020).

No Paraná há somente 17.671 Unidades de distribuição fotovoltaicas conectadas à rede de distribuição, em 2020 só houve novos cadastros de 3.441, uma baixa taxa de adesão se comparado ao ano passado, onde houve 10.343 novas conexões. Em Pontal do Paraná, município de estudo deste trabalho, estavam presentes somente 16 unidades até 2020 (ANEEL, 2020).

2.7 TARIFAS DO USO DE ENERGIA ELÉTRICA

Nesta seção serão elencadas e explicadas todas as tarefas incidentes sobre a conta de energia elétrica residencial.

2.7.1 Bandeira tarifária

A conta de luz é como um produto, logo uma mudança no preço altera o valor final a ser pago, a essa variável que ocorre na tarifa dá-se o nome de bandeiras tarifárias. A energia hidrelétrica necessita de condições ideais para seu funcionamento, como o nível correto do reservatório para produzir força suficiente na geração. Quando as hidrelétricas não estão nessas condições, ocorre o acionamento das termelétricas, a base de carvão, gás natural, óleo combustível e diesel, para suprir a demanda populacional. Se trata de uma energia mais cara de ser produzida, esse valor então é repassado ao consumidor através dessas tarifas aplicadas à conta (CPLF, [2021]).

N se

QUADRO 1 – BANDEIRAS TARIFÁRIAS DA CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL.

Bandeira	Acréscimo na conta a cada 100 kWh - sem impostos	Acréscimo na conta a cada 100 kWh - com impostos
Verde	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Amarela	R\$ 1,874	R\$ 0,281
Vermelha patamar I	R\$ 3,971	R\$ 0,596
Vermelha patamar II	R\$ 9,492	R\$ 1,425
Escassez Hídrica	R\$ 14,20	R\$ 2,132
Impostos aplicados em 29% ICMS, PIS/PASEP 1,11% e COFINS 5,09%		

FONTE: Adaptado COPEL ([2022?a])

A bandeira vigente é divulgada mensalmente, na conta de energia do consumidor. A divulgação é dada pela ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

e repassada ao consumidor pela distribuidora de cada localidade. No QUADRO 1 é possível notar as bandeiras existentes. Quando as hidrelétricas estão em seu funcionamento normal, a tarifa vigente é de cor verde, não havendo nenhuma alteração na conta de luz, porém as demais cores, ilustram o aumento crescente na conta de luz conforme é demandado maior uso das termelétricas. Sendo, a tarifa mais cara, a de Escassez Hídrica, que causa um aumento de R\$ 14,20 para cada 100 KW/hora (COPEL, [2022?a])

2.7.2 Tarifa pela disponibilidade de sistema elétrico - ANEEL

A tarifa pela disponibilidade de sistema elétrico é uma taxa mínima cobrada pela concessionária ao consumidor, que depende do padrão de conexão contratado pelo cliente no momento da solicitação da ligação de luz. De acordo com a Resolução Normativa nº 414 de 2010 da ANEEL, em uma instalação do tipo monofásico o consumidor deve pagar uma taxa mínima correspondente a 30 kWh. Já em uma instalação bifásica o custo é correspondente a 50 kWh e, para uma instalação trifásica, 100 kWh. Essa tarifa deve ser cobrada sempre que o consumo medido ou estimado for inferior aos referidos anteriormente (ANEEL, 2010).

2.7.3 Contribuição de iluminação pública

De acordo com a Emenda Constitucional nº 39 de 19 de dezembro de 2002, os Municípios e o Distrito Federal podem instituir contribuição, na forma de lei, para o custeio do serviço de iluminação pública (BRASIL, 2002). O Município de Pontal do Paraná, através da Lei Ordinária nº 407 de 26 de dezembro de 2002 (Pontal do Paraná, 2002), estabelece que a base de cálculo da Contribuição para Custeio de Iluminação Pública (CIP) será a Unidade de Valor de Custeio (UVC), importância estabelecida como referencial para rateio entre os contribuintes. Além disso, a cobrança da CIP será feita pela concessionária através das faturas mensais de energia elétrica e o custo deverá ser calculado com observância dos percentuais de desconto constantes da incidentes sobre o valor de 1 UVC (ver QUADRO 2).

QUADRO 2 – PERCENTUAL DE DESCONTO NO PREÇO DA CIP DE ACORDO COM A FAIXA DE CONSUMO.

APLICAÇÃO DA TABELA	FAIXAS DE CONSUMO (KWH)	PERCENTUAL DE DESCONTO
Residencial	0 a 30	92,76%
Residencial	31 a 50	92,32%
Residencial	51 a 70	85,00%
Residencial	71 a 90	82,07%
Residencial	91 a 120	76,27%
Residencial	121 a 200	71,16%
Residencial	201 a 350	68,63%
Residencial	351 a 600	62,67%
Residencial	601 a 1000	59,67%
Residencial	acima de 1000	50,00%
Comercial	Até 500	80,00%
Comercial	501 a 600	48,51%
Comercial	601 a 1000	44,02%
Comercial	1001 a 1500	39,50%
Comercial	acima de 1500	19,36%
Industrial	até 1000	50,00%
Industrial	1001 a 2000	39,50%
Industrial	acima de 2000	19,36%

Fonte: Pontal do Paraná (2002).

O Decreto nº 9984 de 09 de novembro de 2021 (Pontal do Paraná, 2021) atualiza o valor, em reais, da UVC, fixando em R\$ 93,56 para o exercício de 2022, sendo este o valor a ser utilizado nos cálculos deste trabalho.

2.7.4 ICMS

O ICMS é o Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação, uma das maiores fontes de arrecadação estatal e está embutido no valor de qualquer produto ou serviço adquirido. Ademais, regulamentado através da Lei de Kandir, permite que cada estado defina os valores vigentes na região, pois o imposto é repassado diretamente aos mesmos, não sendo encaminhado ao Governo Federal (ABREU, [s.d.]).

O valor pago de ICMS depende do custo do bem adquirido e da alíquota vigente do estado. A maioria dos estados possui uma taxa em torno dos 17% (ABREU, [s.d.]). Na EQUAÇÃO 1 está ilustrado como é realizado o cálculo desse tributo.

$$\text{Preço do produto} \times \text{Alíquota praticada no estado} = \text{Valor do ICMS da mercadoria} \quad (1)$$

2.7.5 PIS/PASEP e COFINS

O Programa de Integração Social e de Formação do Patrimônio do Servidor Público - PIS/PASEP tem como seus contribuintes todas as pessoas jurídicas de direito privado em geral ou pessoas semelhantes através da legislação do Imposto de Renda, também é aplicado para empresas em geral, salvo as de pequeno porte submetidas ao Simples Nacional (PORTAL TRIBUTÁRIO, [s.d.]).

A Contribuição para Financiamento da Seguridade Social - COFINS é um tributo destinado exclusivamente às despesas relativas à área de saúde, previdência e assistência social. Desta forma, seus contribuintes são todas as pessoas jurídicas de direito privado em geral ou pessoas equiparadas a elas através da legislação do Imposto de Renda, também são isentas desse tributo as pequenas empresas sobre o Simples Nacional (PORTAL TRIBUTÁRIO, [s.d.]).

3 METODOLOGIA

3.1 LOCAL DE ESTUDO

A residência modelo está localizada em Pontal do Paraná, uma cidade litorânea, localizada a uma distância de 100 km da capital do Paraná, Curitiba. O município abriga uma população de 20.920 pessoas e com 27 quilômetros de extensão em praias, divididos em 48 balneários. Sendo o turismo, a maior fonte de emprego da população e base da economia, atraindo assim muitas pessoas de diversos cantos do Brasil, principalmente no verão. Ademais, as atividades como pesca, comércio e artesanato também compõem uma grande parcela da economia local (IBGE, [2020?]; PREFEITURA MUNICIPAL DE PONTAL DO PARANÁ, [2020?]).

3.2 EDIFICAÇÃO MODELO PARA O ESTUDO

No estudo, usou-se uma residência popular e unifamiliar do município de Pontal do Paraná no estado do Paraná. Os moradores forneceram sua localização e seu consumo anual de energia elétrica, variáveis necessárias para o dimensionamento e orçamento do sistema de energia solar. Essa residência possui conexão com a rede de energia do tipo bifásica.

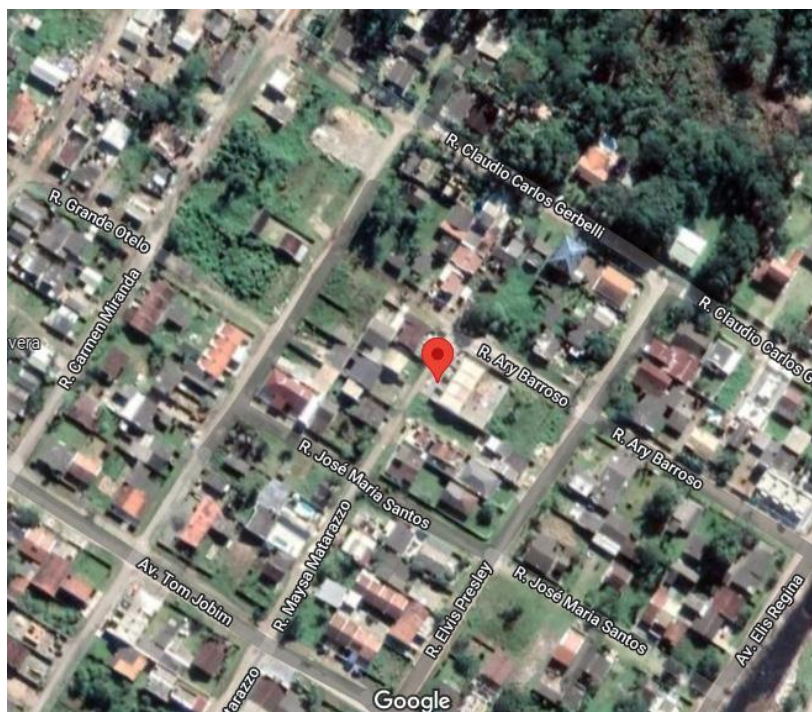
Previamente, escolheu-se uma residência que tivesse em posse a Planta baixa para poder fornecer seu formato às empresas (ANEXO 1). A FIGURA 6 ilustra a localização geográfica da casa modelo no mapa de Pontal do Paraná. Enquanto, a FIGURA 7 mostra a localização exata da residência, via satélite, na latitude 25.668249' O, longitude 48.465433' S.

FIGURA 5 – MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ-PR.



Fonte: Google Maps (2022).

FIGURA 6 – MUNICÍPIO DE PONTAL DO PARANÁ.



Fonte: Google Maps (2022).

Este estudo se trata de uma simulação, usando uma residência aleatória como modelo para obter os dados reais de uma unidade unifamiliar, necessários para os

cálculos e dimensionamento do sistema elétrico. A importância de se adotar uma moradia física e realmente existente no município de Pontal de Paraná é de se obter o valor da conta de luz aplicada pela empresa de energia elétrica vigente, importante para o cálculo de retorno de investimento. Destaca-se ainda que não serão realizadas visitas à residência, nem qualquer tipo de implantação de aparelhos de medição, assim como não será instalado o sistema dimensionado neste trabalho.

3.3 POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA

Os dados disponíveis na plataforma Global Solar Atlas foram utilizados no cálculo das Horas de Sol Pleno (HSP), pois fornecem a irradiação obtida na localização exata da edificação, considerando os valores de irradiação média diária anual, em contraponto com o site da CRESESB que oferece dados de uma localidade mais próxima. No QUADRO 3 estão ilustradas as variáveis de irradiação, potencial fotovoltaico e ângulo de inclinação, contudo apenas algumas informações são utilizadas no dimensionamento do sistema.

QUADRO 3 – VALORES DE IRRADIAÇÃO E VARIÁVEIS NECESSÁRIAS PARA O DIMENSIONAMENTO.

Dados fornecidos para as coordenadas -25.668249°, -048.465433°					
Variável analisada	Sigla	Valor anual	Unidade de medida	Valor diário	Unidade de medida
Irradiação normal direta	DNI	1173,8	kWh/m ²	3,216	kWh/m ² .dia
Irradiação horizontal global	GHI	1515,6	kWh/m ²	4,152	kWh/m ² .dia
Irradiação horizontal difusa	DIF	724,6	kWh/m ²	1,985	kWh/m ² .dia
Irradiação global inclinada para o ângulo ideal	GTI OPTA	1613,3	kWh/m ²	4,420	kWh/m ² .dia
Irradiação global inclinado total *	GTI	1609,3	kWh/m ²	4,409	kWh/m ² .dia

Produção total de energia *	PVOUT	1,249	MWh	0,003	MWh/dia
* valor obtido por médias anuais					
Ângulo ideal de inclinação para os painéis fotovoltaicos (OPTA) = 22° Azimute dos painéis fotovoltaicos = 0°					

Fonte: Adaptado de GLOBAL SOLAR ATLAS (2022).

A plataforma Global Solar Atlas é usada no âmbito do projeto SWERA - Solar and Wind Energy Resource Assessment, assim como o Atlas brasileiro de energia solar, anteriormente citado. Deste modo, é a principal ferramenta livre para fornecimento de estimativas do rendimento solar, servindo para estudos preliminares e simulações pois considera todos os fatores necessários para o projeto do sistema solar fotovoltaico na localização desejada.

A plataforma também fornece o quantitativo da potência fotovoltaica total (Wh) de acordo com as horas do dia, para cada mês do ano, ilustrados na QUADRO 4. Essa informação é importante para justificar a inclinação existente no painel solar, a fim de estar voltado na direção que receba maior incidência solar no intervalo de maior potencial fotovoltaico.

QUADRO 4 – VALORES DO POTENCIAL FOTOVOLTAICO TOTAL (Wh).

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0 - 1												
1 - 2												
2 - 3												
3 - 4												
4 - 5												
5 - 6	0									1	4	4
6 - 7	37	20	10	4	0			1	12	41	59	54
7 - 8	137	120	112	96	71	41	41	66	91	133	159	154
8 - 9	260	259	257	239	206	163	165	183	196	238	266	270
9 - 10	372	386	389	369	326	269	274	291	290	336	364	373
10 - 11	465	479	486	451	414	356	365	384	372	412	442	453
11 - 12	523	536	534	487	446	406	416	442	415	442	479	493
12 - 13	528	549	539	500	452	419	431	465	434	457	480	487
13 - 14	503	538	521	477	432	404	420	459	417	433	455	469
14 - 15	439	465	449	414	372	343	364	405	359	359	385	392
15 - 16	334	354	341	306	268	245	265	304	263	258	280	293
16 - 17	212	225	206	168	129	114	134	168	145	142	168	180
17 - 18	102	104	77	36	12	5	16	31	35	43	64	81
18 - 19	21	16	3							0	5	14
19 - 20												
20 - 21												
21 - 22												
22 - 23												
23 - 24												
Sum	3,933	4,052	3,924	3,549	3,128	2,766	2,891	3,198	3,028	3,295	3,610	3,718

Fonte: GLOBAL SOLAR ATLAS (2022).

3.4 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

A metodologia desenvolvida demonstrará as principais equações usadas pelas empresas para dimensionar o sistema de energia solar fotovoltaica, descritas no Manual da Engenharia Fotovoltaica, da CRESESB (PINHO; GALDINO, 2014). Os valores foram repassados para as empresas a fim de gerar o orçamento à residência modelo.

O cálculo da média anual das Horas de Sol Pleno incidentes no plano do painel fotovoltaico (HSPMA) é obtido pela EQUAÇÃO 2. Essa variável fornece a totalidade de energia elétrica que é convertida em um intervalo de tempo, ignorando as variáveis de irradiância que ocorrem durante o dia. Desta forma, as Horas de Sol Pleno (HSP) fornecem o número de horas em que a irradiação solar deve ser constante ou igual a 1 kW/m² e seu resultado quantifica a energia total fornecida pelo sol e acumulada durante o dia, para o local de estudo. A fórmula para calcular o número de HSP é:

$$HSP = \frac{6[kWh/m^2]}{1[kWh/m^2]} \quad (4)$$

O valor utilizado para a irradiação foi para o ângulo ideal (GTI), obtendo assim o resultado de 4,42 h/dia. A partir dessa informação e com as taxas de irradiação solar mensais como as fornecidas pelos *softwares* SunData (GUIMARÃES, 2017) e Global Solar Atlas é possível saber a voltagem total do sistema que é necessária para suprir a demanda de consumo da residência, estes valores foram repassados para as empresas realizarem os orçamentos para o sistema.

3.5 LEVANTAMENTO DE ORÇAMENTOS

Foi realizada uma pesquisa através da ferramenta Google, por empresas de energia solar fotovoltaica que são efetivamente registradas na região de Pontal do Paraná e arredores, como na cidade de Paranaguá, e prestam serviços para as residências e empreendimento locais.

Foram notificadas cinco empresas solicitando um orçamento para residência modelo e explicando que os dados seriam usados para a realização de um trabalho de conclusão de curso, pedindo assim a permissão para publicação de suas

informações. Apenas quatro delas responderam, consentindo a sua participação nesse estudo e enviando o orçamento solicitado.

3.6 CÁLCULO PARA A PREVISÃO DE ENERGIA GERADA

A geração teórica de energia elétrica anual se trata de uma previsão realizada com os dados de variação da irradiação solar ao longo dos meses, número de dias para cada mês, taxa de desempenho (TD) e a potência geral do sistema. Além disso, usaram-se as variáveis aplicadas na EQUAÇÃO 3, obtém-se os resultados teóricos para a residência modelo (PINHO; GALDINO, 2014).

$$\text{Energia Gerada} = \text{Potência} * \text{Irradiação} * \text{TD} * \text{Número de dias} \quad (3)$$

Onde:

Energia Gerada em (kWh);

Potência em (kWp);

Irradiação em (kW/m²/dia).

Para a taxa de desempenho foi considerado o valor sugerido 0,75, pois representa as perdas possíveis no sistema, onde teria apenas 75% de aproveitamento. Desta forma, estabelece uma relação entre o desempenho máximo teórico possível do conjunto e o desempenho real em operação (PINHO; GALDINO, 2014).

3.7 CÁLCULO DA TARIFA DE ENERGIA COM A IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

Calculou-se uma previsão de preço da tarifa de energia para cada mês, durante o primeiro ano do investimento, de modo a relacionar a tarifa antiga, sem a aplicação da energia solar, com a nova tarifa, e realizar o cálculo do percentual de redução. Para o valor da tarifa utiliza-se o correspondente ao estado onde está localizada a residência e a concessionária vigente, sendo a COPEL (Companhia Paranaense de Energia). Também são aplicadas outras bandeiras, tarifas e impostos, anteriormente descritos. O valor de reajuste da tarifa de energia adotado correlacionou os últimos reajustes tarifários realizados, partindo do ano de 2014 até 2021.

3.8 CÁLCULO DE RETORNO E VIABILIDADE DO INVESTIMENTO

As principais ferramentas utilizadas para se calcular o retorno de investimento, bem como a viabilidade financeira de adoção de um projeto, são: *Payback*, *payback* descontado, VPL e TIR. Além disso, analisar se um investimento ou projeto é viável é essencial para que o investidor não tenha prejuízo ao invés de lucro e mostram se realmente, é uma boa escolha a ser tomada ou se deixar seu capital em alguma taxa básica de juros seria mais rentável.

3.8.1 *Payback*

O *payback* fornece o tempo de retorno do projeto, ou seja, o intervalo para recuperar o valor investido e só então começar a lucrar. Quanto menor for esse intervalo de tempo maior liquidez do projeto, e assim menos riscos a se correr, principalmente quando se trata de investimentos. É um método simples e muito utilizado, contudo apresenta como sua principal deficiência não levar em consideração um dos princípios básicos das finanças, o valor do dinheiro em um determinado tempo. Em contrapartida, o *payback* descontado considera a descapitalização dos valores gerados, trazendo-os para a data zero, de quando o valor inicial foi investido. Para o cálculo do *payback* descontado é utilizada uma taxa de desconto anual para a realização da descapitalização (CAMLOFFSKI, 2014).

3.8.2 VPL

O cálculo do Valor Presente Líquido (VPL) é realizado para se obter o ganho financeiro previsto, se adotado o projeto, EQUAÇÃO 4. Desta maneira, considera o fluxo de caixa subtraído do investimento inicial, porém descontado o custo de capital, ou seja, ele aplica uma taxa de desconto baseada na natureza do bem, investimento e na natureza de risco do projeto.

Sua inconveniência é definir o valor adotado para o custo do capital, uma vez que sua interpretação depende de uma série de fatores que não se aplicam em todos os projetos, porém é o método mais indicado pois considera o valor do dinheiro no tempo e serve de ponto de partida para o cálculo da Taxa Interna de Retorno (LEMES, 2019). A fórmula para o cálculo do VPL é a seguinte:

$$VPL = (FC_0) + \frac{(FC_1)}{(1+k)} + \frac{(FC_2)}{(1+k)^2} + \frac{(FC_3)}{(1+k)^3} + \frac{(FC_4)}{(1+k)^4} + \dots + \frac{(FC_n)}{(1+k)^n} \quad (4)$$

Sendo:

VPL = Valor Presente Líquido;

FC_0 = Valor do Investimento Líquido;

$FC_{1..n}$ = Fluxo de Caixa Livre de cada ano;

k = Custo de Capital.

Quando não se tem efetivamente uma empresa ou conhecimento do fluxo de caixa e ganhos do investidor em questão, para definir o valor adotado no custo de capital ou também chamado de taxa de retorno, pode se definir um valor baseado nas particularidades do produto (CAMLOFFSKI, 2014).

3.8.3 TIR

A Taxa de Retorno Interno (TIR) é obtida igualando o valor das entradas no fluxo de caixa, menos as saídas, Equação 2. É uma taxa de retorno que impede a influência das variáveis externas e outros fatores, dependendo apenas do orçamento demandado e do lucro obtido. Possui como objetivo quantificar o percentual de êxito do projeto, ou seja, a taxa de rentabilidade, tendo como principal vantagem a consideração da valorização do dinheiro durante o tempo. A fórmula para o cálculo do TIR é a seguinte:

$$(FC_0) + \frac{(FC_1)}{(1+TIR)} + \frac{(FC_2)}{(1+TIR)^2} + \frac{(FC_3)}{(1+TIR)^3} + \frac{(FC_4)}{(1+TIR)^4} + \dots + \frac{(FC_n)}{(1+TIR)^n} \quad (5)$$

Sendo:

TIR = Taxa Interna de Retorno;

FC_0 = Valor do Investimento Líquido;

$FC_{1..n}$ = Fluxo de Caixa Livre de cada ano.

Para ser considerado um investimento viável o TIR tem que ser maior que a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) ela fornece o retorno mínimo esperado ao se adotar o projeto (LEMES, 2019). Porém o valor da TMA é muito variável e possui várias definições a depender do perfil de investidor, bem como natureza do bem investido. Como exemplo, um investidor agressivo não ficaria satisfeito em investir em algo que lhe retorne somente um valor acima da taxa básica de juros, porém para

alguém de perfil conservador o investimento é considerado viável (CAMLOFFSKI, 2014).

3.8.4 Taxa SELIC

A taxa básica de juros da economia brasileira é chamada de Taxa Selic, originado do nome Sistema Especial de Liquidação e de Custódia, onde há transações de títulos públicos federais sob administração do Banco Central (BC). É o principal instrumento de controle da inflação e possui influência em todas as taxas de juros do país, como as taxas de juros de financiamentos, aplicações e empréstimos (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2022).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 HISTÓRICO DE CONSUMO DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

O histórico de consumo de energia elétrica dos residentes é essencial para calcular a potência média necessária para suprir a demanda de consumo ou uma porcentagem deste. Os dados fornecidos contemplam a energia consumida, em kWh, pela residência durante todos os meses do ano. Valores ilustrados na TABELA 1.

TABELA 1 – VALORES DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DA RESIDÊNCIA MODELO.

Histórico de consumo em 2021		
Mês	Consumo (kWh)	Valor pago (R\$)
Fevereiro	181	166,3
Março	187	176,48
Abril	159	154,81
Maio	152	152,48
Junho	172	175,83
Julho	155	174,59
Agosto	166	190,76
Setembro	171	205,05
Outubro	159	198,46

Novembro	178	222,45
Dezembro	177	225,01
Janeiro 2022	172	210,96
Consumo total em um ano	2029	-
Média mensal anual	169,0833333	-

FONTE: A Autora (2022).

4.2 POTENCIAL SOLAR DO LOCAL

Através da inserção da localização geográfica do ponto de interesse no programa SunData da CRESESB (GUIMARÃES, 2017), que usa o banco de dados do Atlas Brasileiro de Energia Solar – 2ª edição (PEREIRA et al., 2017), obtém-se as informações relativas às principais componentes da irradiação solar diária média mensal para um ponto de referência mais próximo. Para este estudo de caso, serão identificados os dados de irradiação solar em um ponto de referência disponível mais próximo, a 4 km de distância da edificação. Na latitude 25.701' S e longitude 48.449' O. Observado nos QUADROS 5 e 6.

QUADRO 5 – DADOS REFERENTES A IRRADIAÇÃO SOLAR DIÁRIA MÉDIA MENSAL (KWH/M².DIA) DE JANEIRO A JUNHO.

Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]							
Ângulo	Inclinação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
Plano Horizontal	0° N	5,46	5,36	4,53	3,71	3,01	2,52
Ângulo igual a latitude	26° N	4,91	5,11	4,68	4,24	3,78	3,28
Maior média anual	20° N	5,09	5,23	4,71	4,17	3,65	3,15
Maior mínimo mensal	44° N	4,18	4,53	4,39	4,24	3,98	3,52

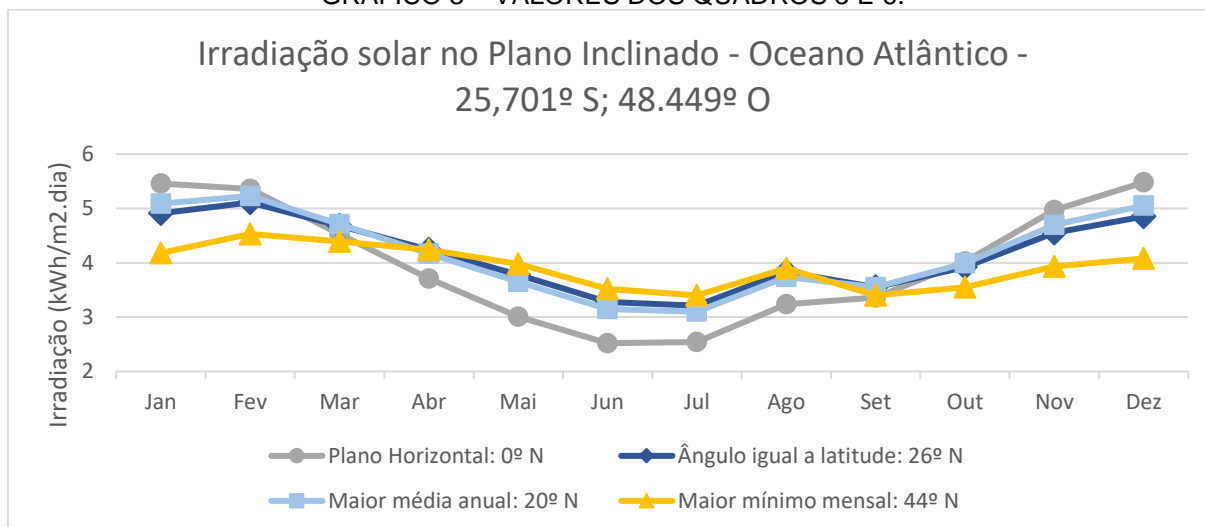
FONTE: adaptado de GUIMARÃES (2017).

QUADRO 6 – DADOS REFERENTES A IRRADIAÇÃO SOLAR DIÁRIA MÉDIA MENSAL (KWH/M².DIA) DE JULHO A DEZEMBRO.

Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]								
Ângulo	Inclinação	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
Plano Horizontal	0° N	2,54	3,24	3,36	4,02	4,97	5,48	4,02
Ângulo igual a latitude	26° N	3,21	3,83	3,55	3,92	4,55	4,85	4,16
Maior média anual	20° N	3,1	3,74	3,55	3,99	4,7	5,05	4,18
Maior mínimo mensal	44° N	3,4	3,9	3,4	3,55	3,93	4,08	3,92

FONTE: adaptado de GUIMARÃES (2017).

GRÁFICO 3 – VALORES DOS QUADROS 5 E 6.



FONTE: adaptado de GUIMARÃES (2017).

As informações disponíveis nos QUADROS 5 e 6 serão usadas como a variação de irradiação solar ao longo dos meses para os cálculos do trabalho. No GRÁFICO 3 ilustra-se essa variação anual.

4.3 ORÇAMENTOS REALIZADOS PARA A RESIDÊNCIA MODELO

Os orçamentos disponibilizados pelas empresas da região se encontram no QUADRO 7. Como o objetivo deste trabalho não é escolher um orçamento para contrato, pois não haverá efetiva implementação, os valores serviram para se obter uma média do custo demandado para a adoção da energia solar na residência modelo. Todos os sistemas ofertados possuem uma vida útil de 25 anos.

QUADRO 7 – ORÇAMENTOS FORNECIDOS PELAS EMPRESAS DA REGIÃO PARA A RESIDÊNCIA MODELO.

ORÇAMENTOS				
Empresa	Nº de Painéis	Voltagem dos painéis (W)	Voltagem total do sistema (kWp)	Custo total (R\$)
Impulso Energia Solar	4	550	2,2	13908,16
VR Soluções em energia	4	450	1,8	11761,25
Sol Brasil Energia solar	5	550	2,75	14430,16
Energy Brasil	4	540	2,16	12197,31
Custo médio dos orçamentos				13074,22
Custo da manutenção ao longo dos anos				1200

FONTE: A Autora (2022).

Somente uma empresa forneceu também o custo de manutenção dos painéis fotovoltaicos, a cada dois anos, no valor de R\$100,00. Além disso, totalizou-se para as manutenções durante tempo de vida do sistema o total de R\$1200,00. Portanto, o investimento total do projeto seria de R\$14.274,22.

4.4 GERAÇÃO TEÓRICA DE ENERGIA ELÉTRICA ANUAL

A geração teórica de energia anual é calculada pela Equação 2 e seus resultados estão descritos no QUADRO 8. A variação de irradiação solar usada foi retirada do programa SunData da CRESESB (GUIMARÃES, 2017), QUADRO 5 e 6. Considerando o conjunto de dados para a inclinação de 20° e com a média mais próxima da variável GTI, utilizada para cálculo de HSP, sendo de 4,18 (kWh/m².dia), referente ao conjunto de dados da maior média mensal. Para a potência do sistema foi utilizado o valor de 2,2 kWp, pois é a voltagem mais próxima da média orçamentária de instalação realizada anteriormente, submetida a uma taxa de desempenho (TD) de 75%.

QUADRO 8 – VARIÁVEIS E VALORES PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA TEÓRICA MENSAL (KWH).

Mês	Irradiação (kWh/m ² .dia)	N° de dias	Geração teórica mensal (kWh)
janeiro	5,09	31	260,35
fevereiro	5,23	28	241,63
março	4,71	31	240,92
abril	4,17	30	206,42
maio	3,85	31	196,93
junho	3,15	30	155,93
julho	3,1	31	158,57
agosto	3,74	31	191,30
setembro	3,55	30	175,73
outubro	3,99	31	204,09
novembro	4,7	30	232,65
dezembro	5,06	31	258,82
Geração teórica anual (kWh)			2523,31

FONTE: A Autora (2022).

4.5 SALDO DE ENERGIA COMPARANDO O CONSUMO VERSUS GERAÇÃO

Através da geração teórica mensal é possível calcular o saldo de energia resultante, com base no consumo atual da residência a cada mês, retornando um

saldo positivo ou negativo. Se o saldo de energia para o mês for positivo, os painéis geraram mais energia do que a residência consumiu, então esse excedente se transforma em créditos de energia para o consumidor, QUADRO 9.

QUADRO 9 – SALDO DE ENERGIA COMPARAÇÃO ENTRE CONSUMO DA RESIDÊNCIA E GERAÇÃO DO SISTEMA.

Mês	Consumo (kWh)	Geração teórica (kWh)	Saldo de energia (kWh)	Créditos acumulados (kWh)
janeiro	172	260,35	88,35	88,35
fevereiro	181	241,63	60,63	148,98
março	187	240,92	53,92	202,90
abril	159	206,42	47,42	250,31
maio	152	196,93	44,93	295,24
junho	172	155,93	-16,08	279,16
julho	155	158,57	3,57	282,73
agosto	166	191,30	25,30	308,03
setembro	171	175,73	4,72	312,75
outubro	159	204,09	45,09	357,84
novembro	178	232,65	54,65	412,49
dezembro	177	258,82	81,82	494,31
Total anual	2029	2523,312	494,312	494,31

FONTE: A Autora (2022).

Somente o mês de junho retornou um valor negativo para o saldo de energia (QUADRO 9), onde o consumo foi maior que o potencial gerado pelo sistema. Isto é explicado pela diminuição na taxa de irradiação durante este período, possuindo o segundo menor valor anual. Nota-se que julho possui uma geração muito próxima deste mês, com uma diferença de somente 1,69%, porém o mês de junho corresponde ao menor consumo do ano.

Contudo, o saldo negativo para junho é facilmente repostado pelos créditos acumulados de 295,24 kWh. De todo modo, mesmo que não houvesse kWh em caixa este valor não seria cobrado pois não ultrapassa o consumo mínimo de disponibilidade de sistema, de 50 kWh.

Ao final do ano com adoção do sistema de energia solar são gerados 494,31 kWh em créditos para o consumidor (QUADRO 9), mas este valor só pode ser usado para suprir uma demanda também em kWh, não sendo pago em reais ao mesmo. Desta maneira, o cliente não poderá usufruir desses créditos já que não possui outra residência vinculada em seu nome. Supondo que esses créditos se mantivessem na proporção durante a vida útil do sistema, o cliente teria 12.357,75 kWh que seriam descartados.

4.6 PERCENTUAL DE REDUÇÃO DA FATURA DE ENERGIA

Para o cálculo da nova fatura de energia elétrica da residência, QUADRO 10, foram aplicados os valores vigentes, correspondente a cada componente da fatura, estes foram retirados da tarifa mais atual disponibilizada pelo responsável da residência modelo, disponíveis para consulta no ANEXO 2. Foi utilizada a mesma bandeira tarifária ativa na fatura, sendo também a predominante durante o período analisado. A Bandeira de Escassez Hídrica estava presente desde o mês de setembro de 2021 até abril de 2022, devido a uma crise hídrica enfrentada pelo país, a bandeira tarifária vigente anterior era a Bandeira Vermelha de Patamar II (GOVERNO DO PARANÁ, 2022).

No QUADRO 10 é possível notar que o consumidor paga cerca de 29% do valor da sua conta de energia em impostos, mesmo com a adoção do projeto. Em vista disso, se sua fatura fosse livre de impostos, através de algum tipo de incentivo criado pela adesão a geração solar distribuída, o usuário teria uma economia, por volta de, R\$200,00 ao ano.

QUADRO 10 – FATURA DE ENERGIA COM ADOÇÃO DO PROJETO.

FATURA DE ENERGIA NA BANDEIRA DE ESCASSEZ HÍDRICA					
Bandeira vigente sem imposto		0,142	Bandeira vigente com imposto		0,21321
ICMS (%)	29	PIS/PASEP E COFINS (%)	4,75	UVC vigente (R\$)	93,56
Tarifa de energia sem imposto (R\$)	0,55881	Tarifa de energia com imposto (R\$)	0,835701	Percentual de desconto (%)	92,32
Mês	Consumo efetivo em kWh	Consumo mínimo em kWh	Custo de iluminação pública (R\$)	Valor a pagar com imposto (R\$)	Valor a pagar sem imposto (R\$)
janeiro	0	50	7,185	59,631	42,226
fevereiro	0	50	7,185	59,631	42,226
março	0	50	7,185	59,631	42,226
abril	0	50	7,185	59,631	42,226
maio	0	50	7,185	59,631	42,226
junho	0	50	7,185	59,631	42,226
julho	0	50	7,185	59,631	42,226
agosto	0	50	7,185	59,631	42,226
setembro	0	50	7,185	59,631	42,226
outubro	0	50	7,185	59,631	42,226
novembro	0	50	7,185	59,631	42,226
dezembro	0	50	7,185	59,631	42,226
Consumo anual	0	600	86,224	715,571	506,711

FONTE: A Autora (2022).

QUADRO 11 – COMPARATIVO ENTRE A FATURA SEM O PROJETO E AO ADOTÁ-LO.

Mês	Fatura sem a adoção do projeto	Fatura com a adoção do projeto	Percentual de redução (%)	Economia mensal (R\$)
Fevereiro	166,3	59,631	64,143	106,670
Março	176,48	59,631	66,211	116,850
Abril	154,81	59,631	61,481	95,179
Maio	152,48	59,631	60,892	92,849
Junho	175,83	59,631	66,086	116,199
Julho	174,59	59,631	65,845	114,959
Agosto	190,76	59,631	68,740	131,129
Setembro	205,05	59,631	70,919	145,419
Outubro	198,46	59,631	69,953	138,829
Novembro	222,45	59,631	73,194	162,819
Dezembro	225,01	59,631	73,499	165,379
Janeiro	210,96	59,631	71,734	151,329
Total anual	2253,18	715,571	68,242	1537,609

FONTE: A Autora (2022).

A comparação entre a fatura de energia sem a adoção do projeto e ao adotá-lo está representada no QUADRO 11. Sua implementação proporciona ao consumidor uma economia anual de R\$1537,61, possuindo um percentual de redução de 68,2% ao ano na tarifa de energia elétrica.

4.7 PROJEÇÃO DAS FATURAS DE ENERGIA DURANTE A VIDA ÚTIL DO SISTEMA

O lucro total do projeto, durante sua vida útil de 25 é representado pelo valor da fatura sem a instalação do projeto subtraído da fatura com a instalação do projeto, ano a ano. Dessa maneira, foi necessário fazer reajustes anuais nos valores do UVC, do custo do kWh e do custo da tarifa da bandeira de escassez hídrica.

Para determinar a taxa de reajuste anual do UVC a fim de projetar o valor do custo de iluminação pública para anos seguintes, pesquisou-se sobre a evolução do valor do UVC de 2010 até 2022. O QUADRO 12 apresenta os decretos que atualizaram o valor do UVC e o período, em meses, que esses decretos permaneceram vigentes (PONTAL DO PARANÁ, 2010; PONTAL DO PARANÁ, 2015. PONTAL DO PARANÁ, 2017; PONTAL DO PARANÁ, 2018; PONTAL DO PARANÁ, 2021). Através de uma média ponderada, foi possível estimar a taxa de reajuste médio mensal entre decretos. Com esses valores, obteve-se a taxa de reajuste anual

(5,01%) através de uma média aritmética dos reajustes mensais e multiplicando o resultado por um período de 12 meses.

QUADRO 12 – MÉDIA DOS REAJUSTES DE UVC DE 2010 A 2022.

Resolução	Ano	Vigência	Meses até próxima vigência	Valor (R\$)	Reajuste médio ponderado mensal (%)
Decreto n. 3452 de 16 de março de 2010	2010	01/04/2010	66	39,33	0,41
Decreto n. 5331 de 10 de setembro de 2015	2015	01/10/2015	25	66,63	0,14
Decreto n. 6771 de 28 de setembro de 2017	2017	01/11/2017	14	70,22	0,76
Decreto n.7332 de 20 de agosto de 2018	2018	01/01/2019	36	80,89	0,35
Decreto n. 9984 de 09 de novembro de 2021	2021	01/01/2022	*	93,56	-
*Não há outro decreto de nova vigência até a presente data deste trabalho				Reajuste anual (%)	5,01

FONTE: A Autora (2022).

Aplicando um reajuste anual de 5,01% no preço do UVC para os anos subsequentes, foi possível estimar o custo da iluminação pública no cenário de instalação dos painéis solares e no cenário de não aderência ao projeto, QUADRO 13.

QUADRO 13 – PROJEÇÃO DO REAJUSTE NA TAXA DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA DURANTE A VIDA ÚTIL DO SISTEMA.

Taxa de desconto aplicada ao UVC sem o projeto (%)			71,16
Ano	UVC com reajuste de 5,01% ao ano (R\$)	Custo de iluminação pública anual para o consumo mínimo (R\$)	Custo de iluminação pública anual sem o projeto (R\$)
1	93,56	86,22	323,79
2	98,25	90,55	340,03
3	103,18	95,09	357,08
4	108,35	99,86	374,98
5	113,78	104,86	393,78
6	119,49	110,12	413,53
7	125,48	115,64	434,26
8	131,77	121,44	456,03
9	138,38	127,53	478,90
10	145,32	133,92	502,91
11	152,60	140,64	528,13
12	160,25	147,69	554,61
13	168,29	155,09	582,41
14	176,73	162,87	611,62
15	185,59	171,04	642,28
16	194,89	179,61	674,49

17	204,66	188,62	708,30
18	214,93	198,08	743,82
19	225,70	208,01	781,11
20	237,02	218,44	820,28
21	248,90	229,39	861,41
22	261,38	240,89	904,60
23	274,49	252,97	949,95
24	288,25	265,65	997,58
25	302,71	278,97	1.047,60

FONTE: A Autora (2022).

Para encontrar a taxa de reajuste anual do custo do kWh, foi feita uma média aritmética dos reajustes anuais do período de 2014 até 2021 (COPEL, 2022b). Os reajustes anuais no valor do kWh estão no QUADRO 14. Logo, a taxa de reajuste a ser utilizada para projetar os valores futuros do custo tarifário será de 7,86%. O reajuste tarifário também incidiu sobre a bandeira vigente. A bandeira de escassez hídrica é considerada a mais rentável para o projeto, pois quanto maior for o percentual cobrado sobre o consumo de energia do cliente, maior a economia existente para o consumidor. Desta maneira, este projeto está considerando um dos melhores cenários para o cálculo de viabilidade econômica.

QUADRO 14 – ILUSTRA OS VALORES DOS ÚLTIMOS REAJUSTES TARIFÁRIOS DISPONÍVEIS PARA CONSULTA E SUA MÉDIA.

REAJUSTE NO VALOR DO kWh TARIFA COPEL			
Resolução	Vigência	Motivo	Reajuste médio (%)
1763/2014	24/06/2014	Reajuste tarifário anual	24,86
1897/2015	24/06/2015	Reajuste tarifário anual	15,32
2096/2016	24/06/2016	Revisão tarifária periódica	-12,87
2255/2017	24/06/2017	Reajuste tarifário anual	5,85
2402/2018	24/06/2018	Reajuste tarifário anual	15,99
2559/2019	24/06/2019	Reajuste tarifário anual	3,41
2704/2020	23/06/2020	Reajuste tarifário anual	0,41
2886/2021	22/06/2021	Revisão tarifária periódica	9,89
Média de reajuste 2014-2021 (%)			7,86

FONTE: A Autora Adaptado COPEL (2022).

Com a incidência do reajuste tarifário sobre os quilowatts consumidos para o cenário com a adoção do projeto, considerando o consumo mínimo de 50 kWh para

todos os meses, e para o cenário sem a adoção do projeto, considerando a média anual de consumo da residência, pode-se calcular a conta de energia ano a ano, QUADRO 15.

Desta maneira, o QUADRO 15 dispõe os valores que o consumidor se beneficiaria numa projeção ano a ano, ao aderir ao projeto. No final da vida útil do sistema obter-se-ia um lucro total na conta de energia elétrica de R\$ 118.683,77 referente a uma simulação sem a desvalorização da moeda.

Além disso, o GRÁFICO 4 ilustra os valores do QUADRO 15, porém, com o desconto inicial de implementação do projeto, no caso R\$14.274,22, até o consumidor pagar seu investimento e lucrar com o projeto, porém se trata somente de uma previsão. O GRÁFICO 4 é oferecido pela maioria das empresas de energia solar em seus orçamentos.

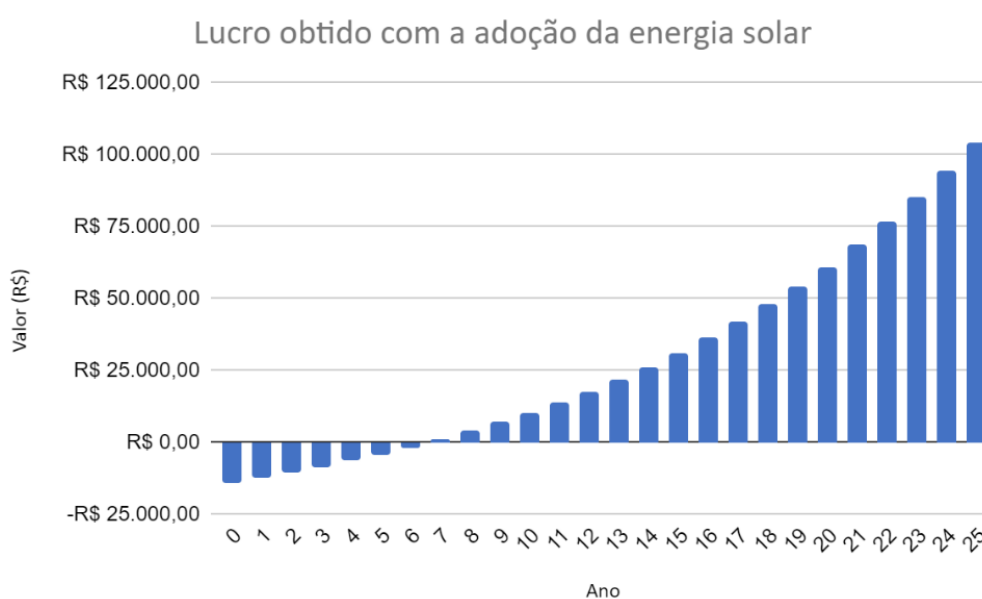
QUADRO 15 – COMPARAÇÃO ANUAL DAS FATURAS DE ENERGIA COM A ADOÇÃO DO PROJETO E O LUCRO OBTIDO.

kWh pagos com o projeto		600	kWh pagos sem o projeto		2029
Ano	Tarifa anual com reajuste de 7,86% ao ano (R\$/kWh)	Tarifa da bandeira de escassez hídrica (R\$/kWh)*	Valor anual da fatura com o projeto instalado com imposto (R\$)	Valor anual da fatura sem o projeto instalado com imposto (R\$)	Lucro anual (R\$)
1	0,8357	0,2132	715,57	2.452,03	1.736,46
2	0,9014	0,2300	769,35	2.635,49	1.866,15
3	0,9722	0,2480	827,22	2.832,91	2.005,69
4	1,0486	0,2675	889,52	3.045,35	2.155,83
5	1,1310	0,2885	956,57	3.273,98	2.317,41
6	1,2198	0,3112	1.028,75	3.520,03	2.491,28
7	1,3157	0,3357	1.106,46	3.784,86	2.678,41
8	1,4191	0,3620	1.190,11	4.069,91	2.879,80
9	1,5306	0,3905	1.280,17	4.376,73	3.096,57
10	1,6508	0,4212	1.377,13	4.707,02	3.329,89
11	1,7806	0,4543	1.481,53	5.062,57	3.581,04
12	1,9205	0,4900	1.593,94	5.445,35	3.851,40
13	2,0714	0,5285	1.714,99	5.857,44	4.142,46
14	2,2341	0,5700	1.845,33	6.301,13	4.455,80
15	2,4097	0,6148	1.985,70	6.778,85	4.793,15
16	2,5990	0,6631	2.136,86	7.293,24	5.156,38
17	2,8032	0,7152	2.299,65	7.847,12	5.547,47
18	3,0235	0,7714	2.474,99	8.443,57	5.968,58

19	3,2610	0,8320	2.663,83	9.085,87	6.422,05
20	3,5173	0,8974	2.867,22	9.777,58	6.910,36
21	3,7937	0,9679	3.086,30	10.522,53	7.436,23
22	4,0917	1,0439	3.322,29	11.324,84	8.002,56
23	4,4133	1,1259	3.576,48	12.188,97	8.612,49
24	4,7600	1,2144	3.850,31	13.119,71	9.269,40
25	5,1340	1,3098	4.145,30	14.122,22	9.976,93
Total de lucro na conta de luz ao final da vida útil do sistema					118.683,77

FONTE: A Autora (2022).

GRÁFICO 4 – LUCRO OBTIDO COM ADOÇÃO DA ENERGIA SOLAR DURANTE A VIDA ÚTIL DO PROJETO.



FONTE: A Autora (2022).

4.8 CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO INVESTIMENTO

No QUADRO 16 foi aplicado uma taxa de desconto para demonstrar a desvalorização do capital no tempo, com o valor pré-definido pela média do reajuste tarifário de 7,86% ao ano, calculado anteriormente. Essa taxa incidiu no primeiro valor, correspondente ao lucro no primeiro ano do projeto, e foi calculada para os outros anos sobre os novos valores obtidos sequencialmente.

De modo comparativo, na segunda coluna do QUADRO 16, o consumidor teria um lucro efetivo de quase 120 mil reais no valor da moeda atual. Porém considerando uma desvalorização do capital numa taxa de desconto igual a média de reajuste tarifários, obtém-se que o lucro efetivo nas contas de energia elétrica ao final da vida

útil do sistema, de somente R\$19.238,42. Esse valor ainda não possui desconto do investimento inicial do projeto.

Para calcular a viabilidade do projeto foi realizado primeiramente o *payback*, considerando um valor fixo representando o fluxo de caixa simples, retirado do lucro obtido para o primeiro ano. Como esse método desconsidera o valor do dinheiro no tempo, citado anteriormente, realizou-se também o *payback* descontado sobre a mesma taxa de desconto utilizada durante todas as análises, o valor da média do reajuste tarifário anual (7,86%).

QUADRO 16 – COMPARAÇÃO DO LUCRO ANUAL COM A INCIDÊNCIA DA DESCAPITALIZAÇÃO.

Ano (Período)	Lucro anual (R\$)	Lucro anual com descapitalização (7,86% a.a)
0	-	-
1	1.736,46	1.736,46
2	1.866,15	1.599,98
3	2.005,69	1.474,22
4	2.155,83	1.358,34
5	2.317,41	1.251,58
6	2.491,28	1.153,20
7	2.678,41	1.062,56
8	2.879,80	979,04
9	3.096,57	902,09
10	3.329,89	831,19
11	3.581,04	765,86
12	3.851,40	705,66
13	4.142,46	650,19
14	4.455,80	599,09
15	4.793,15	552,00
16	5.156,38	508,61
17	5.547,47	468,64
18	5.968,58	431,80
19	6.422,05	397,86
20	6.910,36	366,59
21	7.436,23	337,78
22	8.002,56	311,23
23	8.612,49	286,76
24	9.269,40	264,23
25	9.976,93	243,46
Total	118.683,77	19.238,42

FONTE: A Autora (2022).

O valor obtido para o *payback* foi de 4,78 anos, enquanto, para o *payback* descontado foi de 12,31 anos. Quanto mais célere for o tempo de retorno de investimento, mais segura é a sua adoção, pois o cliente ficaria menos tempo exposto às incertezas do mercado.

O saldo final do investimento, para vigésimo quinto ano, é o valor do VPL do projeto. Sendo, equivalente a utilizar o valor do lucro total com a descapitalização, QUADRO 17, R\$19.283,42, menos o capital inicialmente investido de R\$14.274,22.

QUADRO 17 – ILUSTRA O FLUXO DE CAIXA SIMPLES E O FLUXO DE CAIXA DESCONTADO DURANTE 25 ANOS.

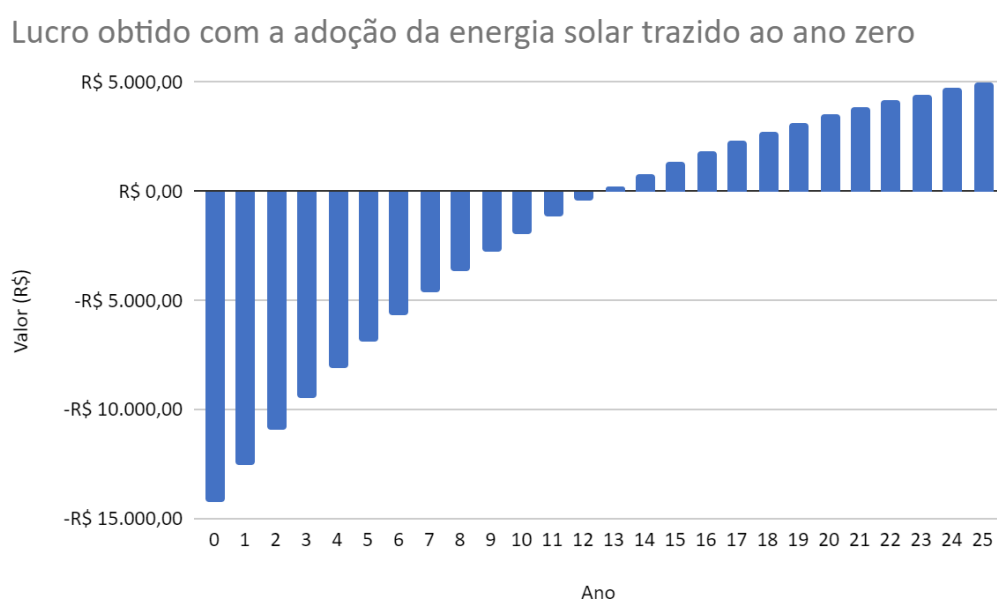
Ano (Período)	Investimento no projeto - 25 anos (R\$)	Fluxo de caixa simples (R\$)	Saldo do Investimento com o FCS (R\$)	Fluxo de Caixa Descontado (R\$)	Saldo do Investimento com o FCD (R\$)
0	14.274,22			-14.274,22	-14.274,22
1		1.736,46	-12.537,76	1.736,46	-12.537,76
2		1.736,46	-10.801,30	1.599,98	-10.937,78
3		1.736,46	-9.064,84	1.474,22	-9.463,57
4		1.736,46	-7.328,37	1.358,34	-8.105,22
5		1.736,46	-5.591,91	1.251,58	-6.853,64
6		1.736,46	-3.855,45	1.153,20	-5.700,44
7		1.736,46	-2.118,99	1.062,56	-4.637,88
8		1.736,46	-382,53	979,04	-3.658,83
9		1.736,46	1.353,93	902,09	-2.756,74
10		1.736,46	3.090,39	831,19	-1.925,55
11		1.736,46	4.826,86	765,86	-1.159,70
12		1.736,46	6.563,32	705,66	-454,04
13		1.736,46	8.299,78	650,19	196,16
14		1.736,46	10.036,24	599,09	795,25
15		1.736,46	11.772,70	552,00	1.347,25
16		1.736,46	13.509,16	508,61	1.855,86
17		1.736,46	15.245,62	468,64	2.324,50
18		1.736,46	16.982,08	431,80	2.756,30
19		1.736,46	18.718,55	397,86	3.154,16
20		1.736,46	20.455,01	366,59	3.520,75
21		1.736,46	22.191,47	337,78	3.858,53
22		1.736,46	23.927,93	311,23	4.169,76
23		1.736,46	25.664,39	286,76	4.456,52
24		1.736,46	27.400,85	264,23	4.720,75
25		1.736,46	29.137,31	243,46	4.964,20

FONTE: A Autora (2022).

O GRÁFICO 5 apresenta o lucro de R\$ 118.683,77, obtido ao longo dos 25 anos, trazido ao tempo presente (ano zero). Como o valor do VPL é positivo (R\$ 4.964,20), o investimento é considerado viável. Porém, como a função do VPL é demonstrar se um investimento é rentável ou não, o indicador não deve ser utilizado como única ferramenta de análise para a decisão de aderência ao projeto, uma vez que existem outras opções de investimento no mercado financeiro.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) possui o valor de 4%, estando abaixo da TMA adotada de 11,70%, baseada na Taxa Selic. Então, como a taxa básica de juros no país está alta no momento, há outros investimentos que possam gerar uma rentabilidade maior. Seria interessante aguardar uma redução na taxa de inflação para fazer um novo estudo de viabilidade econômica para esta residência modelo, o que tornaria a implementação de painéis solares mais atrativa.

GRÁFICO 5 - LUCRO NO TEMPO PRESENTE OBTIDO COM ADOÇÃO DA ENERGIA SOLAR DURANTE A VIDA ÚTIL DO PROJETO.



FONTE: A Autora (2022).

Portanto, o investimento é viável e vai fornecer uma certa rentabilidade. Ademais, não é atrativo a termos unicamente financeiros, já que o consumidor pode encontrar outros locais para investir o seu capital, que lhe seriam mais rentáveis.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em síntese, a termos financeiros o projeto não é atrativo para o consumidor que busca um bom retorno de capital ou investidor que visa grandes lucros, porém, pode ser adotado pelo perfil do consumidor que não possui isto como seu principal ponto de decisão e entende a importância da questão ambiental associada a este projeto. Todavia, com a redução de custos que a tecnologia vem experimentando, cada vez mais a implementação do sistema conectado à rede vem se tornando viável (PEREIRA et al., 2017). Desta forma, seria somente uma questão de tempo para projetos pequenos como este se tornarem expressivos em termos de adoção.

Além disso, em termos ambientais é uma ótima escolha para reduzir a geração de CO₂, nos cenários em que há o acionamento das termelétricas, contribui para a diversificação da matriz energética brasileira e impulsiona a difusão da tecnologia no país. Além de se abster, em partes, das flutuações das bandeiras tarifárias, pois o consumidor ainda pagaria a taxa incidida sobre o consumo mínimo.

Com uma visão no futuro, um maior quantitativo de adotantes da energia solar poderia reduzir a criação de hidrelétricas para suprir a demanda do Brasil, visto que, com o aumento nas taxas de consumo de energia elétrica é previsto uma demanda de 80 TWh, até o ano de 2050. Sendo ainda, mais interessante para o cenário do estado do Paraná, onde seu potencial hídrico já foi totalmente explorado (TIEPOLO et al., 2017).

Consequentemente, incentivar o uso desta energia através de incentivos fiscais e criação de políticas públicas, é também subsidiar a inclusão social, uma vez que favorecia sua adoção por famílias de média e baixa renda. Uma sugestão seria retirar o imposto das tarifas na conta de luz para residências adotantes da energia solar que consomem apenas o mínimo e permitir que residências até um determinado valor de renda familiar possam realizar associações, com moradias vizinhas que também se enquadrem nos pré-requisitos, de modo a compartilhar os créditos gerados.

Portanto, seria interessante as empresas de energia solar sugerirem para pequenos empreendimentos e residências, um dimensionamento de sistema que suprisse um valor parcial do consumo mensal (kWh) do cliente, visando que o mesmo consumisse o mínimo do custo de disponibilidade para sua categoria de ligação com a concessionária. Por exemplo, para um empreendimento bifásico invés de gerar um

valor de energia solar que zere sua fatura e ainda forneça créditos, bastaria produzir quantidade de energia suficiente para que o cliente consuma até 50 kWh provenientes da concessionária.

5.1 TRABALHOS FUTUROS

Para elaboração de projetos futuros têm-se como sugestão a análise de viabilidade econômica para sistemas que supram somente uma parcela da demanda do consumo da residência e a simulação para diferentes bandeiras tarifárias vigentes, de forma a retornar se há uma diferença no lucro do investimento.

Além disso, seria interessante a replicação deste estudo por um profissional formado na área financeira, pois este poderia realizar outras análises mais precisas baseadas no mercado financeiro atual e seus conhecimentos adquiridos.

Outra proposta seria transformar esse trabalho num *folder* educativo, oferecido pela UFPR-CEM sobre a viabilidade de adoção de energia solar fotovoltaica em sua residência, ou uma matéria informativa em seu *site*, destinado ao público interno e externo, residente do município de Pontal do Paraná. Desta forma, também estaria disponível a planilha do *Excel* utilizada para elaborar este projeto e os cálculos de viabilidade econômica.

6 REFERÊNCIAS

ABREU, J. **O que é ICMS e por que tenho que pagá-lo? Serasa Ensina.** [s.d.]. Disponível em: <<https://www.serasa.com.br/ensina/te-explica/icms/>>. Acesso em: 20 de abr. 2022.

AMÉRICA DO SOL. **Tipos de módulos fotovoltaicos.** Apoio: Instituto para o desenvolvimento de energias alternativas na América Latina. [2020?] Disponível em: <<https://americadosol.org/tipos-de-modulos-fotovoltaicos/>>. Acesso em: 08 de nov. 2020.

ANEEL. **Resolução Normativa nº 414 de 09 de setembro de 2010.** Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada. 2010. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=112868>>. Acesso em: 19 de abr. 2022.

_____. **Resolução Normativa nº 482 de 17 de abril de 2012.** Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. 2012. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2020.

_____. **Resolução Normativa nº 687 de 24 de novembro de 2015.** Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST. 2015. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2020.

_____. **Unidades consumidoras com geração distribuída.** 2020. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiaZjM4NjM0OWYtN2IwZS00YjVlTlIIMjltN2E5MzBkN2ZlMzVklwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOjR9>>. Acesso em: 08 de nov. 2020.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Taxa Selic.** 2022. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/taxaselic>> Acesso em: 23 de abr. 2022.

BRASIL. Constituição (1988). **Emenda constitucional nº 39, de 19 de dezembro de 2002.** Brasília, dez. 2002. Disponível em: <

_____. **Lei Nº 10.848, de 15 de março de 2004.** Dispõe sobre a comercialização de energia elétrica, altera as Leis nºs 5.655, de 20 de maio de 1971, 8.631, de 4 de março de 1993, 9.074, de 7 de julho de 1995, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.648, de 27 de maio de 1998, 9.991, de 24 de julho de 2000, 10.438, de 26 de abril de 2002, e dá outras providências. Brasília, DF, 15 de mar. 2004. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.848.htm>. Acesso em: 30 out. 2020.

CAMLOFFSKI, R. **Análise de investimentos e viabilidade financeira das empresas.** São Paulo - Grupo GEN, 2014. 9788522486571. Editora Atlas S.A. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522486571/>>. Acesso em: 19 abr. 2022.

COPEL. **Bandeiras tarifárias.** [2022?a]. Disponível em: <<https://www.copel.com/site/copel-distribuicao/bandeiras-tarifarias/>>. Acesso em: 24 de abr. 2022.

_____. **Histórico de reajustes tarifários.** [2022?b]. Disponível em: <<https://www.copel.com/site/copel-distribuicao/tarifas-de-energia-eletrica/>>. Acesso em: 24 de abr. 2022.

CPLF. **Bandeiras Tarifárias.** [2021]. Disponível em: <<https://www.cplf.com.br/atendimento-a-consumidores/bandeira-tarifaria/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 25 de nov. 2022.

CRESESB. **Energia solar princípios e aplicações**. Centro de referência para energia solar e eólica Sérgio de Salvo Brito. [2006]. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial_solar_2006.pdf>. Acesso em: 08 de nov. 2020.

EIA - U.S Energy Information Administration. **Electric Net Generation**. Monthly Energy Review October 2020. 2020. Disponível em: <https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/pdf/sec7_4.pdf>. Acesso em: 02 de nov. 2020.

EPE. **Fontes de Energia**. ABCDEnergia. Empresa de Pesquisa Energética. [2020?]. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/fontes-de-energia>>. Acesso em: 01 de nov. 2020.

GLOBAL SOLAR ATLAS. **Map and data downloads**: Brazil. 2019. Disponível em: <<https://globalsolaratlas.info/download/brazil>>. Acesso em: 24 de abr. 2022.

_____, **Project detail**: Pontal do Paraná. 2022. Disponível em: <<https://globalsolaratlas.info/detail?c=-25.66876,-48.4655,11&s=-25.668249,-48.465433&m=site&pv=small,0,22,1>>. Acesso em: 24 de abr. 2022.

GUIMARÃES, A. P. C.; GALDINO, M. A. **Potencial Solar - SunData v 3.0**. Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio Brito. Rio de Janeiro, nov. 2017. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&>>. Acesso em: 14 de nov. 2020.

IBGE. **Pontal do Paraná**. [2020?]. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/pontal-do-parana/panorama>>. Acesso em: 13 de nov. 2020.

INNE – Instituto Nacional de Eficiência Energética. **O que é geração distribuída**. [2019?]. Disponível em: <http://www.inee.org.br/forum_ger_distrib.asp>. Acesso em: 30 out 2020.

KALOGIROU, S. A. **Solar energy engineering: Processes and systems**. 2. Ed. Elsevier, Academic Press. 2014. 816 p.

LEMES, Antonio. **Administrando Micro e Pequenas Empresas - Empreendedorismo e Gestão**. São Paulo - Grupo GEN, 2019. 9788595150393. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595150393/>. Acesso em: 20 de abr. 2022.

MME. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2029**. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2020. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/PDE%202029.pdf>>. Acesso em: 03 de nov. 2020.

_____. **Resenha Energética Brasileira**. Ministério de Minas e Energia. Brasília: MME, 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/spe/publicacoes/resenha-energetica-brasileira/resenhas/resenha-energetica-brasileira-2020/view>> Acesso em: 24 de abr. 2022.

PATEL, R. M. **Wind and solar power systems: design, analysis, and operation**. 2. ed. EUA: CRC Press, 2005. 448 p.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. J. L.; RÜTHER, R.; ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. **Atlas brasileiro de energia solar**. São José dos Campos: INPE, 2017. 88 p. ISBN 978-85-17-00089-8. Disponível em: <<http://urlib.net/rep/8JMKD3MGP3W34P/3PERDJE>>. Acesso em: 04 de nov. 2020.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. 2014. CEPEL-CRESESB. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf>. Acesso em: 04 de nov.2020.

PONTAL DO PARANÁ, **Decreto Nº 3452 de 16 de março de 2010**. Atualiza o valor em Reais da Unidade de Valor de Custeio do Serviço de Iluminação Pública - UVC - para o exercício de 2010. Pontal do Paraná, PR. 2010. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a1/pr/p/pontal-do-parana/decreto/2010/346/3452/decreto-n-3452-2010-atualiza-o-valor-em-reais-da-unidade-de-valor-de-custeio-do-servico-de-iluminacao-publica-uvc-para-o-exercicio-de-2010?q=uvc>>. Acesso em: 24 de abr. 2022.

_____, **Decreto Nº 5331 de 10 de setembro de 2015**. Atualiza o valor em Reais da Unidade de Valor de Custeio do Serviço de Iluminação Pública - UVC - para o exercício de 2015. Pontal do Paraná, PR. 2015. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a1/pr/p/pontal-do-parana/decreto/2015/534/5331/decreto-n-5331-2015-atualiza-o-valor-em-reais-da-unidade-de-valor-de-custeio-do-servico-de-iluminacao-publica-uvc-para-o-exercicio-de-2015?q=uvc>>. Acesso em: 24 de abr. 2022.

_____, **Decreto Nº 6771 de 28 de setembro de 2017**. Atualiza o valor em Reais da Unidade de Valor de Custeio do Serviço de Iluminação Pública - UVC - para o exercício de 2018. Pontal do Paraná, PR. 2017. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a1/pr/p/pontal-do-parana/decreto/2017/678/6771/decreto-n-6771-2017-atualiza-o-valor-em-reais-da-unidade-de-valor-de-custeio-do-servico-de-iluminacao-publica-uvc-para-o-exercicio-de-2018?q=uvc>>. Acesso em: 24 de abr. 2022.

_____, **Decreto Nº 7332 de 20 de agosto de 2018**. Atualiza o valor em Reais da Unidade de Valor de Custeio do Serviço de Iluminação Pública - UVC - para o exercício de 2019. Pontal do Paraná, PR. 2018. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a1/pr/p/pontal-do-parana/decreto/2018/734/7332/decreto-n-7332-2018-atualiza-o-valor-em-reais-da-unidade-de-valor-de-custeio-do-servico-de-iluminacao-publica-uvc-para-o-exercicio-de-2019?q=uvc>>. Acesso em: 24 de abr. 2022.

_____, **Decreto Nº 9984 de 09 de novembro de 2021**. Diário Oficial dos Municípios do Paraná, PR, ano X, n. 2388, 11 dez. 2021. p. 250-251.

_____, **Lei Nº 407/02 de 26 de dezembro de 2002**. Institui a contribuição para o custeio do serviço público de iluminação pública e dá outras providências. Pontal do Paraná, PR. 2002. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/pr/p/pontal-do-parana/lei-ordinaria/2002/40/407/lei-ordinaria-n-407-2002-institui-a-contribuicao-para-o-custeio-do-servico-publico-de-iluminacao-publica-e-da-outras-providencias>>. Acesso em: 19 de abr. 2022.

PORTAL TRIBUTÁRIO. **PIS e COFINS - Aspectos Gerais**. [s.d.]. Disponível em: <http://www.portaltributario.com.br/guia/pis_cofins.html>. Acesso em: 22 de abr. 2022.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PONTAL DO PARANÁ. **NOSSA CIDADE/ A Cidade**. [2020?] Disponível em: <<http://www.pontaldoparana.pr.gov.br/index.php?sessao=b054603368ncb0&id=1842>>. Acesso em: 13 de nov. 2020.

RÜTHER, R. **Edifícios Solares Fotovoltaicos**. 1. ed. Florianópolis – SC: LABSOLAR/UFSC, 2004. v. 1. 114p. Disponível em: <<http://fotovoltaica.ufsc.br/sistemas/livros/livro-edificios-solares-fotovoltaicos.pdf>>. Acesso em: 08 de nov. 2020.

SOUZA, R. D. **Os sistemas de energia solar fotovoltaica. Livro digital de introdução aos sistemas solares**. BlueSol energia Solar. 2016. Disponível em: <<https://programaintegradoronline.com.br/wp-content/uploads/2016/03/Livro-Digital-de-Introdu%C3%A7%C3%A3o-aos-Sistemas-Solares-novo.pdf>>. Acesso em: 08 de nov. 2020.

TIEPOLO, G. M. **Estudo do potencial de geração de energia elétrica através de sistemas fotovoltaicos conectados à rede no Estado do Paraná**. 2015. 229 pg. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas-PPGEPS) - Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Curitiba, 2015. Disponível em: <<https://drive.google.com/file/d/0B9uCAMDD9bvbY2IGdUdZMmxoSEU/view>>. Acesso em: 08 de nov. 2020.

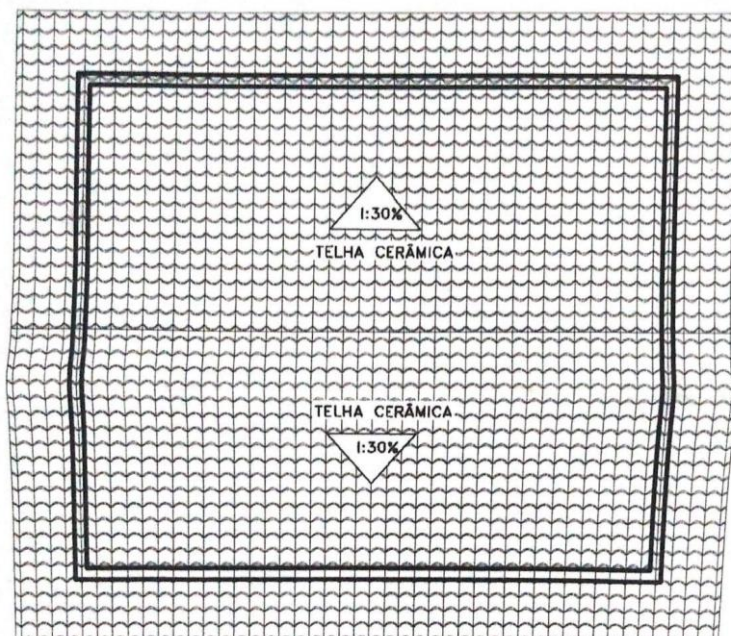
TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, E. B.; URBANETZ JR, J.; PEREIRA, S. V.; GONÇALVES, A. R.; LIMA, F. J. L.; COSTA, R. S., ALVES, A. R. **Atlas de Energia Solar do Estado do Paraná**. 1a Edição. Curitiba: UTFPR, 2017. Plataforma interativa. Disponível em: <<http://atlassolarparana.com/>>. Acesso em: 08 de nov. 2020.

TOMALSQUIM, M. T. **Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica**. EPE: Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-172/Energia%20Renov%C3%A1vel%20-%20Online%2016maio2016.pdf>>. Acesso em: 30 de out. 2020.

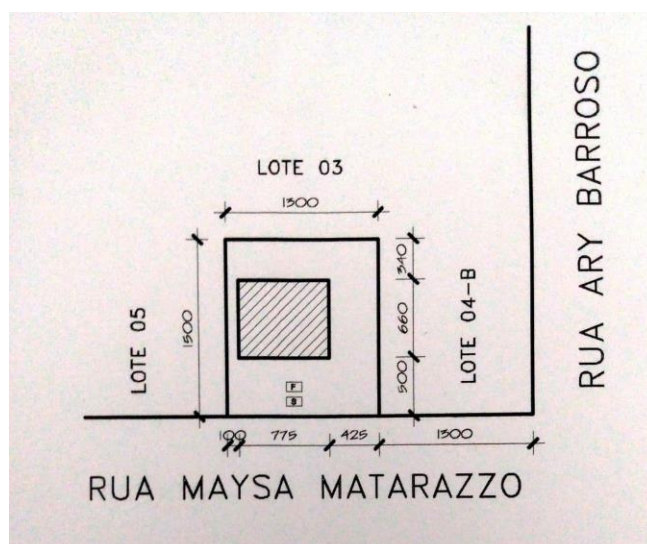
WANG, K. H. **Renewable Energy Management in Emerging Economies: Strategies for Growth (Routledge Frontiers of Business Management)**. 1. ed. EUA: Routledge Taylor & Francis Group London and New York, 2020. 234 p.

WINEMILLER, K. O., MCLNTYRE, P. B., CASTELLO, L., FLUET-CHOUINARD, E., GIARRIZZO, T., NAM, S., ... SAENZ, L. **Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong**. Science, 2016. Volume 351(6269). DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aac7082>. Acesso em: 10 de nov. 2020.

ANEXO 1 – PLANTAS BAIXAS DA EDIFICAÇÃO MODELO DE ESTUDO



COBERTURA
Escala 1/100



Escala: 1/500

ANEXO 2 – FATURA DE ENERGIA DA RESIDÊNCIA MODELO


COPEL

 Copel Distribuição S.A.
 José Izidoro Biazetto, 158 bl.C - Mossungué - Curitiba PR - CEP 81200-240
 CNPJ: 04.368.898/0001-06- IE 90.233.073-99 - IM 423.992-4

 www.copel.com
 0800 51 00 116

I R MAYSA MATARAZZO, 369 BAL PRIMAVERA - PONTAL DO PARANA - PR - CEP: 83255-000 CPF:

Mês de referência

Fevereiro/2022

Unidade Consumidora



Vencimento

13/03/2022

VALOR A PAGAR

R\$ 266,92

Responsabilidade da Manutenção de Ilumina Pública: Município 41 3455-9641 RAM

ALERTA: ECONOMIZE ENERGIA. BRASIL EM BANDEIRA DE ESCASSEZ HÍDRICA
Informações Técnicas

Nº Medidor: MD

Reside/Residencial

Leitura Anterior	Leitura Atual	Medido	Constante de Multiplicação	Total Faturado	Consumo Médio Diário	Data de Emissão	Próxima Leitura Prevista
20/01/2022 9110	21/02/2022 9331	32 dias 221 kWh	1	221 kWh	6,90 kWh	22/02/2022	23/03/2022

Histórico de Consumo e Pagamento

Mês	kWh	Dt.Pgto.	Valor
01/2022	172	02/03/2022	210,98
12/2021	177	01/02/2022	225,01
11/2021	178	14/12/2021	222,45
10/2021	198	30/11/2021	198,46
09/2021	171	29/10/2021	205,05
08/2021	166	05/10/2021	190,76
07/2021	155	02/09/2021	174,59
06/2021	172	09/08/2021	175,83
05/2021	152	08/07/2021	152,48
04/2021	199	07/06/2021	154,81
03/2021	187	07/05/2021	176,48
02/2021	181	08/04/2021	186,30

Valores Faturados
NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 239.696.110 - SÉRIE B
 Emitida em 22/02/2022

Produto Descrição	Un.	Consumo	Valor Unitário	Valor Total	Base Cál.	Aliq. ICMS
ENERGIA ELÉTRICA CONSUMO	kWh	221	0,835701	184,69	184,69	29,00%
ENERGIA CONS B ESCASSEZ HID	kWh			46,94	46,94	29,00%
ACRESCIMO MORATORIO				0,89		
JUROS CONTA ANTERIOR				1,22		
MULTA POR ATRASO NO PAGAMENTO				3,84		
CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO				29,34		

Informações Suplementares

Tarifas
ENERGIA ELET CONSUMO 0,558810

 Tensão Contratada: 127/220 volts
 Limite Adequado Tensão: 117 a 133/202 a 231 volts

Reaviso de Vencimento

O débito sujeita ao corte a partir de 20/03/2022. O contrato é encerrado se mantido 3 meses em corte, além das demais cobranças conforme legislação. Atraso de 45 dias sujeita ao CADIN e valores de atividades acessórias podem ser excluídos. Eventual reaviso anterior permanece válido. Se pago, desconsidere.

Referência	Valor (R\$)	Vencimento
01/2022	210,96	13/02/2022

Base de Cálculo do ICMS	Valor ICMS	Valor Total da Nota Fiscal
231,63	67,17	266,92
Reservado ao Fisco		

L 20554/21, aliq. ICMS composta por 27% ICMS e 2% FECOP. Autorização RE 7139/22 INCLUSO NA FATURA PIS R\$1,71 E COFINS R\$7,88 CONFORME RES. ANEEL 130/2005. A qualquer tempo pode ser solicitado o cancelamento de valores não relacionados a prestação do serviço de energia elétrica, como convênios e doações. A PARTIR DE 01/02/2022 - PIS/PASEP 0,90% e COFINS 4,15%. DEBITOS: 01/2022 R\$ 210,96 Períodos Band. Tarif.: Escas. Hidr: 21/01-21/02

