

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

LEONARDO HAUSEN

VINÍCIUS LOCATELLI

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE LOCAÇÃO DE USINA SOLAR
COMO MODELO DE NEGÓCIO UTILIZANDO A INFRAESTRUTURA DA
CONCESSIONÁRIA DE ENERGIA ELÉTRICA**

CURITIBA

2022

**LEONARDO HAUSEN
VINÍCIUS LOCATELLI**

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE LOCAÇÃO DE USINA SOLAR
COMO MODELO DE NEGÓCIO UTILIZANDO A INFRAESTRUTURA DA
CONCESSIONÁRIA DE ENERGIA ELÉTRICA**

**Economic feasibility study of leasing a solar plant as a business model using
the infrastructure of the electric energy concessionaire**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito parcial para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientador: Prof. Dr. André Nagalli.

**CURITIBA
2022**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**LEONARDO HAUSEN
VINÍCIUS LOCATELLI**

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE LOCAÇÃO DE USINA SOLAR
COMO MODELO DE NEGÓCIO UTILIZANDO A INFRAESTRUTURA DA
CONCESSIONÁRIA DE ENERGIA ELÉTRICA**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito parcial para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 14/junho/2022

Orientador: Prof. Dr. André Nagalli
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Sandileia Recalcatti
Engenheira Civil
Universidade do Oeste de Santa Catarina

Karen Clara da Cunha Leão
Engenheira Ambiental
Universidade Federal do Amazonas

**CURITIBA
2022**

RESUMO

A matriz energética brasileira apresenta uma grande dependência das usinas hidrelétricas e, apesar de serem fontes renováveis com grande potencial produtivo no Brasil, estão sujeitas a variações conforme as condições climáticas. Para contribuir com a diversificação na matriz e atrair mais investimentos, as demais fontes renováveis precisam demonstrar uma boa capacidade produtiva e um retorno financeiro. Diante disto, este trabalho visa analisar a viabilidade do modelo de negócio de locação de uma usina solar que faça compensação remota de energia através da infraestrutura da concessionária de energia COPEL. Realizou-se uma análise para definição do consumidor alvo para este modelo de negócio e foram estudadas as regulamentações normativas do setor, para posterior execução de um projeto e orçamento real de uma usina solar no interior do Paraná. Para a simulação foi utilizado o *software* PVSYST, que forneceu os valores da geração anual. Em seguida, foram feitas as análises financeiras para a instalação da usina sob regras da REN 482/2012 e para a instalação em 2024, aplicando as taxações da Lei 14.300/2022. As análises demonstraram, ao final dos seus 25 anos de operação, uma TIR de 16,08% e um *payback* de 6 anos e 11 meses para a primeira condição. Para a segunda, o modelo de negócio demonstrou ser economicamente inviável, com um *payback* de 9 anos e 4 meses e uma TIR de 11,25%, inferior ao custo de oportunidade adotado de 13%. Portanto a baixa liquidez no capital investido, o longo *payback* e possíveis mudanças no cenário macroeconômico podem indicar condições atrativas somente para investidores que busquem retorno a longo prazo, diversificação e uma forma de fomentar a energia solar fotovoltaica.

Palavras-chave: Energias renováveis, Energia solar fotovoltaica, Estudo de viabilidade, Investimento.

ABSTRACT

The Brazilian energy matrix presents a large dependence on hydroelectric plants and, despite being renewable sources with great productive potential in Brazil, they are subject to variations according to climate conditions. To contribute to the diversification in the matrix and attract more investments, the other renewable sources need to demonstrate a good productive capacity and financial return. In this context, this work aims to analyze the viability of the business model of leasing a solar plant that makes remote energy compensation through the infrastructure of the energy concessionaire COPEL. An analysis was performed to define the target consumer for this business model and the normative regulations of the sector were studied, for later execution of an actual project and budget for a solar plant in the interior of Paraná. For the simulation the PVSYST software was used, which provided the annual generation values. Next, financial analyses were done for the installation of the plant under the rules of REN 482/2012 and for the installation in 2024, applying the taxes of Law 14.300/2022. The analyses showed, at the end of its 25 years of operation, an IRR of 16,08% and a payback of 6 years and 11 months for the first condition. For the second one, the business model proved to be economically unfeasible, with a payback of 9 years and 4 months and an IRR of 11,25%, lower than the adopted opportunity cost of 13%. Therefore the low liquidity of invested capital, the long payback and possible changes in the macroeconomic scenario may indicate attractive conditions only for investors seeking long-term return, diversification and a way to promote solar PV.

Keywords: Renewable energy, Photovoltaic solar energy, Feasibility study, Investment.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CA	Corrente alternada
CAPEX	<i>Capital Expenditure</i>
CC	Corrente contínua
CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
CNPJ	Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
CPF	Cadastro de Pessoa Física
CSLL	Contribuição Social sobre Lucro Líquido
DPS	Dispositivo de Proteção contra Surtos
DRE	Demonstração do Resultado do Exercício
EMUC	Empreendimento com Múltiplas Unidades Consumidoras
GD	Geração Distribuída
HSP	Horas de Sol Pleno
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IRPJ	Imposto de Renda de Pessoa Jurídica
IRR	<i>Internal Rate of Return</i>
LCOE	<i>Levelized Cost Of Energy</i>
MME	Ministério de Minas e Energia
MPPT	<i>Maximum Power Point Tracking</i>
NPV	<i>Net Present Value</i>
OPEX	<i>Operational Expenditure</i>
PERC	<i>Passivated Emitter Rear Cell</i>
PIS	Programa de Integração Social
REN	Resolução Normativa
SCEE	Sistema de Compensação de Energia Elétrica
SELIC	Sistema Especial de Liquidação e Custódia
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SPDA	Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas
STC	Temperatura Normal de Teste (do inglês: <i>Standard Test Conditions</i>)
TE	Tarifa de Energia
TIR	Taxa Interna de Retorno
TUSD	Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição
VPL	Valor Presente Líquido

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Comparação da matriz energética do Brasil	19
Figura 2 – Mapa de recursos solares do Brasil	24
Figura 3 - Corte transversal de uma célula fotovoltaica	25
Figura 4 - Funcionamento da energia solar fotovoltaica	27
Figura 5 - Célula de silício monocristalino.....	29
Figura 6 - Célula de silício policristalino	30
Figura 7 - (a) Célula de silício padrão; (b) Célula com tecnologia PERC	31
Figura 8 - Exemplo de inversor do tipo <i>String</i>	33
Figura 9 - Exemplo de inversor central	34
Figura 10 - Exemplo de otimizador de potência	35
Figura 11 - Exemplo de otimizador de potência instalado, circulado em preto na imagem.....	35
Figura 12 - Exemplo de <i>String Box</i> , composto por DPS e chave seccionadora	36
Figura 13 - Exemplo de medidor bidirecional	37
Figura 14 - Exemplo de suporte metálico terrestre fixo com base de concreto	38
Figura 15 - Exemplo de funcionamento do suporte tipo <i>tracker</i>	38
Figura 16 - Exemplo de estrutura de fixação em madeira	39
Figura 17 - Média das componentes tarifárias de energia do Brasil	48
Figura 18 - Linha do tempo para aplicação da Lei 14.300/2022.....	49
Figura 19 – Critérios e subcritérios para a escolha de local de usina solar fotovoltaica	51
Figura 20 – Principais tipos de fundação utilizada	53
Figura 21 - Arranjo da usina fotovoltaica projetada	73

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Evolução estimada do consumo de energia no Brasil em TWh	17
Gráfico 2 – Repartição das fontes energéticas no Brasil	18
Gráfico 3 – Repartição da matriz elétrica brasileira por tipo	19
Gráfico 4 – Acionamento e Adicional Bandeiras Tarifárias (R\$/MWh)	21
Gráfico 5 – Variação da geração de energia de 2019 para 2020 em GWh no Brasil	23
Gráfico 6 - Valores das bandeiras tarifárias por kWh	42
Gráfico 7 – Distribuição do sistema de geração.....	74
Gráfico 8 – LCOE das fontes renováveis de energia no Brasil	80

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Valores tarifários do grupo B3	41
Quadro 2 - Valores tarifários do grupo A4	41
Quadro 3 - Comparação da classificação quanto à potência instalada da unidade geradora	47
Quadro 4 - Comparação do valor da compensação de energia	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Orçamentos dos módulos fotovoltaicos	70
Tabela 2 – Características elétricas em condições normais de teste do módulo SAT450-144M	71
Tabela 3 – Coeficientes de temperatura do módulo SAT450-144m	71
Tabela 4 – Especificações do inversor SPI30K-BLV	72
Tabela 5 – Produção de energia elétrica mensal simulada da usina	74
Tabela 6 – CAPEX do projeto	75
Tabela 7 – DRE do primeiro ano de operação da usina	77
Tabela 8 – Lista de despesas mensais do cliente sem usina solar e sem escassez hídrica	80
Tabela 9 – Lista de despesas mensais do cliente sem usina e com escassez hídrica	81
Tabela 10 – Lista de despesas mensais do cliente com usina e sem escassez hídrica	81
Tabela 11 – Lista de despesas mensais do cliente com usina e com escassez hídrica	81
Tabela 12 – Comparação de resultados entre usina implantada em 2022 e 2024	82

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Objetivos	15
1.1.1	Objetivo Geral.....	15
1.1.2	Objetivos Específicos	15
1.2	Justificativa	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1	Panorama do consumo energético do Brasil	17
2.1.1	Matriz Energética e Elétrica.....	18
2.1.2	Principais Fontes Geradoras	20
2.1.3	Crise Hídrica.....	21
2.2	Energia Solar Fotovoltaica	22
2.2.1	Potencial de Produção	23
2.2.2	Princípio de Funcionamento Fotovoltaico.....	25
2.2.3	Funcionamento e Instalação de um Sistema Fotovoltaico	26
<u>2.2.3.1</u>	<u>Módulos Fotovoltaicos</u>	<u>28</u>
2.2.3.1.1	<i>Módulos de Silício Monocristalino</i>	28
2.2.3.1.2	<i>Módulos de Silício Policristalino</i>	29
2.2.3.1.3	<i>Módulos de Filme Fino</i>	30
2.2.3.1.4	<i>Módulos Half Cell</i>	30
2.2.3.1.5	<i>Módulos com Tecnologia PERC</i>	31
2.2.3.1.6	<i>Módulos Bifaciais</i>	31
<u>2.2.3.2</u>	<u>Inversor Solar</u>	<u>32</u>
2.2.3.2.1	<i>Inversores string</i>	32
2.2.3.2.2	<i>Inversores centrais</i>	33
<u>2.2.3.3</u>	<u>Otimizadores de potência</u>	<u>34</u>
<u>2.2.3.4</u>	<u>Sistema de proteção</u>	<u>35</u>
2.2.3.4.1	<i>Ilhamento em um sistema fotovoltaico</i>	36
<u>2.2.3.5</u>	<u>Sistema de medição</u>	<u>36</u>
<u>2.2.3.6</u>	<u>Estrutura de fixação dos módulos</u>	<u>37</u>
2.2.3.6.1	<i>Estrutura de fixação metálica</i>	37
2.2.3.6.2	<i>Estrutura de fixação em madeira</i>	39
2.3	Estrutura Tarifária	39
2.3.1	Valor da Energia da COPEL.....	41

2.3.2	Bandeiras Tarifárias	42
2.4	Regulamentação.....	42
2.4.1	Novas modalidades de geração distribuída.....	44
<u>2.4.1.1</u>	<u>Empreendimentos com múltiplas unidades consumidoras.....</u>	<u>44</u>
<u>2.4.1.2</u>	<u>Geração compartilhada</u>	<u>44</u>
2.4.1.2.1	<i>Geração compartilhada por consórcio.....</i>	45
2.4.1.2.2	<i>Geração compartilhada por cooperativas.....</i>	45
<u>2.4.1.3</u>	<u>Autoconsumo remoto</u>	<u>46</u>
2.4.2	Venda de energia elétrica.....	46
2.4.3	Novo marco regulatório da geração distribuída	46
2.4.4	Incidência de impostos	50
<u>2.4.4.1</u>	<u>PIS/COFINS</u>	<u>50</u>
<u>2.4.4.2</u>	<u>ICMS</u>	<u>50</u>
2.5	Usina Solar.....	51
2.5.1	Localização	51
2.5.2	Aspectos construtivos.....	51
<u>2.5.2.1</u>	<u>Preparação do terreno.....</u>	<u>52</u>
<u>2.5.2.2</u>	<u>Fundação</u>	<u>52</u>
2.5.3	Geração e simulação.....	53
2.6	Análise Financeira.....	54
2.6.1	Demonstração do Resultado do Exercício (DRE).....	54
2.6.2	Projeção do fluxo de caixa	54
2.6.3	Taxa interna de retorno (TIR)	55
2.6.4	Custo de oportunidade	55
2.6.5	Valor presente líquido (VPL)	56
2.6.6	<i>Payback</i> tradicional e descontado	57
2.6.7	LCOE (Levelized cost of energy).....	57
2.6.8	Impostos.....	57
3	METODOLOGIA	60
3.1	Perfis de Consumo.....	60
3.2	Usina Solar Fotovoltaica.....	61
3.2.1	Localização	61
3.2.2	Pré-dimensionamento	61
<u>3.2.2.1</u>	<u>Módulos fotovoltaicos</u>	<u>62</u>
<u>3.2.2.2</u>	<u>Inversor</u>	<u>62</u>

3.2.2.2.1	<i>Dimensionamento quanto à potência</i>	62
3.2.2.2.2	<i>Dimensionamento quanto à tensão</i>	63
3.2.2.2.3	<i>Dimensionamento quanto à corrente</i>	63
3.2.3	Simulação da geração.....	64
3.2.4	Aspectos construtivos.....	64
3.2.5	Custo	64
3.3	Modelo de negócio	65
3.3.1	Viabilidade financeira	65
<u>3.3.1.1</u>	<u>Cálculo do investimento inicial</u>	<u>65</u>
<u>3.3.1.2</u>	<u>Estimativa das entradas e saídas</u>	<u>66</u>
<u>3.3.1.3</u>	<u>Projeção dos reajustes de preço de aluguel e energia</u>	<u>66</u>
<u>3.3.1.4</u>	<u>Impostos</u>	<u>66</u>
<u>3.3.1.5</u>	<u>Projeção do fluxo de caixa</u>	<u>67</u>
<u>3.3.1.6</u>	<u>Definição do custo de oportunidade</u>	<u>67</u>
<u>3.3.1.7</u>	<u>Payback descontado</u>	<u>67</u>
<u>3.3.1.8</u>	<u>TIR</u>	<u>67</u>
<u>3.3.1.9</u>	<u>LCOE</u>	<u>67</u>
3.3.2	Visão do cliente	68
3.3.3	Impactos de uma implantação em 2024	68
3.3.4	Aspectos contratuais	68
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	69
4.1	Perfil de consumidor alvo	69
4.1.1	Determinação do consumo a ser compensado	69
4.2	Usina solar fotovoltaica	69
4.2.1	Localização da usina fotovoltaica	69
4.2.2	Pré-dimensionamento	70
<u>4.2.2.1</u>	<u>Módulos fotovoltaicos</u>	<u>70</u>
<u>4.2.2.2</u>	<u>Inversores</u>	<u>71</u>
4.2.2.2.1	<i>Dimensionamento por potência</i>	71
4.2.2.2.2	<i>Dimensionamento por tensão</i>	72
4.2.2.2.3	<i>Dimensionamento por corrente</i>	73
4.2.2.2.4	<i>Arranjo final</i>	73
4.2.3	Simulação.....	73
4.3	Análise econômica	75
4.3.1	CAPEX	75

4.3.2	OPEX	75
4.3.3	Valor do aluguel.....	76
4.3.4	Impostos.....	77
<u>4.3.4.1</u>	<u>PIS/COFINS</u>	<u>77</u>
<u>4.3.4.2</u>	<u>IRPJ.....</u>	<u>77</u>
4.3.5	DRE.....	77
4.3.6	Reajustes	78
4.3.7	Fluxo de Caixa.....	78
4.3.8	TIR e Custo de oportunidade	78
4.3.9	VPL.....	79
4.3.10	Payback.....	79
4.3.11	LCOE.....	79
4.3.12	Visão do cliente	80
4.3.13	Impactos da Lei Nº 14.300/2022	81
5	CONCLUSÃO	83
	REFERÊNCIAS.....	85
ANEXO A -	FORMULÁRIO DE TROCA DE TITULARIDADE	94
ANEXO B -	FATURA DE ENERGIA DE CLIENTE DO GRUPO B3.....	95
ANEXO C -	ESPECIFICAÇÕES DO MÓDULO FOTOVOLTAICO	96
ANEXO D -	ESPECIFICAÇÕES DO INVERSOR	97
ANEXO E -	SIMULAÇÃO DA GERAÇÃO DA USINA.....	99
ANEXO F -	EXEMPLO DE FATURA DE ENERGIA DE MARINGÁ.....	105
ANEXO G -	PROJEÇÃO DO FLUXO DE CAIXA	106
ANEXO H -	PROJEÇÃO DO FLUXO DE CAIXA A PARTIR DE 2024.....	109

1 INTRODUÇÃO

A matriz elétrica brasileira é comandada há muito tempo pelas usinas hidrelétricas, que correspondem a cerca de 60% de toda a produção (ANEEL, 2022a). Comparativamente com outros países, é algo positivo por diminuir o consumo de combustíveis fósseis e, conseqüentemente não liberar grande quantidade de gás carbônico. Porém, ainda é responsável por um grande impacto ambiental, sobretudo na área de implantação (EPE, 2018).

Acrescenta-se também que a predominância de uma única fonte de energia e, principalmente, a dependência de grandes usinas para sua geração tem apresentado efeitos negativos para a população e para as cidades. A crise hídrica ocorrida no Brasil, principalmente em 2021, é um exemplo que prejudicou diversas famílias com o aumento do valor de suas contas de luz devido à cobrança de novas bandeiras tarifárias (ENGIE, 2022).

Diante disso, a solução ideal para o atual cenário energético do país é diversificar as fontes de geração energética, de modo a priorizar a utilização de fontes de energia renováveis e, então, causar o menor impacto ambiental possível (SHAREAMERICA, 2015).

Uma das opções, em um país como o Brasil, é incentivar a utilização da energia solar. Além do grande potencial produtivo que a região oferece como um todo, outro fator fundamental é possibilidade de integrar essa tecnologia na maioria dos projetos da construção civil. Também abre-se a possibilidade de criar uma rede descentralizada, ou até mesmo individual de geração de energia, que daria maior autonomia à população e reduziria a sobrecarga nas usinas atuais (RÜTHER, 2004).

Com a publicação da Resolução Normativa nº 482 (REN 482), criada em 2012, e posteriormente, revista pela Resolução Normativa nº 687 (REN 687), de 2015, estabeleceu-se as condições regulatórias para a inserção da geração distribuída na matriz energética brasileira. Isso possibilitou uma série de oportunidades para investidores usufruírem destas regulamentações, de forma a viabilizar o uso da energia solar como modelo de negócio.

A locação de usinas solares foi um dos modelos permitidos a partir dessas novas resoluções normativas. Com o valor das tarifas de energia sofrendo reajustes anuais acima da inflação (SOMA ENERGIA, 2022), tornou-se uma alternativa

interessante para consumidores gerarem sua própria energia, ou de investidores revenderem a sua energia produzida através da locação das fontes geradoras.

Como nem todas as unidades consumidoras possuem espaço físico para a instalação de usinas solares, ou encontram-se em lugares onde a irradiação solar não é tão favorável para a produção, o formato de locação pode ser realizado através da geração em um lugar diferente do consumo, onde é feito a compensação da energia produzida, categorizada na modalidade de autoconsumo remoto, descrita na REN 687 da ANEEL.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Realizar um estudo de viabilidade para um modelo de negócio que envolve a locação de uma usina solar fotovoltaica localizada no interior do Paraná para clientes que precisem compensar seu consumo de energia em outra localidade que esteja conectada à mesma concessionária de energia elétrica.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Identificar o perfil de consumo mais adequado para o modelo de negócio, e então direcionar o projeto de uma usina solar;
- Analisar o custo para construir uma usina solar fotovoltaica no interior do Paraná, onde haja infraestrutura da concessionária para fazer a ligação na rede de distribuição;
- Analisar a viabilidade econômica da locação dessa usina como modelo de negócio, em que o cliente usufrui da geração da mesma para compensar o consumo de energia elétrica em outra localidade;
- Verificar os impactos que a Lei Nº 14.300/2022 pode proporcionar a esse tipo de modelo de negócio.

1.2 Justificativa

O segmento da energia solar é um mercado em contínua ascensão no país. Para dar continuidade neste processo, é preciso além de incentivar o uso de fontes renováveis geradoras de energia, demonstrar a atratividade do negócio para

investidores, aumentando assim a adesão e, conseqüentemente, a acessibilidade a este tipo de tecnologia.

Este estudo focado no modelo de negócio, de modo a analisar seu retorno financeiro, também pode gerar segurança e credibilidade para uma solução imediata no combate ao uso de fontes energéticas poluidoras do meio ambiente, implantando então uma cultura ambiental na sociedade como um todo.

Além disso, como grande parte da população do país não tem conhecimento das regulamentações do setor, demonstrar de maneira didática e simplificada estas informações no texto, pode aumentar o interesse de investidores e fomentar o mercado de energia renovável, contribuindo com toda a cadeia produtiva do setor, gerando milhares de novos empregos no país.

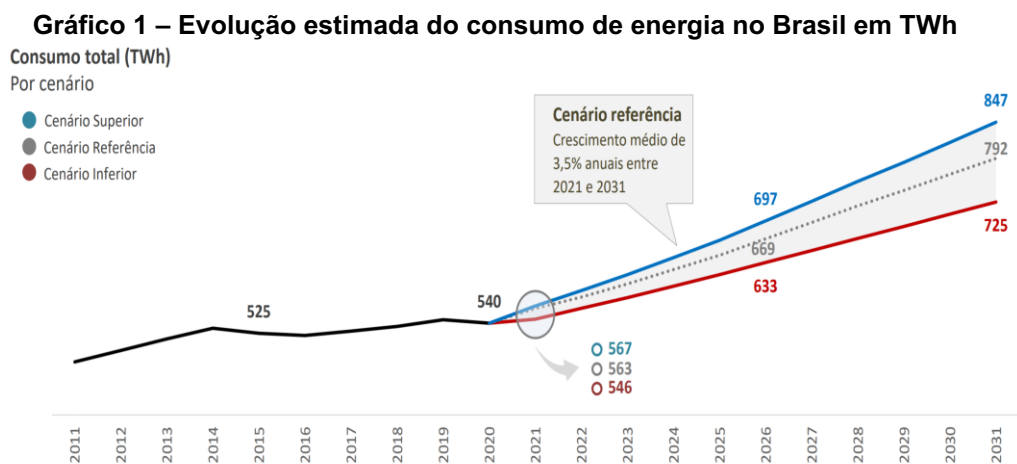
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Panorama do consumo energético do Brasil

A constante disputa entre os países para alcançar o maior desenvolvimento e estar entre as maiores economias tem como consequência um consumo desenfreado que é característico da sociedade capitalista. Isso tem uma reflexão direta nos níveis de demanda de energia no mundo, que por sua vez, também apresenta um crescimento contínuo, já que o avanço tecnológico influencia diretamente na produção industrial e na utilização de equipamentos eletrônicos (KNIRSCH, 2012).

O contexto atual aponta uma dependência e futuro esgotamento dos recursos naturais necessários para suprir essa demanda, e ainda com efeitos negativos para o meio ambiente, decorrente da grande emissão de poluentes pelo setor (KNIRSCH, 2012).

Estima-se que esse aumento no consumo de energia elétrica no Brasil será na casa dos 3,5% anuais até 2031, o que faria o valor passar de 540 TWh em 2020 para um valor entre 725 e 847 TWh em 2031, como indicado no Gráfico 1 (EPE, 2021a).



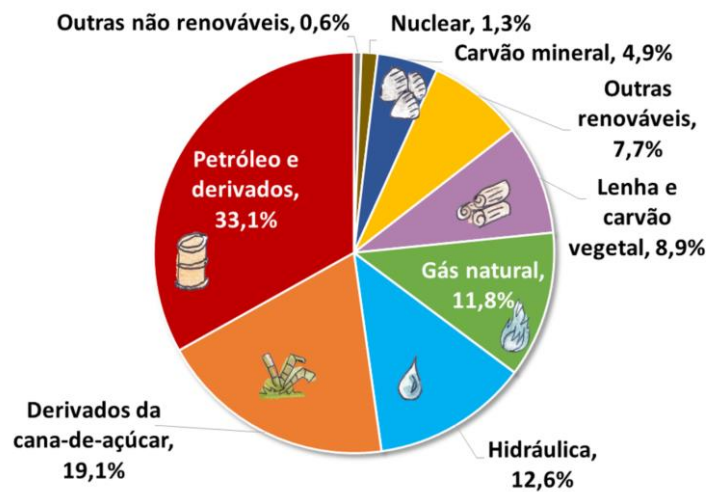
Fonte: EPE (2021a)

Um crescimento entre 34 e 57% na demanda de energia elétrica em aproximadamente 10 anos, certamente forçará uma busca pela expansão da produção de energia e aumentará o interesse por uma maior diversificação da matriz elétrica do país, abrindo grandes oportunidades para negócios relacionados a inovações nesse setor.

2.1.1 Matriz Energética e Elétrica

Segundo dados da Empresa de Pesquisa Energética, o Brasil possui uma produção energética predominantemente a partir do petróleo e derivados da cana-de-açúcar, com 33,1% e 19,1% respectivamente. Isso se deve ao grande consumo de combustíveis pelo setor de transportes, que é o segundo maior setor consumidor de energia atrás somente da indústria. Juntamente com as demais fontes, observa-se uma repartição de 51,6% de fontes não renováveis e 48,4% de renováveis (EPE, 2021b). O panorama das fontes energéticas do Brasil está demonstrado no Gráfico 2.

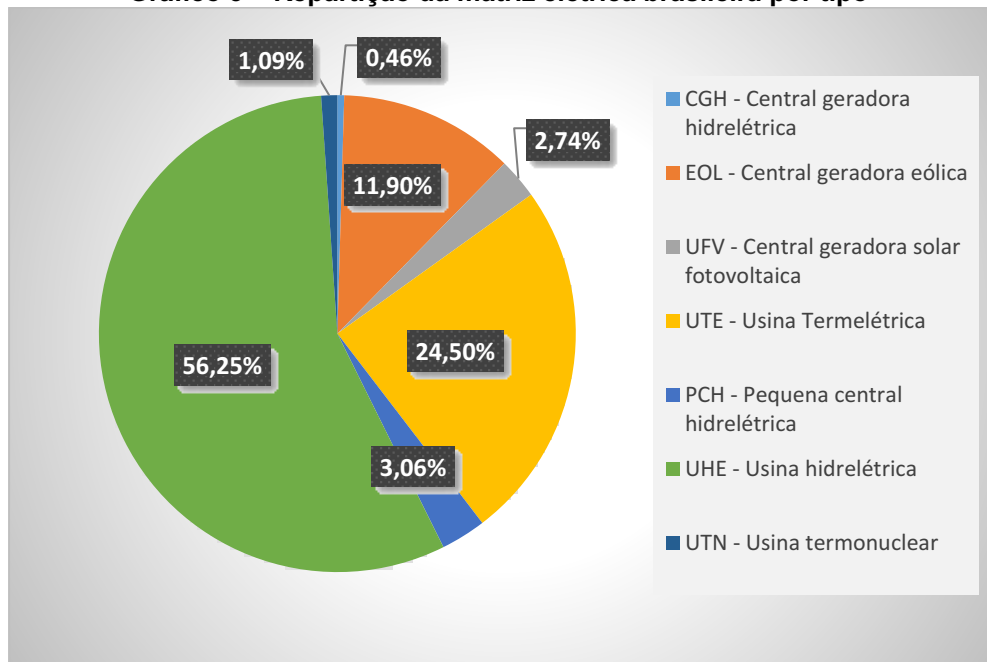
Gráfico 2 – Repartição das fontes energéticas no Brasil



Fonte: EPE (2021b)

Porém, ao considerar somente a energia elétrica, o Brasil possui uma matriz bem centralizada, com 59,77% da produção proveniente de usinas hidrelétricas e 24,50%, de usinas termelétricas (ANEEL, 2022a), como demonstrado no Gráfico 3.

Gráfico 3 – Repartição da matriz elétrica brasileira por tipo



Fonte: ANEEL (2022a)

O Brasil já apresenta uma matriz elétrica predominantemente renovável, que corresponde a 83,08% da sua produção conforme demonstrado na Figura 1.

Figura 1 – Comparação da matriz energética do Brasil



Fonte: ANEEL (2022a)

Contudo, como visto na Figura 1, a fonte hídrica representa cerca de 72% da produção a partir de fontes renováveis, enquanto as demais ainda têm uma participação reduzida na matriz.

2.1.2 Principais Fontes Geradoras

A energia hídrica, por ser a principal fonte de eletricidade no Brasil, é um fator importante para a pesquisa. Essa predominância, com 109,5 GW de potência fiscalizada dos 180 GW totais, pode ser explicada por apresentar grandes vantagens em comparação com outros tipos de geração de energia mais antigos (EPE, 2020).

Além do Brasil apresentar um grande potencial hídrico, as hidrelétricas são abastecidas por fonte renovável de energia, já que não consomem efetivamente a água para gerar energia. Em comparação com as demais fontes de energia, como por exemplo as termelétricas, apresentam baixa emissão de gases de efeito estufa, têm um custo de operação mais baixo, logo, são economicamente muito competitivas e ainda têm uma flexibilidade operativa grande, já que é possível armazenar eletricidade através dos reservatórios de acumulação de água (EPE, 2018).

Contudo, ao se tratar de uma expansão da hidreletricidade, existem alguns pontos negativos a serem analisados, como os impactos socioambientais que a implantação de uma barragem ou reservatório causaria, com a retirada da vegetação nativa, intensificação de processos erosivos e interrupção do fluxo dos rios (SILVA et al., 2018).

Acrescenta-se que com as bacias com maior potencial hídrico afastadas dos grandes centros consumidores, seria necessário um investimento muito grande em linhas de transmissão para atender grande parte da demanda (EPE, 2018).

Além das grandes dificuldades de expansão, pode-se ressaltar a grande dependência de uma estabilidade nos níveis de chuva para garantir uma produção constante. Caso haja uma oscilação e, conseqüentemente, diminuição dos níveis de reservatórios, é necessário ativar usinas termelétricas para suprir a demanda energética (EPE, 2021c).

As usinas termelétricas, em 2º lugar na produção de energia elétrica no Brasil, utilizam da queima de combustíveis para fazer a geração. Portanto, mesmo utilizando uma fonte renovável, a biomassa, que representa cerca de 35% da produção total das termelétricas, composta principalmente de derivados da cana-de-açúcar, acaba sendo responsável pela produção de uma grande quantidade de gases de efeito estufa

(ANEEL, 2022a). No caso de combustíveis fósseis, como o petróleo e derivados, carvão mineral e gás natural, os impactos ambientais são ainda maiores (EPE, 2018).

Outra desvantagem desse tipo de geração é o elevado custo se comparado à hidrelétrica, uma vez que é necessário fazer a compra e transporte da matéria-prima (SILVA et al., 2018).

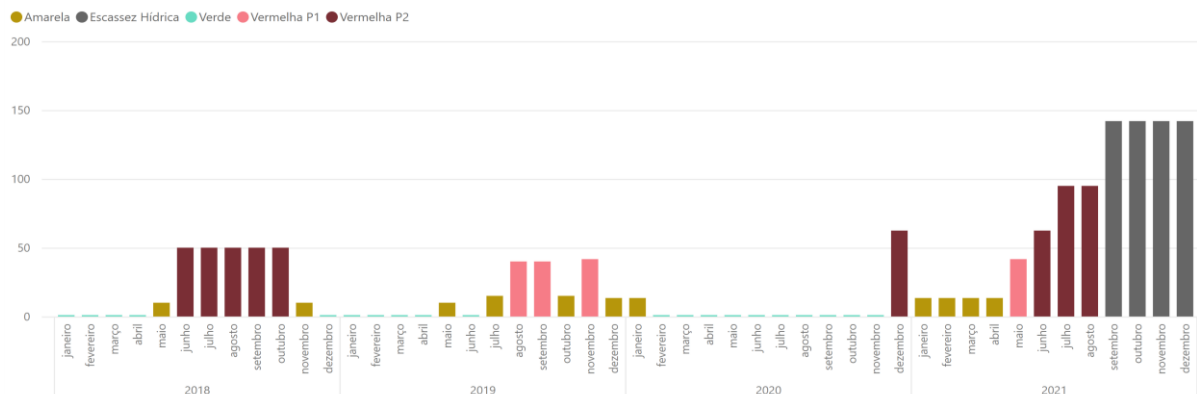
O ponto positivo fica por conta da independência com relação às condições climáticas. Deste modo se torna possível manter a produção constante durante o ano todo ou aumentá-la em caso de déficit em alguma outra fonte de geração (SILVA et al., 2018).

2.1.3 Crise Hídrica

As crises hídricas estão diretamente ligadas com a capacidade de geração de energia elétrica no Brasil, e são situações muito relacionadas às condições climáticas de uma região. Historicamente, percebe-se que existe uma continuidade de casos do tipo, com variação somente nas regiões atingidas. Devido à concentração dos reservatórios de geração hidrelétrica que integram o Sistema Interligado Nacional em apenas 3 bacias, Paraná, Tocantins-Araguaia e São Francisco, alguns períodos de crise que atingem essas localidades trazem grandes consequências, como em 2019, quando os níveis dos reservatórios atingiram o menor valor em 5 anos (ANA, 2020).

Para exemplificar os efeitos que ocorrências como esta causam para o consumidor final, o Sistema de Bandeiras Tarifárias, implementado em 2015, indica as condições de geração de eletricidade e o impacto disso nas contas de luz com acréscimos no valor consumido (ANEEL, 2021a). O histórico das bandeiras tarifárias entre 2018 e 2021 pode ser observado no Gráfico 4.

Gráfico 4 – Acionamento e Adicional Bandeiras Tarifárias (R\$/MWh)



Fonte: ANEEL (2021a)

De acordo com os dados do Gráfico 4, fica evidente como essa submissão a um único tipo de geração pode ser prejudicial e repercutir na conta de luz dos brasileiros. Contudo, esses casos explicitam as vantagens de investir em pequenas usinas geradoras de energia elétrica e até aceleram o retorno financeiro, uma vez que este é baseado na economia proporcionada após a instalação.

2.2 Energia Solar Fotovoltaica

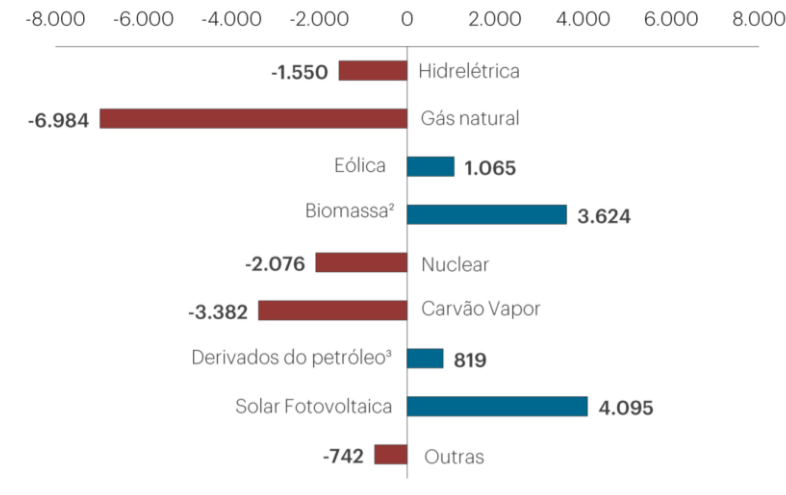
A energia solar fotovoltaica é a energia obtida através da conversão direta da luz solar em eletricidade e tem como base o efeito fotovoltaico, que é o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção da luz (EPE, 2021c).

Esta é uma fonte de energia considerada limpa e que está em ascensão no mundo todo. Apesar disso, ainda representa uma geração muito limitada em comparação a outras fontes mais tradicionais, como a hidrelétrica, no Brasil, e até termelétrica e nuclear em outros países (RITCHIE et al., 2020).

Ainda assim, a energia solar fotovoltaica apresenta uma vantagem em comparação às outras, que é a possibilidade de instalar pequenas usinas com um menor aporte financeiro. Portanto, até pequenos investidores podem utilizar desta fonte de geração de energia para obter um retorno no seu investimento, acabando com a sua dependência de grandes usinas e sua energia cada vez mais cara (ABSOLAR, 2018).

Ao considerar somente esse tipo de pequena geração, conhecido como Micro e Minigeração Distribuída, houve um aumento de 137% entre 2019 e 2020, acréscimo que resultou em 5.269 GWh gerados. Esta marca foi alcançada principalmente pelo impulso da energia solar fotovoltaica, uma vez que representa 90,4% de toda essa modalidade de geração (EPE, 2021d).

Mesmo que representem um valor pequeno comparado com a produção total do país, essas pequenas usinas alavancam o crescimento da produção de energia solar fotovoltaica, que de 2019 a 2020 foi a fonte que mais cresceu em números absolutos, como indicado no Gráfico 5, atingindo 10.750 GWh, o que representa crescimento de 61,5% (EPE, 2021d).

Gráfico 5 – Variação da geração de energia de 2019 para 2020 em GWh no Brasil

Fonte: EPE (2021d)

Esses dados mostram não apenas a importância das energias renováveis e sua evolução na matriz energética do país, como também a importância de pequenos investidores que aceleram essa diversificação.

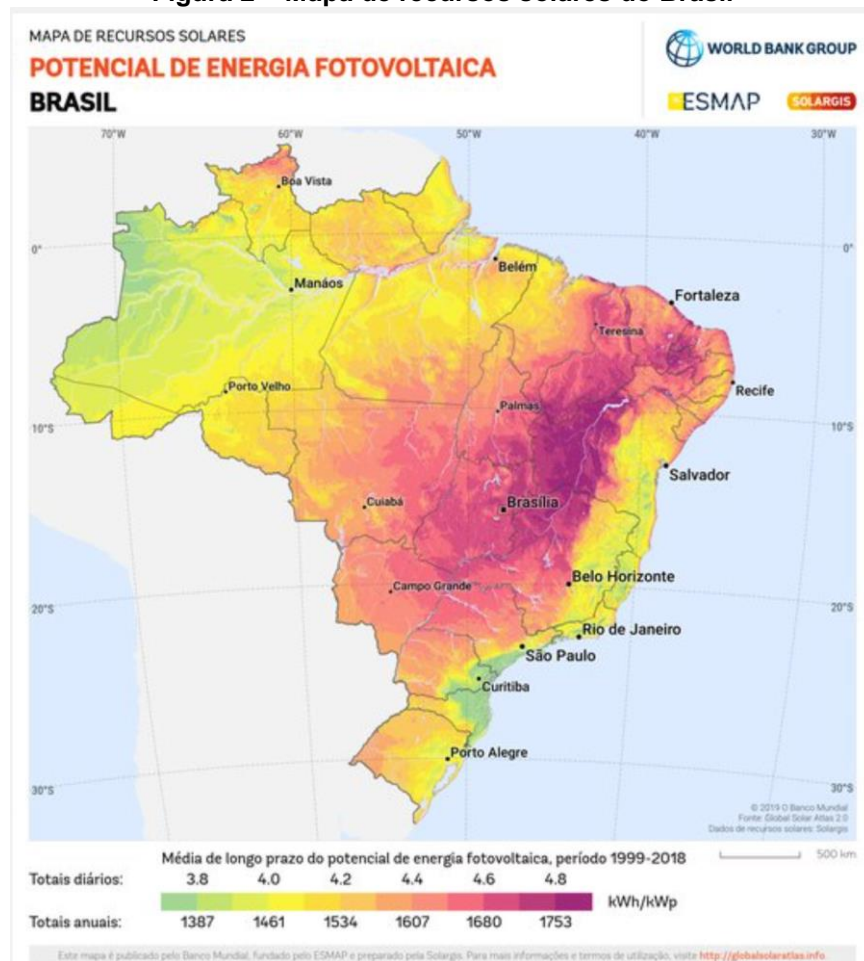
2.2.1 Potencial de Produção

O Brasil, por estar quase inteiramente situado entre os trópicos, tem uma incidência mais vertical dos raios solares, o que fornece ao país condições vantajosas para a utilização da energia fotovoltaica, já que a irradiação solar é elevada em quase todo o território durante todo o ano (EPE, 2018).

No território nacional, a irradiação média diária durante o ano fica entre 4,1 e 6,5 kWh/m², valores superiores ao de países que apresentam uma geração de energia solar fotovoltaica maior, como a Alemanha, com incidência entre 2,5 a 3,5 kWh/m² e Espanha, entre 3,28 e 5,3 kWh/m² (ROSA, 2016).

A irradiação média por localidade no Brasil pode ser observada na Figura 2.

Figura 2 – Mapa de recursos solares do Brasil



Fonte: Solargis (2018)

Esse grande potencial de recurso solar, devido ao posicionamento geográfico do Brasil, aliado com sua grande extensão territorial e com incentivos e investimentos na área, seriam capazes de fazer o Brasil se equiparar e até ultrapassar os países líderes na produção de energia solar fotovoltaica, já que estes não possuem condições climáticas privilegiadas. Mas mesmo distante dos demais países, os investimentos começaram e devem crescer com o passar do tempo (RELLA, 2017).

Apesar do bom rendimento em todo o país, algumas regiões são favorecidas na área, atraindo fortes investimentos para a geração fotovoltaica centralizada. A maior parte das grandes usinas ficam localizadas nas regiões Nordeste e Centro-Oeste, mas a perspectiva é de haver uma maior distribuição quando essas regiões ficarem próximas da saturação de suas linha de transmissão e necessitarem de um maior investimento para suportar toda a produção (INPE, 2017).

Com isso, espera-se que as regiões Sul e Sudeste ganhem força, já que abrigam os maiores centros consumidores e necessitariam de um menor investimento

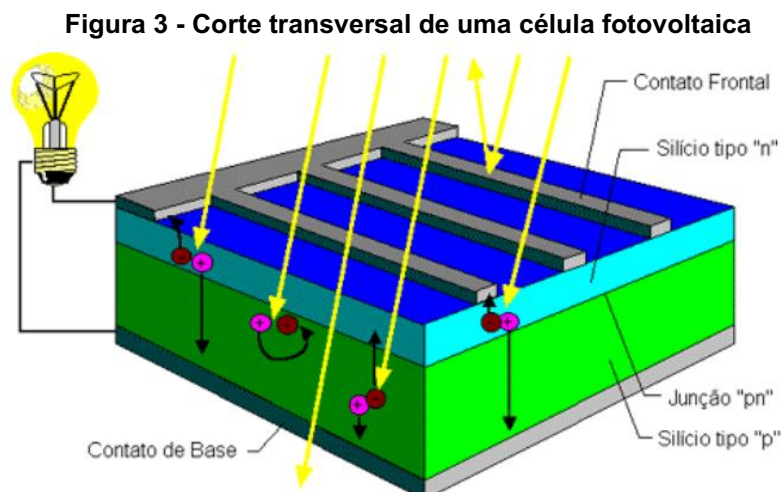
em linhas de transmissão, além de possuírem ótimos índices de irradiação média anual, principalmente no oeste dos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (INPE, 2017).

Com relação à geração distribuída (GD), além do potencial solar da região onde os painéis fotovoltaicos serão instalados, a tarifa de eletricidade local também é fator fundamental para a viabilidade da instalação. Quanto maior o valor, mais rápido haverá o retorno financeiro (INPE, 2017).

2.2.2 Princípio de Funcionamento Fotovoltaico

A energia fotovoltaica é resultante da conversão direta da luz em eletricidade. Na natureza existem alguns materiais classificados como semicondutores, que são fundamentais para esse processo. Tais materiais possuem uma banda de valência preenchida por elétrons e uma banda de condução vazia a baixas temperaturas. A separação entre as bandas, chamada de *gap* de energia, é da ordem de 1eV, o que confere ao semicondutor a capacidade de aumentar a condutividade com a temperatura, por conta da excitação térmica dos portadores da banda de valência para a de condução (FADIGAS, 2019).

A célula fotovoltaica é ativada fundamentalmente através do fóton (proveniente da radiação solar), que provoca a excitação dos elétrons à banda de condução, efeito que pode ser observado nos semicondutores puros. Entretanto, esta etapa não garante por si só o funcionamento da célula, pois é necessária uma estrutura para poder coletar esses elétrons excitados, e assim gerar uma corrente útil (ABDALA, 2019). A Figura 3 ilustra uma célula fotovoltaica.



Fonte: CRESESB (2008)

A partir da Figura 4, pode-se observar os elementos constituintes de uma célula fotovoltaica e o funcionamento da mesma através do surgimento de uma diferença de potencial.

2.2.3 Funcionamento e Instalação de um Sistema Fotovoltaico

A implantação de uma central geradora solar fotovoltaica é relativamente simples por depender somente da irradiação solar incidindo nas placas e por utilizar poucos componentes, logo, com baixa probabilidade de apresentar problemas e necessidade de manutenção (MACHADO; MIRANDA, 2014).

O primeiro item é o painel ou conjunto de painéis fotovoltaicos conectados em série ou paralelo, cuja função é criar a diferença de potencial na presença de luz solar, e conseqüentemente gerar energia. Estes são compostos por células fotovoltaicas produzidas principalmente com silício cristalino e outro metal para formar o semicondutor (MACHADO; MIRANDA, 2014).

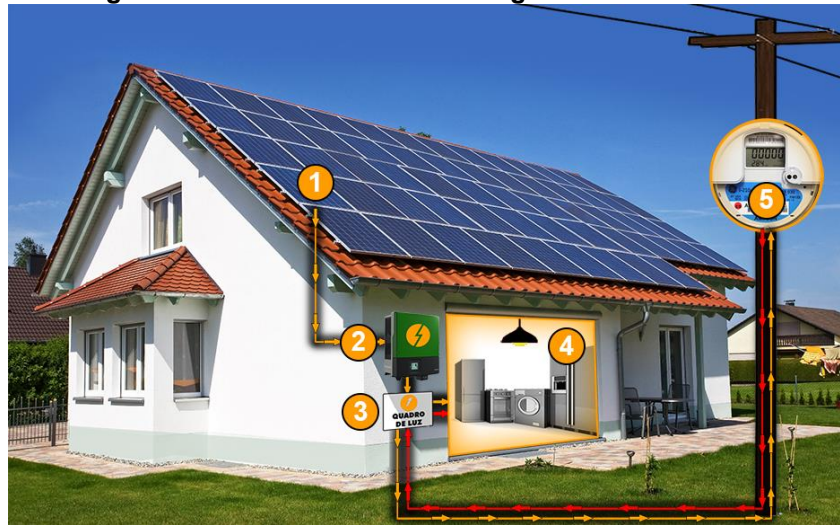
Outro item importante é o inversor, que converte a energia gerada de corrente contínua para corrente alternada, para poder ser usada na maioria dos equipamentos e ainda, ajusta a frequência e nível de tensão gerada para injetar na rede pública, *on grid*, de acordo com as normas da ANEEL (RÜTHER, 2004).

Para os casos de *on grid*, conectados à rede, esses são os principais equipamentos, além dos materiais para fazer o suporte e fixação dos demais, seja em telhado ou em superfície metálica diretamente no solo (RÜTHER, 2004).

Em sistemas *off-grid*, ou seja, aqueles que não estão ligados à rede pública, que são isolados, é fundamental a utilização de baterias para fazer o armazenamento e possibilitar o consumo de energia mesmo quando a irradiação solar está baixa ou inexistente. Em conjunto com isso, os controladores de carga também são importantes para proteger as baterias, uma vez que evitam a sobrecarga e o descarregamento completo das mesmas, o que reduz significativamente suas vidas úteis (BARBOSA, 2014).

O funcionamento deste tipo de energia é ilustrado na Figura 4, retirada do site Portal Solar.

Figura 4 - Funcionamento da energia solar fotovoltaica



Fonte: Portal Solar (2022a)

Pode-se observar na Figura 4 o funcionamento de um sistema *on grid*, no qual os módulos solares ao contato com a luz do sol, geram a energia em corrente contínua, que posteriormente será convertida para corrente alternada pelo inversor. A energia que sai do inversor vai para o “quadro de luz”, que é distribuída para atender o consumo do imóvel (PORTAL SOLAR, 2022a).

Após a instalação do sistema fotovoltaico, o medidor de energia convencional que tem o sentido de transferência de corrente unidirecional, é substituído por um medidor de energia elétrica bidirecional, representado pelo número 5 na Figura 4.

Esse medidor tem a capacidade de medir o quanto de energia elétrica foi gerada e não foi utilizada por nenhum equipamento do imóvel. Assim como, à noite quando não há incidência de irradiação solar, portanto não há geração de energia por meio do sistema fotovoltaico, os equipamentos em uso utilizam a energia da rede da concessionária de energia e o medidor de energia elétrica contabiliza este consumo (PORTAL SOLAR, 2022a).

Para que haja um melhor rendimento do sistema, deve ser efetuado a limpeza dos módulos solares frequentemente. Nos locais com muita poeira, recomenda-se que, o processo seja feito a cada 4 meses (PORTAL SOLAR, 2022a).

Apesar de ser uma tecnologia moderna e avançada, os equipamentos utilizados são bem desenvolvidos e podem ser colocados em funcionamento de maneira simples, o que pode facilitar cada vez mais a instalação de novas centrais geradoras. Ainda assim, é necessário que seja realizado um estudo para otimizar a produção e o retorno financeiro, pois a eficiência da geração depende da irradiação

solar incidente no plano dos módulos, da temperatura das células fotovoltaicas, do desempenho do inversor, das perdas do sistema, da degradação ao longo do tempo, entre outros (GASPARIN; KRENZINGER, 2017).

2.2.3.1 Módulos Fotovoltaicos

As células fotovoltaicas são desenvolvidas a partir de materiais semicondutores, os quais na maioria dos casos são de silício, que deve ser purificado para a utilização como matéria prima na fabricação das células fotovoltaicas. O cristal de silício é obtido através do processo de purificação deste material, que é o responsável pelo alto custo dos painéis solares fotovoltaicos. Porém existem outros materiais que podem ser utilizados na fabricação dessa tecnologia (MONTEIRO, 2016).

A eficiência de um módulo é a razão entre quantidade de irradiação solar que atinge a superfície do painel em relação a eletricidade gerada (ABDALA, 2019). Nos últimos anos, o percentual de eficiência tem subido de 15% para mais de 20%. E esse acréscimo tem sido importante para que fossem desenvolvidos painéis de 500 W e até mais potentes (ALMEIDA et al., 2021).

Os fatores que determinam a eficiência de um painel, através da ótica tecnológica, são as características da célula, baseadas no design e tipo de silício, e a configuração do painel, baseada no *layout* e tamanho. Porém, as condições que mais influenciam na real eficiência de um sistema são determinadas pelas características dos equipamentos e das condições locais, como: temperatura, orientação, irradiação, estação do ano e entre outros (ABDALA, 2019).

2.2.3.1.1 *Módulos de Silício Monocristalino*

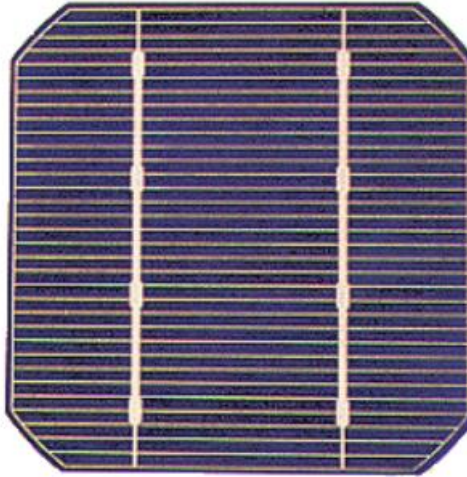
O silício monocristalino é a tecnologia fotovoltaica mais antiga. Basicamente é o silício obtido a partir da formação de um único cristal com alto grau de pureza, onde as impurezas representam apenas algumas partes por milhão (MESQUITA et al., 2019).

Este tipo de tecnologia possui a mais alta eficiência dentre as demais tecnologias disponíveis no mercado. Devido a este fator, os sistemas necessitam de menos módulos fotovoltaicos para gerar a mesma quantidade de energia elétrica.

Também possuem uma vida útil estimada em mais de 30 anos, e conseqüentemente uma garantia dada pelos fabricantes de 25 anos (ALMEIDA et al.,2021).

A desvantagem dessa tecnologia é o alto custo, devido ao processo de tratamento do silício para a fabricação das células. A Figura 5 ilustra este tipo de células de silício monocristalino quanto a sua forma.

Figura 5 - Célula de silício monocristalino



Fonte: CRESESB (2008)

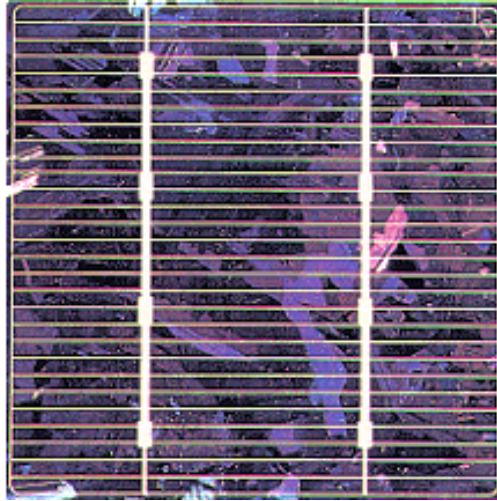
Como demonstrado na Figura 5, nota-se o aspecto uniforme das células devido à sua composição por um único cristal de silício.

2.2.3.1.2 Módulos de Silício Policristalino

O silício policristalino é obtido por meio da fusão de seus cristais em estado bruto, os quais são aquecidos no vácuo em alta temperatura e resfriados controladamente, de modo a permitir a adição do Boro durante o processo de purificação do silício. Após fundido, o silício policristalino é cortado em forma de cubos e fatiado, passa por um tratamento e tem seus contatos formados, para, então, constituir as células (ALMEIDA et al., 2021).

Esta tecnologia possui uma vantagem em relação ao monocristalino que é o seu custo consideravelmente menor, porém sua eficiência é reduzida devido ao seu menor grau de pureza. A vida útil desses módulos também é estimada em mais de 30 anos (ALMEIDA et al.,2021) Este tipo de célula é ilustrado na Figura 6.

Figura 6 - Célula de silício policristalino



Fonte: CRESESB (2008)

A Figura 6 ilustra a composição múltipla de cristais, característica deste tipo de célula.

2.2.3.1.3 Módulos de Filme Fino

As células de películas finas são produzidas através da aplicação de uma ou várias camadas finas de um material semicondutor em um substrato, por meio da disposição da vaporização, disposição catódica ou banho eletrolítico. A eficiência dessas células depende da tecnologia utilizada na sua fabricação (PRANGE, 2021).

O que diferencia os módulos de películas finas é o tipo de material semicondutor que é aplicado sobre o substrato, que podem ser (PRANGE, 2021):

- Silício amorfo (a - Si);
- Disseleneto de cobre, índio e gálio (CIS – CIGS);
- Telureto de Cádmio (CdTe);
- Células fotovoltaicas orgânicas (OPV);

2.2.3.1.4 Módulos Half Cell

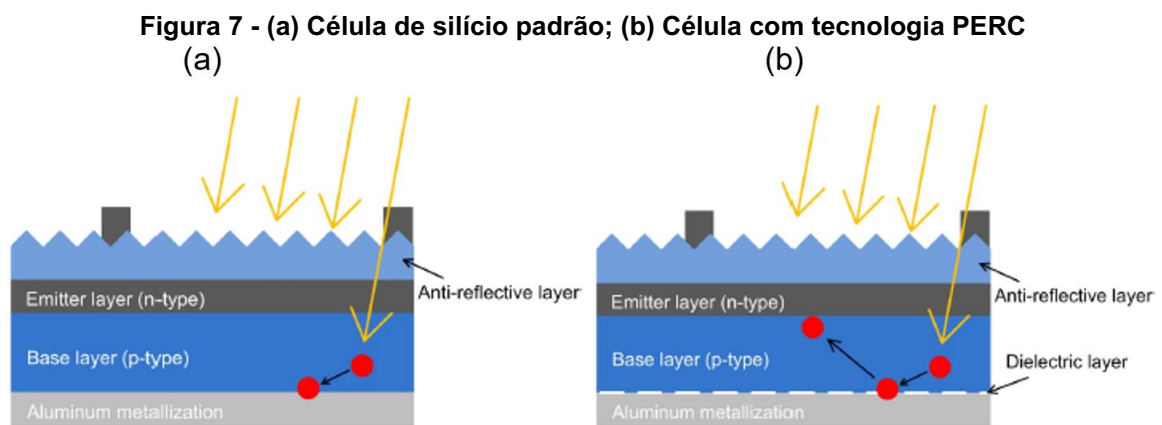
Os módulos convencionais de silício cristalino possuem 60 ou 72 células. Os módulos com a tecnologia *Half Cell* têm 120 ou 144 meias-células, o que melhora o desempenho e a longevidade do painel. Isso se deve à redução da corrente que passa pelas células por serem cortadas ao meio. Isto diminui as perdas resistivas, que permitem com que as duas meias células produzam um pouco mais de energia do

que uma célula completa. Esse ganho de eficiência pode chegar até 2% (TANG et al., 2017).

2.2.3.1.5 Módulos com Tecnologia PERC

Uma célula de silício convencional não consegue absorver parte da radiação que chega à sua superfície. Isso ocorre porque as camadas de silício não conseguem absorver determinados comprimentos de onda de radiação. Para isso, foi adicionado um elemento de passivação na estrutura, o que reduz a velocidade de recombinação dos elétrons na superfície do silício. Outra característica é a reflexão da luz no fundo da célula, que faz com que os raios solares passem mais vezes pela mesma e aumentem a captação de energia (MESQUITA et al., 2019).

Esta tecnologia pode alcançar uma eficiência 22,5% acima de uma célula de silício monocristalino e 21% superior em relação a uma célula de silício policristalino. (MESQUITA et al., 2019). Na Figura 7 é possível observar uma comparação do funcionamento entre uma célula de silício padrão e uma célula PERC.



Fonte: MESQUITA et al. (2019)

O elemento de passivação combinado com a reflexão, ilustrados na Figura 7, são os responsáveis pelo aumento na eficiência de células com tecnologia PERC.

2.2.3.1.6 Módulos Bifaciais

A tecnologia bifacial tem a capacidade de absorver a irradiação solar nos dois lados da célula, ou seja, ela absorve os raios solares diretos e os que são refletidos. Em condições ótimas de instalação pode-se ter uma produção 30% superior comparado ao módulo monofacial (COELHO; MIOTTO, 2020).

Normalmente, os módulos são montados com um vidro na parte frontal e na parte traseira é usado um polímero transparente, o que permite a entrada de irradiação na parte de trás. Mas existem alguns painéis que são montados com vidro também na parte traseira, o que garante maior durabilidade e diminui o risco de falhas (GUERRERO-LEMUS et al., 2016).

A utilização desta tecnologia pode resultar numa diminuição de cerca de 30% na área útil de painéis, permitindo a viabilidade para a implantação em terrenos com área limitada (COELHO;MIOTTO, 2020).

2.2.3.2 Inversor Solar

A energia gerada pelos módulos fotovoltaicos se apresenta na forma de corrente contínua (CC), diferente da energia que é amplamente utilizada pelos equipamentos em geral, que são energizados por corrente alternada (CA). Por sua vez, para que seja realizada a conexão entre os sistemas fotovoltaicos e a rede de energia elétrica da concessionária é necessária a utilização do inversor solar (PORTAL SOLAR, 2022a).

Diferentemente dos painéis solares, inversores de tensão CC-CA possuem alta eficiência, que variam de 85 a 99%, a depender do modelo, tecnologia empregada e da potência na qual o inversor opera. Além da alta eficiência, a contribuição tecnológica trouxe comodidade quanto ao monitoramento em tempo real da potência gerada e injetada na rede de distribuição. Muitos inversores contam com o envio de dados via conexão *wireless*, segurança através de sistemas anti-ilhamento, proteção contra sobrecorrente, sobretensão e surtos e uso de algoritmos de MPPT (do inglês, *Maximum Power Point Tracker*) (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

O MPPT tem por função operar sempre no ponto de máxima transferência de potência dos painéis para as cargas. Seu uso é necessário devido à natureza aleatória do funcionamento dos módulos fotovoltaicos (dependem da temperatura, irradiação solar, entre outros fatores já mencionados), permitindo a maximização da energia convertida (VILLALVA, GAZOLI, 2012).

2.2.3.2.1 *Inversores string*

Este tipo de inversor é o mais comercializado devido a sua aplicação, que vai desde usinas pequenas, residências, comércios, indústrias até grandes usinas.

Geralmente os inversores *string* possuem múltiplos MPPT's. Esta característica permite uma série de arranjos nas decisões de projeto, o que fornece uma certa flexibilidade ao dimensionar um sistema fotovoltaico (GODOI, 2018).

Estes inversores com múltiplos MPPT's também são vantajosos em arranjos uniformes, ou seja, quando todos os módulos estão instalados do mesmo modo e as *strings* são idênticas, pois terá um rastreamento de máxima potência para cada conjunto, além de possibilitar o monitoramento individual dos conjuntos ligados a cada uma das entradas de MPPT. Assim, é mais fácil encontrar problemas caso um módulo venha a ser danificado (GODOI, 2018).

A Figura 8 ilustra um exemplo de inversor do tipo *String*.

Figura 8 - Exemplo de inversor do tipo *String*



Fonte: CHINEN (2020)

Observa-se, através da Figura 8, um dos itens mais importantes do sistema fotovoltaico, que possibilita a utilização da energia gerada e injeção da rede pública, os inversores *string*.

2.2.3.2.2 Inversores centrais

Este tipo de solução é utilizado geralmente em usinas de grande porte. São inversores trifásicos, caracterizados por ter apenas um MPPT e tratar o conjunto de *strings* de módulos como um único bloco. Pode ser indicado, por exemplo, para uma usina instalada em um terreno plano, pois desta maneira precisará de poucos MPPT's.

Isso melhora a qualidade da potência gerada, reduz os pontos de falha e reduz o custo de cabeamento (INOVACARE SOLAR, 2020). A Figura 9 ilustra um exemplo de inversor central instalado em uma usina solar de grande porte.

Figura 9 - Exemplo de inversor central



Fonte: INOVACARE SOLAR (2020)

Através da Figura 9, é possível verificar as grandes dimensões características do inversor central.

2.2.3.3 Otimizadores de potência

Otimizadores de potência são dispositivos de pequenas dimensões e podem ser instalados embaixo dos módulos fotovoltaicos. Estes têm a finalidade de reduzir possíveis perdas que ocorrem em um sistema fotovoltaico, para aumentar sua geração global de energia (SILVA et al., 2019).

A ideia central do sistema com otimizador é que os painéis solares não sejam ligados diretamente ao inversor CC-CA. Em vez disso, os painéis são ligados a conversores CC-CC que fazem um pré-processamento da energia antes de entregá-la ao inversor (CANAL SOLAR, 2019).

Os conversores de corrente contínua (CC-CC) podem ser interligados em série ou paralelo, fornecendo energia a um inversor convencional ou a um inversor específico para uso com otimizadores de potência (CANAL SOLAR, 2019), exemplificados nas figuras Figura 10 e Figura 11.

Figura 10 - Exemplo de otimizador de potência



Fonte: CANAL SOLAR (2019)

Figura 11 - Exemplo de otimizador de potência instalado, circulado em preto na imagem



Fonte: SILVA et al. (2019)

Nas Figuras Figura 10 e Figura 11, é possível verificar as pequenas dimensões e simplicidade de instalação dos otimizadores de potências que podem melhorar significativamente a eficiência do sistema.

2.2.3.4 Sistema de proteção

A utilização correta e bem dimensionada de dispositivos de proteção contribui para a mitigação ou até eliminação de possíveis falhas em um sistema de geração fotovoltaica. O avanço tecnológico dos componentes e equipamentos fez com que todos estes apresentassem dispositivos de proteção já integrados, como é o caso dos dispositivos anti-ilhamento, presente na maioria dos inversores (CRESESB, 2014).

Além dos dispositivos de proteção integrados aos equipamentos, a instalação de outros dispositivos deve ser prevista em projeto, como disjuntores, dispositivos de

proteção contra surtos (DPS), sistemas de aterramento e sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) (CRESESB, 2014).

Estes equipamentos podem estar dispostos unificados em um dispositivo conhecido como *String Box*, ilustrado na Figura 12.

Figura 12 - Exemplo de *String Box*, composto por DPS e chave seccionadora



Fonte: TECHLUX (2022)

Na Figura 12, é mostrado uma *string box*, com presença de dispositivos de proteção, no caso, os dispositivos de proteção contra surtos.

2.2.3.4.1 Ilhamento em um sistema fotovoltaico

O ilhamento em um sistema de geração fotovoltaico conectado à rede ocorre quando este sistema continua a operar mesmo quando ocorre uma interrupção no fornecimento de energia pela concessionária. Assim essa parte da rede que contém os painéis fotovoltaicos interligados ficaria isolada da alimentação principal e formaria “ilhas” que ficariam energizadas e trariam riscos materiais e à vida (GARCIA, 2020).

2.2.3.5 Sistema de medição

O montante líquido de potência ativa consumida ou excedente injetada na rede de distribuição deve ser mensurado através de um medidor bidirecional de energia, o qual é fornecido e instalado pela concessionária de energia elétrica no momento da vistoria final. A Figura 13 ilustra um exemplo deste medidor (ELYSIA, 2020).

Figura 13 - Exemplo de medidor bidirecional



Fonte: ELYSIA (2020)

O medidor bidirecional, exibido na Figura 13, é visualmente similar ao medidor convencional, mas contabiliza a diferença da energia injetada na rede para a energia consumida da rede.

2.2.3.6 Estrutura de fixação dos módulos

A estrutura de suporte para os módulos fotovoltaicos tem como objetivo posicioná-los de modo a adaptar-se à topografia da região ou à geometria da edificação para maximizar a captação de luz solar e conferir rigidez mecânica necessária para suportar, principalmente, o peso dos módulos e a ação dos ventos. Além disso, é preciso assegurar a ventilação adequada, para refrigerar o calor produzido e aumentar a geração do sistema e respeitar o distanciamento entre os módulos indicado pelo fabricante (CRESESB, 2014).

2.2.3.6.1 Estrutura de fixação metálica

As estruturas de suporte dos módulos fotovoltaicos são predominantemente metálicas, compostas por aço e alumínio. Dentre as vantagens do uso deste material, destacam-se a resistência estrutural, que possibilita a execução de peças leves para cobrir grandes distâncias de vão, resistência à vibração e choques, maior velocidade de montagem da estrutura e possibilidade de reaproveitar materiais em estoque (PINHEIRO, 2005).

O modelo mais usual e econômico deste tipo de estrutura é o fixo, representado pela Figura 14, com inclinação e orientação projetadas para um melhor aproveitamento relacionado à região de instalação da usina (GUARNIERI, 2017).

Figura 14 - Exemplo de suporte metálico terrestre fixo com base de concreto



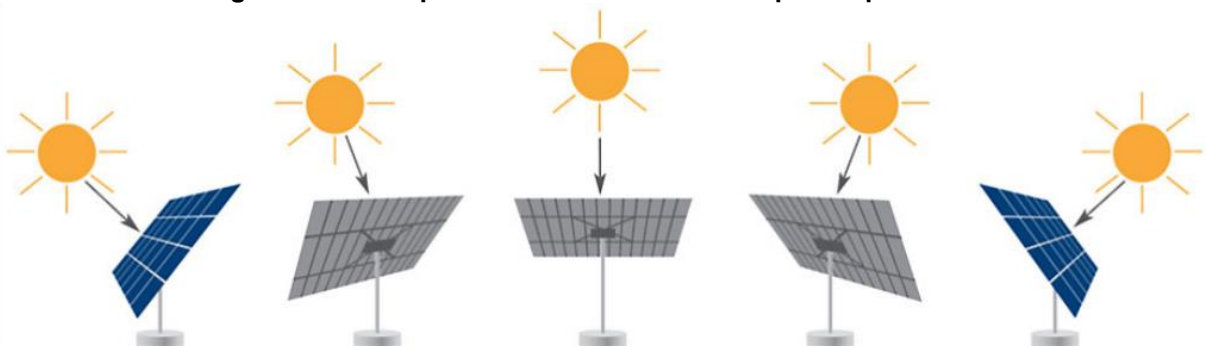
Fonte: ENERGIA SOLAR SHOP (2022)

Outra opção a ser destacada é a estrutura de suporte do tipo *tracker*. Apesar de ser bastante onerosa com relação aos outros tipos de suporte, tem crescido em importância e utilização nas usinas de grande porte instaladas no Brasil e no mundo.

Estas estruturas tem a capacidade de orientar os painéis fotovoltaicos de modo a aumentar a área de incidência dos raios solares, o que fornece um ganho na geração de energia elétrica (SILVEIRA et al., 2016).

A classificação dos seguidores solares é realizada segundo dois parâmetros principais: número de eixos e tipo de controle. Em relação ao número de eixos, os seguidores apresentam um único ou dois eixos. O primeiro realiza rotação no eixo vertical ou no horizontal, já o segundo, em ambos simultaneamente (SILVEIRA et al., 2016). A Figura 15 ilustra um exemplo de funcionamento do suporte com tecnologia *tracker*.

Figura 15 - Exemplo de funcionamento do suporte tipo *tracker*



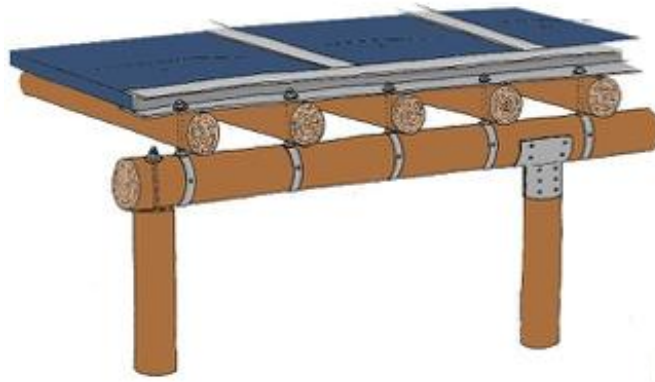
Fonte: PORTAL SOLAR (2022c)

O suporte tipo *tracker*, ilustrado pela Figura 15, pode aumentar a eficiência do sistema por otimizar os ângulos de incidência da luz solar, porém tem valor elevado. A utilização de tal modelo deve ser avaliada conforme necessidade do projeto.

2.2.3.6.2 Estrutura de fixação em madeira

Apesar de pouco comuns, existem estudos que mostram a viabilidade da utilização deste tipo de estrutura. A utilização de troncos de madeira de pequeno diâmetro, com o uso de madeira de reflorestamento, além de ser uma solução renovável, pode representar um custo na ordem de 50% do valor de uma estrutura metálica (NEGRÃO et al., 2017). A Figura 16 ilustra um exemplo desta estrutura.

Figura 16 - Exemplo de estrutura de fixação em madeira



Fonte: NEGRÃO et al. (2017)

Esse tipo de fixação ilustrado na Figura 16, apesar de pouco utilizado, cumpre as funções de suporte e rigidez necessários para a instalação dos módulos.

2.3 Estrutura Tarifária

As tarifas são organizadas em dois grupos consumidores, de acordo com a sua finalidade e tensão de fornecimento. De acordo com a Resolução Normativa Nº 1.000/2021 da ANEEL, o grupo A é formado por unidades consumidoras com tensão de fornecimento igual ou maior que 2,3 kV ou atendidas por meio de um sistema subterrâneo de distribuição em tensão secundária, e é subdividido nos seguintes subgrupos:

- Subgrupo A1: Tensão de fornecimento mínima de 230 kV;
- Subgrupo A2: Tensão de fornecimento de 88 kV a 138 kV;
- Subgrupo A3: Tensão de fornecimento de 69 kV;

- Subgrupo A3a: Tensão de fornecimento de 30 kV a 44 kV;
- Subgrupo A4: Tensão de fornecimento de 2,3 kV a 25 kV;
- Subgrupo AS: Tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV, a partir de um sistema subterrâneo de distribuição.

O sistema de tarifação aplicado aos consumidores do grupo A tem uma particularidade no que concerne ao emprego da tarifa binômia que, além de cobrar a energia consumida de fato, cobra também a disponibilidade da energia que deve ser contratada pelo consumidor, ou seja, a demanda contratada, servindo esta como base para o cálculo da fatura mensal (ANEEL, 2021b).

O grupo B é formado por unidades consumidoras com tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV, caracterizado pela tarifa monômia e dividido nos seguintes subgrupos:

- Subgrupo B1: Residencial;
- Subgrupo B2: Rural;
- Subgrupo B3: Demais classes;
- Subgrupo B4: Iluminação pública.

Os consumidores em baixa tensão têm tarifas aplicáveis apenas sobre o consumo, em kWh. Além disso, é cobrado um valor mensal relacionado ao custo de utilização do sistema de distribuição de energia (custo de disponibilidade), que varia de acordo com o tipo de conexão:

- 30 kWh, se monofásico ou bifásico a dois condutores;
- 50 kWh, se bifásico a três condutores;
- 100 kWh, se trifásico.

Esta tensão de atendimento é definida pela distribuidora, de acordo com a potência instalada na unidade consumidora ou na fonte geradora (ANEEL, 2021b). Segundo a REN 1.000/2021 da ANEEL, esta definição deve observar os seguintes critérios para uma unidade de produção de energia:

- Potência instalada menor ou igual a 75 kW: tensão menor que 2,3 kV;
- Potência instalada maior que 75 kW e menor ou igual a 500 kW: tensão menor que 2,3 kV ou tensão maior ou igual a 2,3 kV e menor que a 69 kV;
- Potência instalada maior que 500 kW e menor ou igual a 30 MW: tensão maior ou igual a 2,3 kV;
- Potência instalada maior que 30 MW: tensão maior ou igual a 69 kV.

2.3.1 Valor da Energia da COPEL

O último reajuste tarifário da Companhia Paranaense de Energia, até a data do desenvolvimento deste estudo, ocorreu no dia 22 de junho de 2021. Este teve um reajuste médio de 9,89% na tarifa (COPEL, 2022b).

Os valores aplicados ao perfil de consumo do grupo B3, referentes à tarifa de energia (TE) e à tarifa de uso do sistema (TUSD) estão reunidos no Quadro 1. E para efeito comparativo, os valores tarifários do grupo de consumidor A4, atendido em média tensão, podem ser observados no Quadro 2, com valores mais baixos da TE.

Quadro 1 - Valores tarifários do grupo B3

Tarifa B3 - Comercial			
Tarifa	Imposto	TE (R\$/kWh)	TUSD (R\$/kWh)
Convencional	Sem Imposto	0,28890	0
	Com Imposto	0,42991	0,40165
Tarifa Branca	Fora de Ponta (22h-17h)		
	Sem Imposto	0,27536	0,21477
	Com Imposto	0,40976	0,3196
	Intermediário (17h-18h e 21h-22h)		
	Sem Imposto	0,27536	0,42883
	Com Imposto	0,40976	0,63814
	Ponta (18h-21h)		
	Sem Imposto	0,43787	0,64288
Com Imposto	0,65159	0,95667	

Fonte: COPEL (2022b)

Quadro 2 - Valores tarifários do grupo A4

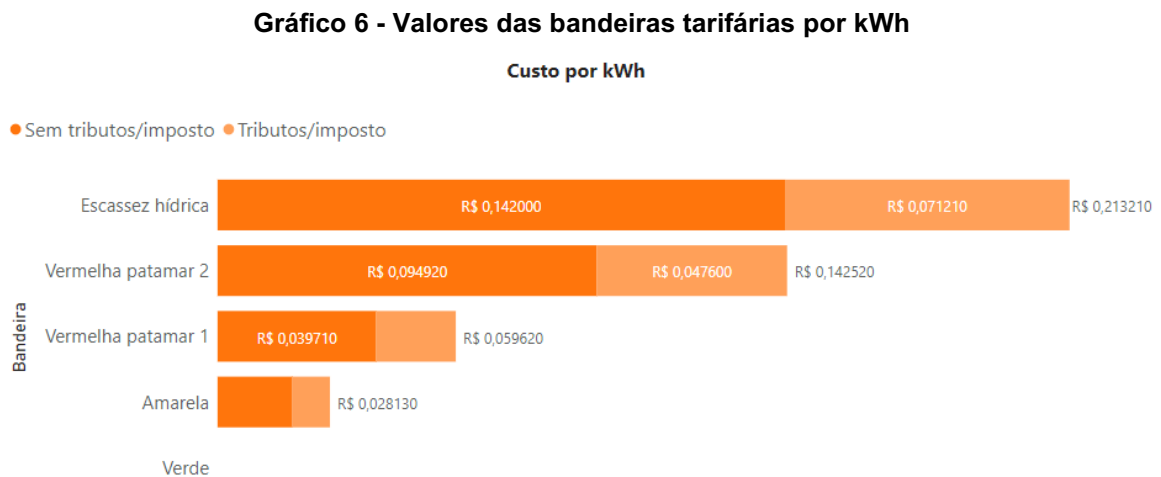
Tarifa A4					
			(R\$/kW)	TE (R\$/kWh)	TUSD (R\$/kWh)
VERDE	Horário	Imposto	DEMANDA	CONSUMO	
	VERDE	Fora de Ponta	Sem Imposto	17,07	0,27536
Com Imposto			25,40	0,40976	0,12292
Ponta (18h-21h)		Sem Imposto	17,07	0,43787	0,95922
		Com Imposto	25,40	0,65159	1,42741
AZUL	Fora de Ponta	Sem Imposto	17,07	0,27536	0,08260
		Com Imposto	25,40	0,40976	0,12292
	Ponta (18h-21h)	Sem Imposto	36,08	0,43787	0,0826
		Com Imposto	53,69	0,65159	0,12292

Fonte: COPEL (2022b)

Como observado nos Quadros 1 e 2, a tarifa de energia e tarifa de uso do sistema do grupo B são superiores ao grupo A, que, por sua vez, deve pagar uma taxa referente à potência demandada em sua unidade consumidora.

2.3.2 Bandeiras Tarifárias

Bandeira tarifária é o sistema que sinaliza aos consumidores os custos reais da geração de energia elétrica. Para tanto, as cores das Bandeiras (verde, amarela ou vermelha) indicam se a energia custará mais ou menos em função das condições de geração de eletricidade (ANEEL, 2022b). Os valores praticados nas faturas de energia estão indicados no Gráfico 6.



Fonte: COPEL (2022c)

Como visto no Gráfico 6, dependendo da bandeira vigente, o valor da fatura de energia pode ter um impacto significativo. Com a bandeira de escassez hídrica, por exemplo, o acréscimo pode chegar a 25% sobre o valor cobrado pela tarifa de energia e pela tarifa de utilização do sistema.

2.4 Regulamentação

A Resolução Normativa N° 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica de 17 de abril de 2012 foi o marco regulatório que permitiu aos consumidores gerar sua própria energia, utilizando fontes renováveis. Assim, estabeleceram-se os conceitos de micro (potência instalada até 100 kW), minigeração (potência de 100 kW até 1MW) e instituíram-se as regras de compensação da energia, quando a energia produzida

em excesso é injetada na rede da distribuidora, gerando “créditos de energia” (SANTANA, 2021).

Todo consumidor que possui cadastro ativo no Ministério da Fazenda, por um Cadastro de Pessoa Física (CPF) ou um Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica (CNPJ), tem o direito de conectar seu próprio sistema de geração de energia, a partir de energias renováveis, paralelamente à rede de distribuição da concessionária (SANTANA, 2021).

O sistema de compensação de energia elétrica (SCEE) permite uma redução substancial no valor da conta de energia. Os créditos de energia de cada sistema solar são medidos em kWh, com prazo de 60 meses para serem consumidos. Caso a geração pelo sistema fotovoltaico não seja suficiente para suprir todo o consumo, haverá o fornecimento da energia pela concessionária, que será devidamente cobrada (ANEEL, 2015).

Após alguns anos de vigor da REN 482/2012, a ANEEL fez uma atualização da normativa com a publicação da Resolução Normativa N° 687, de 24 de novembro de 2015, o que impactou diretamente sobre o mercado de energia elétrica para micro e minigeradores distribuídos, pois foram criados novos nichos de consumidores e possibilidades de negócios.

Esta nova resolução reclassificou a microgeração e a minigeração distribuída para:

- Microgeração: Redução da potência máxima permitida para o sistema gerador de energia elétrica através de fontes renováveis, de 100 kW para 75 kW;
- Minigeração: Aumento de 1 MW para 5 MW, ficando o sistema gerador de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW (para fonte hídrica) e menor ou igual a 5 MW para as demais fontes renováveis.

O aumento da potência na minigeração distribuída viabilizou a instalação de plantas maiores, o que tornou a geração própria de energia com compensação de créditos viável para condomínios, organizações comerciais, industriais e outros empreendimentos que requeiram maior potência.

2.4.1 Novas modalidades de geração distribuída

Além de gerar e consumir energia elétrica no mesmo local, a REN 687/2015 autorizou três novas modalidades de geração distribuída: os empreendimentos com múltiplas unidades consumidoras, a geração compartilhada e o autoconsumo remoto. Modalidades, estas, que também podem aderir ao sistema de compensação de energia elétrica, logo, ficam excluídos os consumidores livres ou especiais (ANEEL, 2015).

2.4.1.1 Empreendimentos com múltiplas unidades consumidoras

Empreendimento com Múltiplas Unidades Consumidoras (EMUC) é uma nova modalidade homologada pela REN 687/2015, que faz parte da geração distribuída e pode participar do sistema de compensação de energia.

As unidades consumidoras que queiram participar do EMUC, seja em condomínios verticais ou horizontais, devem estar localizadas em uma mesma propriedade ou em propriedades contíguas, sendo vedada a utilização de vias públicas, de passagem aérea ou subterrânea e de propriedades de terceiros não integrantes do empreendimento (ANEEL, 2015).

Uma das características do EMUC é a existência de várias unidades consumidoras independentes que consomem energia elétrica, ou seja, cada integrante tem sua própria fatura de energia elétrica, e a área de uso comum também tem sua unidade consumidora própria, de responsabilidade de um condomínio. Na área comum, que é compartilhada entre os condôminos, é onde será implantada a microgeração ou minigeração distribuída (BLUESOL ENERGIA SOLAR, 2018).

Nessa modalidade de geração, a administradora do condomínio irá representar a entidade responsável pelo sistema gerador, através de um CNPJ. Esta também será responsável pelo controle dos participantes do empreendimento e pelas parcelas que cada condômino terá direito sobre o crédito energético. Os créditos energéticos gerados serão divididos entre os condôminos participantes e a área comum do condomínio (BLUESOL ENERGIA SOLAR, 2018).

2.4.1.2 Geração compartilhada

A geração compartilhada é uma modalidade de geração distribuída de energia, criada em 2015, através da REN 687 da ANEEL. Nessa modalidade, dois ou

mais consumidores, tanto pessoa física ou jurídica, se reúnem em uma cooperativa ou consórcio e passam a compartilhar a energia gerada em um único sistema de micro ou minigeração. Para que haja esse compartilhamento de energia é preciso que os consumidores estejam na mesma área de concessão da distribuidora, mas não precisam ser vizinhos (BOUHID, 2018).

A central geradora deverá ser instalada em um terreno diferente das unidades consumidoras nas quais a energia excedente será compensada, ou seja, a central compartilhada deverá estar em um local e o consumo deverá ocorrer em outros locais, mas dentro da mesma área de concessão (BOUHID, 2018).

2.4.1.2.1 Geração compartilhada por consórcio

Quando dois ou mais consumidores querem usufruir da compensação de energia de uma mesma fonte geradora, pode ser feito a constituição de um consórcio, onde deve-se respeitar um dos dois modelos a seguir (ALDO, 2021):

- O disposto na Lei Nº 6.404/76 e na Instrução Normativa da Receita Federal do Brasil Nº 1.634/2016, onde o consórcio possui um CNPJ que representa os consorciados, sendo este CNPJ o titular da unidade consumidora provida de geração distribuída;
- O disposto na Lei Nº 11.795/2008, onde a titularidade da unidade consumidora que provém de geração distribuída, é conferida à uma pessoa jurídica prestadora de serviços com objeto social principal voltado à administração de grupos de consórcio.

2.4.1.2.2 Geração compartilhada por cooperativas

As regras gerais da constituição de cooperativas são os artigos 1.093 a 1.096 do Código Civil e a Lei Nº 5.764/71. O projeto de geração e a cooperativa devem ser cadastrados junto à concessionária de distribuição de energia (BOUHID, 2018).

As características da cooperativa são, possuir no mínimo 20 pessoas físicas com objetivos similares, neste caso reunindo-se para gerar sua própria energia, e um estatuto regulamentador com valores de cotas, ou seja, o rateio dos créditos de energia, e um modelo de negócios (SOLAR VIEW, 2020).

2.4.1.3 Autoconsumo remoto

O autoconsumo remoto possibilita a instalação de uma central geradora em uma unidade consumidora e a compensação de créditos energéticos em mais unidades consumidoras, diferentes do local da central, mas que estejam na mesma área de concessão da distribuidora de energia (ANEEL, 2015).

As unidades consumidoras devem estar em mesma titularidade para se enquadrarem no autoconsumo remoto. Um exemplo seria matriz e filial cadastradas no mesmo CNPJ, ou casa residencial e casa de praia no mesmo CPF (ANEEL, 2015).

Não é permitido utilizar os créditos de energia de uma unidade consumidora com geração distribuída registrada em CNPJ em um imóvel registrado em um CPF. O autoconsumo é intransferível e só é permitido quando ambas as unidades estão sob o mesmo documento (ANEEL, 2015).

Cabe ao titular da unidade consumidora onde ocorre a geração, definir o percentual de energia excedente que deverá ser destinada a cada unidade consumidora que participa do sistema de compensação, que deve ser feita primeiro no local onde ocorreu a geração e, após, nos demais locais (ANEEL, 2015).

Este modelo de compensação de energia elétrica se torna vantajoso por diversos motivos. Dentre os quais, destaca-se a possibilidade de ter uma central geradora quando não há espaço propício no endereço onde é feito o consumo, desde que esteja na mesma área da distribuidora de energia. Também aplica-se para fugir de locais com muito sombreamento ou índice de irradiação solar baixo (PORTAL SOLAR, 2022b).

2.4.2 Venda de energia elétrica

A REN 687 definiu que a distribuidora não poderá incluir no sistema de compensação de energia elétrica os consumidores com micro ou minigeração que condicionarem o pagamento de aluguel ou do valor da compra de um imóvel à energia gerada pela unidade consumidora. Isso se caracteriza como comercialização de energia (ANEEL, 2015).

2.4.3 Novo marco regulatório da geração distribuída

No dia 6 de janeiro de 2022 foi publicada a Lei 14.300 de 2022, o Marco Legal da Geração Distribuída no Brasil no Diário Oficial da União que trata dos componentes

tarifários, de transição e direito adquirido. A regulação também aborda como esses componentes deverão valorados pela ANEEL (BADRA, 2022).

Esta nova legislação prevê um período de transição para projetos protocolados em até 12 meses contados a partir da data de publicação da lei, chamado período de vacância. Portanto, todos os projetos de geração distribuída já instalados, ou cuja solicitação de implantação à distribuidora ocorra até o dia 6 de janeiro de 2023, serão enquadrados nas regras regidas pela REN 482 até o dia 31 de dezembro de 2045, garantindo seu direito adquirido (BADRA, 2022).

Os limites de potência instalada para a minigeração distribuída foram diferenciados quanto ao tipo de fonte. Essas mudanças em relação à REN 482/2012 estão dispostas no Quadro 3.

Quadro 3 - Comparação da classificação quanto à potência instalada da unidade geradora

Item	REN 482/2012	Lei 14.300/2022
Potência Instalada	Microgeração Distribuída: menor ou igual a 75 kW	Microgeração Distribuída: menor ou igual a 75 kW
	Minigeração Distribuída: maior que 75 kW e menor ou igual a 5 MW	Minigeração Distribuída: maior que 75 kW e menor ou igual a 5 MW para as fontes despacháveis e menor ou igual a 3 MW para as fontes não despacháveis

Fonte: GREENER (2022)

Segundo a Lei 14.300/2022, as unidades geradoras fotovoltaicas providas de bateria com capacidade de armazenamento de pelo menos 20% da produção mensal, que podem ser despachados por meio de um controlador local ou remoto, são consideradas fontes despacháveis. Já os sistemas fotovoltaicos sem armazenamento de energia são classificados como fontes não despacháveis.

Com relação à compensação de energia, as principais mudanças incidiram na TUSD Fio B, que é relacionada ao uso da infraestrutura da rede de distribuição. Essas e demais alterações podem ser observadas no Quadro 4.

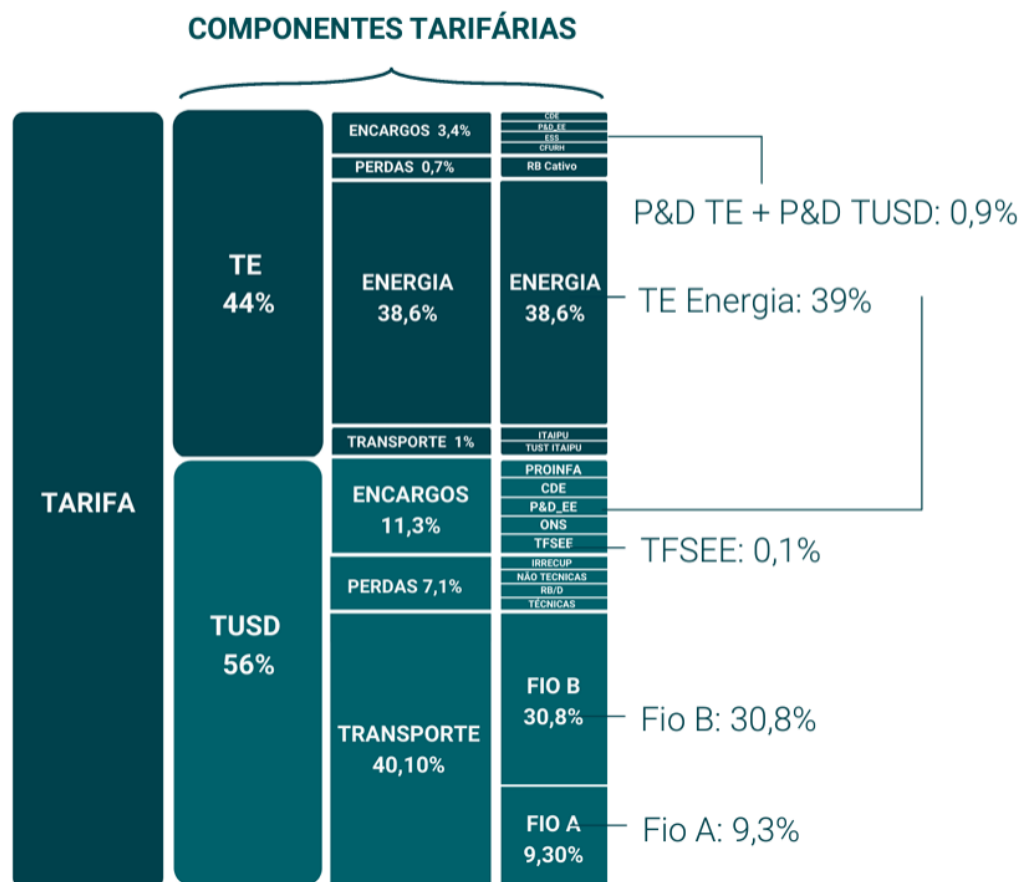
Quadro 4 - Comparação do valor da compensação de energia

Item	REN 482/2012	Lei 14.300/2022
Valor da compensação	Compensação considerando todas as componentes da tarifa de eletricidade.	Compensação considerando todas as componentes, <u>menos</u> a TUSD Fio B.
		Na modalidade de autoconsumo remoto com potência maior que 500 kW ou geração compartilhada, compensação considerando todas as componentes <u>menos</u> a TUSD Fio B, 40% da TUSD Fio A, TFSEE e P&D.

Fonte: GREENER (2022)

A tarifa de energia é dividida por várias componentes, conforme indicado na Figura 17. Estes percentuais apresentados na figura representam a média do peso dessas componentes, considerando as 58 distribuidoras mais relevantes no país.

Figura 17 - Média das componentes tarifárias de energia do Brasil



Fonte: GREENER (2022)

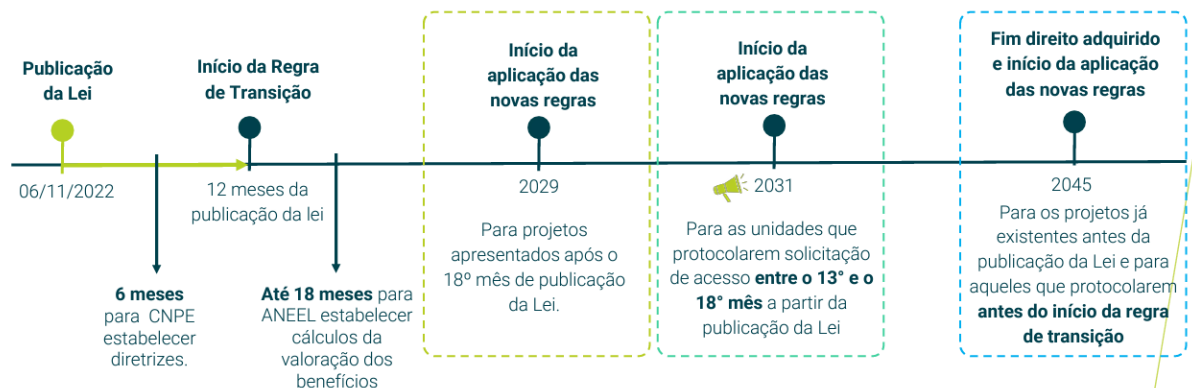
Na COPEL, o peso da TUSD Fio B em relação a tarifa de eletricidade do grupo B Convencional é de 21,7%, conforme o reajuste realizado em 2021 (GREENER, 2022).

Também houveram alterações com relação ao custo de disponibilidade. A partir da data de vigência da nova Lei, deixará de ser cobrado este custo para unidades que consumirem um valor maior que a referência mínima (30, 50 ou 100 kWh de acordo com a ligação na rede) (GREENER, 2022).

Os consumidores que protocolarem solicitação de acesso após 12 meses da publicação da Lei, terão direito a um período de transição de 6 anos, no qual gradualmente incidirá a componente tarifária relativo à TUSD Fio B sobre a energia compensada (CHEQUER; BROWN, 2022).

As porcentagens nesses 6 anos de transição serão: 15% em 2023, 30% em 2024, 45% em 2025, 60% em 2026, 75% em 2027, 90% em 2028 e 100% em 2029. Os consumidores que protocolarem solicitação de acesso entre os 13º e 18º meses contados da publicação da Lei, terão tratamento diferenciado e o novo regime tarifário da Lei será aplicável somente no início de 2031, ou seja, com período de isenção de 8 anos (CHEQUER; BROWN, 2022). A aplicação dessas mudanças pode ser observada da Figura 18.

Figura 18 - Linha do tempo para aplicação da Lei 14.300/2022



Fonte: GREENER (2022)

Com a nova Lei, as distribuidoras poderão realizar chamadas públicas com vistas ao credenciamento de interessados em comercializar, nas suas áreas de concessão, os excedentes de energia elétrica oriundos dos sistemas de GD para a posterior compra de tais excedentes (CHEQUER; BROWN, 2022).

A Lei 14.300/2022 também menciona que qualquer norma que vier a modificar as regras da micro ou minigeração distribuída, deverá ser publicada com 90 dias de

antecedência e a ANEEL e as distribuidoras de energia deverão adequar os seus regulamentos em até 180 dias após a publicação da modificação. Esta legislação traz ao mercado de geração distribuída maior clareza, previsibilidade e segurança jurídica, representando uma importante inovação legislativa (CHEQUER; BROWN, 2022).

2.4.4 Incidência de impostos

2.4.4.1 PIS/COFINS

Até outubro de 2015 não existia uma legislação ou orientação da Receita Federal esclarecendo como deveria ser realizada a cobrança de PIS (Programa de Integração Social) e COFINS (Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social) para os casos de micro e minigeração distribuída (GOMES, 2017).

Com a publicação da Lei Nº 13.169/2015, a incidência de PIS e COFINS passou a ocorrer apenas sobre a diferença positiva entre a energia consumida e injetada na rede elétrica pela unidade consumidora com micro ou minigeração distribuída. Portanto em caso de produção de energia excedente, a unidade consumidora estará isenta deste imposto. É importante ressaltar que, como PIS e COFINS são tributos federais, a regra estabelecida pela lei vale igualmente para todos os Estados do país (GOMES, 2017).

A partir do dia 01 de maio de 2022 a tarifa do PIS é de 1,09% e do COFINS de 5,04%, que totaliza 6,13% (COPEL, 2022a).

2.4.4.2 ICMS

O Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviço é um imposto estadual, e incide sobre as operações de fornecimento de energia elétrica. Ele é isento, no entanto, nos casos de autoconsumo, mas incide sobre a energia recebida da rede de distribuição nas hipóteses de geração compartilhada (DIÁRIO DO COMÉRCIO, 2022).

Na distribuidora de energia estudada (COPEL), a alíquota de ICMS é de (COPEL, 2022a):

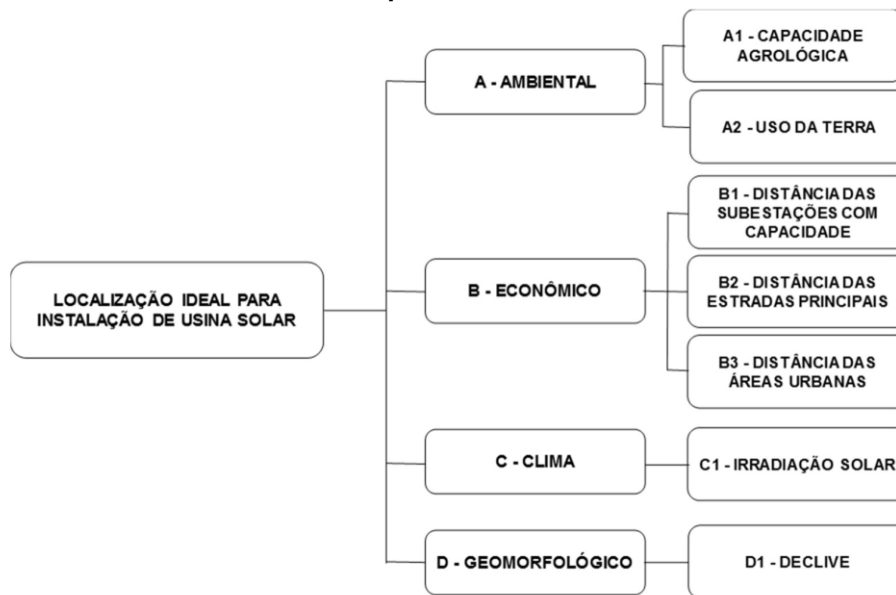
- 25% para todas as unidades consumidoras da classe residencial, localizadas em áreas rurais ou classificadas com uma das atividades da Seção A da tabela CNAE, que não sejam beneficiárias do diferimento do ICMS e localizadas em áreas rurais;
- 29% sobre a Base de Cálculo para os demais clientes do Estado do Paraná.

2.5 Usina Solar

2.5.1 Localização

A escolha do local de implantação de uma usina solar é determinante para verificar a sua viabilidade. Alguns fatores ligados a esta escolha influenciam diretamente no custo do investimento e na capacidade de produção da usina. Portanto, são utilizados alguns critérios para facilitar a definição do melhor local (REDISKE et al., 2018), como ilustrado na Figura 19.

Figura 19 – Critérios e subcritérios para a escolha de local de usina solar fotovoltaica



Fonte: Rediske et al. (2018)

Dentre esses critérios, ficou constatado que a distância para as linhas de transmissão, ou subestações para o caso de usinas de larga escala, é o mais importante, pois implicaria em obras de infraestrutura para a transmissão da energia gerada. Em seguida, a irradiação, já que atua diretamente na geração de energia. Posteriormente, a capacidade agrológica e o uso da terra, já que influenciam no valor do terreno, seguidos do declive que indica a necessidade de uma maior preparação do terreno para comportar as especificações do projeto e, por fim, as distâncias para estradas e para áreas urbanas (REDISKE et al., 2018).

2.5.2 Aspectos construtivos

Após a fase de projeto e aquisição dos equipamentos, inicia-se a etapa de obra civil. Relativamente simples, esta abrange a preparação do terreno e a execução

da estrutura de base para fixação dos painéis fotovoltaicos e para os inversores. Nessa etapa, é preciso considerar os efeitos de degradação relacionados às condições ambientais compatíveis com a durabilidade do projeto e os efeitos de carga permanente, que inclui o peso próprio da estrutura e o peso dos painéis, e as cargas variáveis, pela ação do vento. Além de encontrar soluções que permitam a correta fixação dos módulos para garantir sua integridade (GUARNIERI, 2017).

2.5.2.1 Preparação do terreno

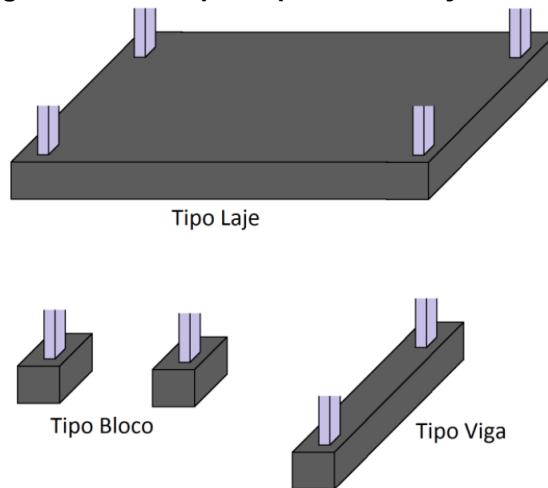
A preparação do terreno compreende os processos de limpeza da vegetação, adequação da topografia e terraplanagem, construção dos acessos internos e execução das valas de drenagem e para a posterior passagem dos cabos (GUARNIERI, 2017).

2.5.2.2 Fundação

Para a execução de um sistema solar fotovoltaico em solo, é necessário analisar o modelo de fundação mais adequado às condições do local. Com a função de fornecer sustentação à estrutura de suporte, com a orientação adequada aos módulos, a fundação deve proporcionar segurança e estabilidade contra as ações do vento, que podem exercer ações de tração ou compressão dependendo do seu sentido, além do peso próprio dos módulos (CRESESB, 2014).

Não existe tipo de fundação adequada para todos os casos, mas alguns fatores podem ser verificados para auxiliar na melhor escolha, entre estes a topografia do terreno, o acesso ao local, propriedades do solo e disponibilidade de mão-de-obra. Assim, pode-se definir, junto à fase de projeto, qual solução é a mais compatível com cada projeto, com alguns exemplos ilustrados na Figura 20 (CRESESB, 2014).

Figura 20 – Principais tipos de fundação utilizada



Fonte: CRESESB (2014)

Entre estes exemplos, observa-se algumas particularidades entre cada solução. No caso da fundação tipo laje, a capacidade de suporte da carga e estabilidade é grande, mas utiliza-se um grande volume de concreto e é compatível somente com terrenos planos. Já a fundação tipo bloco é recomendável para terrenos acidentados e tem a facilidade de poder ser pré-fabricada e transportada para regiões afastadas. E a fundação tipo viga é a junção entre as duas soluções anteriores, conferindo um equilíbrio entre as vantagens construtivas com a função estrutural (CRESESB, 2014).

2.5.3 Geração e simulação

Algumas ferramentas informáticas são muito utilizadas no auxílio para dimensionamento e execução de sistemas solares fotovoltaicos, existem desde *softwares* mais simples para instaladores e projetistas até alguns mais complexos para cientistas e engenheiros. Estas ferramentas estão divididas de acordo com sua função: pré-viabilidade, dimensionamento e para simulação (KANDASAMY; PRABU; NIRUBA, 2013).

O PVSYST é um dos exemplos mais completos, uma vez que une elementos de análise preliminar com dimensionamento e simulação (PVSYST, 2021). Este já está disponível há considerável tempo e, por isso, é bastante conhecido no cenário da energia solar fotovoltaica. O *software* possibilita a inclusão de dados climáticos do local e componentes do sistema para um estudo muito próximo do real (TURCOTTE; ROSS; SHERIFF, 2001).

Inicialmente desenvolvido pela Universidade de Genebra, na Suíça, este permite um trabalho de representação detalhado do sistema, com uma ampla base de dados de módulos fotovoltaicos e inversores e até a inclusão de preços pelo usuário para estipular o custo da geração (CRESESB, 2014). Muito importante para o estudo em questão.

2.6 Análise Financeira

A análise financeira é fundamental na gestão e criação de empresas. Esta reúne técnicas que auxiliam na tomada de decisão a respeito da implementação de um novo projeto, avaliando os custos e benefícios para verificar se um negócio é economicamente viável (SOARES et al., 2015).

2.6.1 Demonstração do Resultado do Exercício (DRE)

A demonstração do resultado do exercício resume as principais operações financeiras pela empresa durante um período, normalmente de 1 ano, com o objetivo de identificar a receita e todas as despesas relativas à sua atividade. Com isso é possível identificar o resultado líquido do período e suas margens de operação, para então fazer uma análise financeira mais precisa (GITMAN, 2010).

2.6.2 Projeção do fluxo de caixa

O controle das movimentações financeiras é atividade fundamental na gestão de uma empresa para garantir a continuidade das operações. Para monitorar tais movimentações, pode-se usar a demonstração do fluxo de caixa, que fornece informações sobre o histórico de entradas e saídas de uma empresa. Além disso, serve de base para uma análise sobre a capacidade da empresa de gerar caixa e sobre a necessidade de utilização deste caixa (HOSS, 2020).

Com essa ferramenta, é possível fazer uma avaliação sobre a situação financeira da empresa, verificar a produção de valor e até a possibilidade de captar capital de terceiros para manter sua saúde econômica (CORREIA NETO; MOURA; FORTE, 2002).

Assim, para o caso de um estudo de viabilidade para um possível negócio, utiliza-se o mesmo conceito com simulações detalhadas e projeções das entradas e

saídas. Desse modo, é possível prever os resultados e estimar os possíveis retornos da empresa, conforme mostrado na Equação 1.

$$FC = -I + \sum_{t=1}^T (R - D) \quad (1)$$

Onde:

FC – Fluxo de Caixa do Período;

T – Período total do investimento;

t – Índice do período do investimento;

R – Somatório das receitas do período;

D – Somatório das despesas do período;

I – Investimento Inicial.

2.6.3 Taxa interna de retorno (TIR)

A taxa interna de retorno é um dos métodos utilizados para analisar a rentabilidade de um investimento. Esta demonstra o retorno sobre o capital investido em um determinado período, normalmente em taxas anuais. Esse método também pode ser utilizado para verificar a viabilidade financeira do negócio, já que sua comparação com o custo de oportunidade do investidor indica qual investimento é mais vantajoso (LEISMANN, 2017).

$$FC_0 + \sum_{t=1}^T \frac{FC_t}{(1 + TIR)^t} = 0 \quad (2)$$

Onde:

FC₀ – Fluxo de caixa no período 0 (Representa o investimento inicial);

FC_t – Fluxo de caixa no período t;

TIR – Taxa Interna de Retorno;

T – Período total do investimento;

t – Índice do período do investimento.

2.6.4 Custo de oportunidade

O custo de oportunidade é um conceito muito importante para avaliar o desempenho dos possíveis investimentos de uma empresa. É uma forma de medir o

valor das oportunidades perdidas ao se utilizar o capital em um investimento alternativo (CARVALHO, 1998).

Pela abordagem econômica, o custo de oportunidade, ou custo alternativo, representa o valor do capital em seu melhor uso alternativo. Logo, seria a rentabilidade do investidor, caso aplicasse o capital na melhor opção ao seu alcance com semelhante risco envolvido no investimento escolhido (MEYERS, 1960).

Esse valor varia de acordo com os investimentos disponíveis e com as atividades econômicas de cada investidor, além de depender do cenário macroeconômico do momento, principalmente com relação à taxa de juros do país. Também é usado em comparação com a taxa interna de retorno e com índices como a inflação para determinar a viabilidade ou não de um negócio (RICO, 2018).

2.6.5 Valor presente líquido (VPL)

O valor presente líquido é uma técnica usada para calcular a variação do dinheiro no tempo. Ao descontar os fluxos de caixa a uma taxa específica, pode-se encontrar o valor monetário atual de cada movimentação, sendo as taxas normalmente relacionadas ao custo de oportunidade ou inflação (GITMAN, 2010).

Seu cálculo é feito seguindo a equação 3, abaixo:

$$VPL = -FC_0 + \sum_{t=1}^T \frac{FC_t}{(1+i)^t} \quad (3)$$

Onde:

VPL – Valor Presente Líquido;

t – Índice do período;

T – Período final do investimento;

FC_0 – Fluxo de caixa no período 0 (Representa o investimento inicial);

FC_t – Fluxo de caixa no período t;

i – Taxa de atratividade considerada.

O VPL em conjunto com a projeção do fluxo de caixa também é uma maneira de avaliar a viabilidade de um investimento. Ao converter as entradas e saídas de cada período do fluxo para o valor presente, tem-se que caso a subtração das entradas pelas saídas for positiva, a empresa obterá um retorno maior que seu custo de oportunidade, o que indica um investimento rentável (GITMAN, 2010).

2.6.6 *Payback* tradicional e descontado

O *payback* é a forma de calcular o tempo de retorno de um investimento, portanto, através de todas as movimentações financeiras, verifica-se o período necessário para que o valor acumulado desse fluxo saia da condição de saldo negativo (LEISMANN, 2017).

O método tradicional, utiliza os valores reais no momento de cada operação, o que pode ser um inconveniente por não considerar o valor do dinheiro no tempo e, conseqüentemente, o custo de oportunidade (LEISMANN, 2017).

Já o *payback* descontado utiliza os valores presentes de cada fluxo. Deste modo, esse período será sempre maior que o *payback* tradicional, pois os valores considerados serão sempre menores que os valores nominais dos fluxos de caixa (LEISMANN, 2017).

2.6.7 LCOE (Levelized cost of energy)

O LCOE, custo nivelado de energia, representa todo o valor unitário gasto para produzir uma quantidade de energia de um período. Este é bastante utilizado para comparar o custo de geração de diferentes fontes de energia, principalmente para as energias renováveis, e assim então demonstrar qual é mais vantajosa economicamente (SHORT; PACKKEY; HOLT, 1995).

Seu cálculo é feito através da equação 4.

$$LCOE = \frac{CT}{E} \quad (4)$$

Onde:

CT – Custo total, compreende investimento inicial e custo de operação convertido em valor presente;

E – Quantidade de energia produzida no período.

2.6.8 Impostos

Para este modelo de negócio, do ponto de vista fiscal é vantajoso abrir um CNPJ, para que seja feito o recolhimento dos impostos proveniente das receitas da locação usina. Este CNPJ terá como atividade primária a locação de bens imóveis, onde é vedado o enquadro no sistema de tarifação do Simples Nacional (CONTÁBEIS, 2016).

Portanto, para efeito deste estudo de viabilidade, será considerado a arrecadação de impostos para uma empresa que está sob o regime do lucro presumido. O Lucro Presumido pode ser a escolha de empresas que faturam até R\$ 78 milhões por ano (TORRES, 2022).

Nesse tipo de regime há uma forma de tributação simplificada para estabelecer a base de cálculo do Imposto de Renda de Pessoa Jurídica (IRPJ) e a Contribuição Social Sobre o Lucro Líquido (CSLL) das empresas (TORRES, 2022).

Para os dois impostos, os percentuais de lucro presumido podem variar conforme a atividade exercida, sendo de 8% para atividades que envolvam a indústria e comércio e de 32% nos casos de prestação de serviços (TORRES, 2022). No caso da usina em questão, enquadra-se no valor de 32% em cima da receita bruta.

Os impostos cujo cálculo é feito mensalmente são:

- Imposto Sobre Serviços (ISS): de 2,5 a 5%, conforme a cidade e serviço prestado;
- Programa de Integração Social (PIS): 0,65%;
- Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS): 3%.

O IRPJ e a CSLL vão incidir trimestralmente nas alíquotas de 15% e 9%, respectivamente, apenas sobre os percentuais de presunção de lucro, conforme a atividade da empresa. Então, por exemplo, para uma empresa que faturou R\$12.000,00 por mês, em 3 meses faturou R\$36.000,00. O IRPJ e a CSLL vão incidir somente em cima do lucro presumido de 32% em cima do faturamento. Portanto a base de cálculo será de R\$11.520,00, no qual será aplicado um IRPJ (15%) de R\$1.728,00 e CSLL (9%) de R\$1.036,80 (GULARTE, 2022).

Para o mesmo exemplo, considerando que o ISS da cidade onde a empresa presta o serviço seja de 5%, será feito o cálculo em cima do faturamento mensal de R\$12.000,00, com o PIS (0,65%) no valor de R\$78,00, COFINS (3%) R\$360,00 e ISS (5%) R\$600,00 (GULARTE, 2022).

Conforme previsto na legislação, sobre a parcela do presumido que exceder o valor resultante da multiplicação de R\$ 20.000,00 pelo número de meses do respectivo período de apuração, o adicional incidirá à alíquota de 10% (BRASIL, 1999).

Com relação ao ISS, a atividade de locação de imóveis não consta nos anexos da Lei Complementar Nº 116, de 31 de julho de 2003, que regula o Imposto Sobre

Serviços de Qualquer Natureza. Portanto, não há incidência deste imposto para essa atividade.

3 METODOLOGIA

O presente estudo visa, através de uma abordagem quantitativa, verificar a viabilidade da locação de uma usina solar como modelo de negócio, considerando as perspectivas construtiva, financeira e legal do projeto para verificar o comportamento do modelo ao longo do tempo.

Para isso, foram analisadas as particularidades de cada perfil de consumo de energia elétrica descritos pela ANEEL, com foco, principalmente, em suas diferenças tarifárias. Com isso, pôde-se estabelecer o nicho mais vantajoso na visão econômica, e assim direcionar a construção de uma usina solar fotovoltaica que compensará seu consumo de energia.

Em seguida, foi elaborado o projeto de uma usina compatível com o consumo de um cliente real, com a escolha da localização mais vantajosa, as obras de preparação do terreno, os equipamentos necessários, detalhes construtivos para instalação e mão-de-obra.

Na sequência, foi feita uma simulação para estabelecer a produção média anual da usina, que serve como base dos cálculos para a cobrança do aluguel. Com isto, pôde-se fazer uma análise econômica do modelo em questão. E para garantir a necessidade do negócio, também foi analisado a atratividade na ótica de um possível cliente que faça a locação da usina, e que compense seu consumo atual e, assim, mostrar as vantagens para o mesmo.

Também foram discutidos os aspectos legais e contratuais necessários para garantir o andamento do projeto, uma vez que, como novidade, esse modelo de negócio exigiria algumas especificações para assegurar o entendimento entre as partes e o cumprimento das normativas da ANEEL.

3.1 Perfis de Consumo

Para escolha do perfil tarifário de consumo, foi feita uma comparação no valor das tarifas de energia e de uso do sistema, disponibilizadas pela COPEL. Com isso, para potencializar os retornos com a usina, optou-se por um consumidor que tenha uma tarifa de energia elétrica elevada.

Além disso, outro fator relevante na escolha do cliente é um grande consumo, que possibilita a execução de uma usina de maior porte para compensar sua energia, desde que esta não ultrapasse os 75 kW injetados na rede, pois isto implicaria no

pagamento da taxa de demanda para a usina. Portanto, para aumentar a veracidade dos resultados, buscou-se um cliente real com as características mencionadas acima para servir de base nos cálculos de análise financeira, com foco em pequenos comércios, já que se enquadram no perfil acima.

3.2 Usina Solar Fotovoltaica

A composição da usina solar fotovoltaica buscada tem o propósito de compensar remotamente o consumo do cliente escolhido, com limitação da quantidade de painéis para não ultrapassar o valor de 75 kW de potência injetada, o que enquadraria a unidade geradora no perfil de tarifação do grupo A4, conforme explicado na seção 2.4, ocorrendo então a incidência da taxa de demanda.

3.2.1 Localização

Ao analisar as opções de terreno que atendam aos critérios que influenciam diretamente na viabilidade do negócio, fica definido a procura por alguma localidade atendida pela rede de distribuição da COPEL, que suprime a necessidade de grandes investimentos em infraestrutura elétrica.

Também buscou-se uma região historicamente bastante exposta à irradiação solar, para aumentar a produção com uma quantidade menor de módulo fotovoltaicos e por fim, em regiões afastadas de grandes centros urbanos e sem grande uso, para diminuir o valor do terreno e garantir a viabilidade do negócio. Com isso, foi considerado como foco nessa busca, terrenos na região Noroeste do Paraná, que apresenta bons índices de irradiação e corresponde aos demais requisitos mencionados (TIEPOLO et al., 2018).

3.2.2 Pré-dimensionamento

Com as informações a respeito da necessidade de produção da usina e os valores médios de irradiação por dia no determinado local, é possível fazer um cálculo preliminar da potência da usina, seguindo a equação 5.

$$P_{FV}(Wp) = \frac{E}{HSP_{MA}} \quad (5)$$

Onde:

$P_{FV}(Wp)$ – Potência de pico do sistema fotovoltaico;

E (Wh/dia) – Consumo diário médio anual do cliente;

HSP_{MA} (h) – Média anual das HSP incidente no plano do painel

3.2.2.1 Módulos fotovoltaicos

Para a definição dos módulos fotovoltaicos, foi feito um levantamento das opções disponíveis no mercado, com o objetivo de encontrar a melhor solução para o projeto. Foram observados o custo, potencial de produção e área de cada painel, além da confiabilidade da empresa e garantia de funcionamento, é escolhido o melhor custo-benefício em relação ao preço por potência e, também, potência por área.

Em seguida, com a divisão do valor da potência do sistema encontrado pela potência unitária de cada painel, é possível ter a quantidade necessária de painéis para suprir a demanda do cliente.

3.2.2.2 Inversor

O dimensionamento dos inversores é feito através da verificação das características do sistema fotovoltaico e do módulo escolhido. A potência, tensão e corrente são os fatores que ditam a seleção da quantidade e modelo do inversor.

3.2.2.2.1 *Dimensionamento quanto à potência*

Deve-se relacionar a potência de pico dos módulos conectados ao inversor com a potência nominal em corrente alternada do mesmo. Para otimizar o dimensionamento e o custo da energia gerada, não se deve utilizar um inversor com potência maior que a dos módulos, pois aumentaria o custo sem necessidade, e também não pode ser muito menor, já que o MPPT do inversor limita a potência de entrada e despreza o excedente gerado pelos painéis. Essa relação é representada pelo fator de dimensionamento do inversor, como apresentado na equação 6, e deve variar entre 0,75 e 0,85, já que o painel raramente está nas condições de potencial máximo (CRESESB, 2014).

$$FDI = \frac{P_{Nca}}{P_{FV}} \quad (6)$$

Onde:

FDI – Fator de dimensionamento do inversor;

P_{Nca} (W) – Potência nominal em corrente alternada do inversor;

P_{FV} (Wp) – Potência de pico do painel fotovoltaico.

3.2.2.2.2 Dimensionamento quanto à tensão

O inversor deve ter uma faixa de tensão de operação de seu MPPT compatível com a série de módulos fotovoltaicos conectados a ele. Este é um critério importante, pois uma série com tensão abaixo da mínima do inversor impede o funcionamento do sistema, e uma série com tensão acima da máxima pode danificar o inversor. Além disso, a relação com a temperatura de operação aumenta os cuidados necessários, pois essas condições atuam diretamente na tensão gerada pelo sistema, aumentando-a em temperaturas baixas e reduzindo-a em temperaturas máximas (CRESESB, 2014). Por isso recomenda-se respeitar a seguinte relação 7.

$$\frac{V_{i_{MPPTmin}}}{V_{mpTmax}} < N^{\circ} \text{módulos}_{série} < \frac{V_{i_{MPPTmax}}}{V_{mpTmin}} \quad (7)$$

Onde:

$V_{i_{MPPTmin}}$ (V) – Mínima tensão c.c. de operação do MPPT do inversor;

$V_{i_{MPPTmax}}$ (V) – Máxima tensão c.c. de operação do MPPT do inversor;

V_{mpTmin} (V) – Tensão de potência máxima de um módulo FV na menor temperatura de operação prevista;

V_{mpTmax} (V) – Tensão de potência máxima de um módulo FV na maior temperatura de operação prevista.

E para encontrar a valor da tensão de potência máxima em temperaturas diferentes das STC, utiliza-se a equação 8.

$$V_{mp}(T) = V_{mpSTC} \cdot (1 + \beta \cdot (T - 25)) \quad (8)$$

Onde:

$V_{mp}(T)$ – Tensão de máxima potência na temperatura T;

V_{mpSTC} – Tensão de máxima potência nas STC;

β – Coeficiente de temperatura para tensão de máxima potência;

T – Temperatura.

3.2.2.2.3 Dimensionamento quanto à corrente

Já a corrente é determinante para o número máximo de séries fotovoltaicas que podem ser conectadas em paralelo. Devem respeitar a equação:

$$N^{\circ} \text{ series } FV_{\text{paralelo}} = \frac{I_{i_{\max}}}{I_{SC}} \quad (8)$$

Onde:

$N^{\circ} \text{ series } FV_{\text{paralelo}}$ – Número de séries de módulos fotovoltaicos conectados em paralelo;

$I_{i_{\max}}$ – Corrente máxima de curto circuito admitida na entrada do inversor;

I_{SC} – Corrente de curto circuito do módulo FV nas STC.

3.2.3 Simulação da geração

Com o pré-dimensionamento, tem-se a composição do sistema fotovoltaico preliminar, porém é necessário fazer verificações com ferramentas mais complexas para confirmar os resultados com uma maior confiabilidade. Para isso, foi escolhido o *software* PVSYST, com o qual, inserindo todos os dados de projeto e equipamentos e configurações escolhidos para o sistema, foi feita a simulação de geração média do projeto ao longo do ano.

3.2.4 Aspectos construtivos

Com a escolha do terreno e da configuração ideal do sistema fotovoltaico, é possível prever os processos de preparação do terreno. Considera-se a limpeza do terreno, movimentação de terra e criação de valas que servirão para fundação, drenagem, passagem dos cabos e aterramento. Estes processos serão facilitados em terrenos planos ou com inclinação compatível com orientação dos painéis e devem ser contabilizados no investimento inicial do projeto.

3.2.5 Custo

O valor de implantação da usina foi calculado baseado em estudos de mercado, levantamentos com fornecedores e integradores de energia solar.

Também foi utilizado como base a tabela SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) para levantamento de valores, principalmente dos elementos construtivos como fundação, preparação do terreno e o cercamento.

3.3 Modelo de negócio

O modelo de negócio em questão consiste na construção e instalação de uma usina solar fotovoltaica em uma região favorável à geração desse tipo de energia, cuja localização é afastada dos grandes centros consumidores devido aos custos dos terrenos e onde a irradiação média potencializa seus resultados.

A partir disso, o retorno é gerado pela forma de locação para um cliente com consumo e custo de energia elétrica compatível com o projeto, no qual a unidade geradora construída no imóvel locado, ficará registrada no mesmo nome da unidade consumidora a ser compensada. Assim, por meio da compensação permitida pela categoria de autoconsumo remoto, o cliente terá seus gastos reduzidos através deste modelo de negócio.

A atração principal para trazer o cliente ao negócio será a oportunidade de ter sua fatura de energia reduzida em cerca de 20%, sem investimento nenhum para obter tal ganho.

3.3.1 Viabilidade financeira

A composição de um estudo da viabilidade financeira é parte fundamental da execução do projeto. Para isso foi preciso montar os cenários e simulações do funcionamento do modelo de negócio, tanto pela visão da empresa quanto pela do cliente, a fim de verificar se tal investimento é justificável a longo prazo.

A análise de viabilidade deste sistema será realizada para uma solicitação de implantação na distribuidora até o dia 06 de janeiro de 2023, portanto ainda não estará enquadrada na nova Lei do Marco Legal da Geração Distribuída Nº 14.300/2022.

3.3.1.1 Cálculo do investimento inicial

A primeira etapa para compor o estudo de viabilidade financeira foi verificar o investimento inicial necessário para aquisição de terreno em local vantajoso, e para a construção e instalação da usina solar fotovoltaica. Este investimento, conhecido como CAPEX (*Capital Expenditure*) ou Despesas de Capitais, se refere a todo valor para possibilitar o início das operações da empresa (INVESTNEWS, 2022). No caso de uma usina solar, incluiria todos equipamentos e mão-de-obra especificados na decisão de projeto.

3.3.1.2 Estimativa das entradas e saídas

Além do investimento inicial, já é preciso prever todos os custos relacionados à operação do negócio, o OPEX (*Operational Expenditure*), ou seja, todos os gastos necessários para manter o funcionamento da empresa (INVESTNEWS, 2022).

Para valoração do OPEX desta usina, foram consideradas as informações de estudos semelhantes relacionados a usinas fotovoltaicas, onde foram encontrados valores entre 0,6 e 1,1% do CAPEX (SHIMURA et al., 2016).

Com o negócio em operação, começa a haver uma receita referente ao aluguel pago pelo locatário, que irá usufruir da compensação da energia gerada pela usina. Esse valor pode ser estabelecido através da simulação da produção de energia média ao longo do ano com relação ao valor cobrado pela concessionária de energia do local.

3.3.1.3 Projeção dos reajustes de preço de aluguel e energia

Para manter a confiabilidade dos dados e da simulação em questão, é preciso estimar os valores futuros de alguns itens que sofrem reajustes periódicos. Dentre estes itens, o mais importante é calcular os preços futuros da energia elétrica, que é usada como base para definição do preço da locação.

Essa etapa dificilmente é realizada com exatidão, mas alguns dados históricos contribuem para chegar em valores bem próximos do presente. Isso pode ser feito tanto com análises dos reajustes diretos do custo da energia elétrica nos últimos anos, quanto com sua relação com alguns índices estudados por analistas como a inflação.

Não foi considerada a possível valorização ou utilização para outros fins do terreno, já que o aumento excessivo no valor do aluguel reduziria a atratividade do negócio do ponto de vista do cliente.

3.3.1.4 Impostos

Os valores e porcentagens dos impostos incididos na operação deste modelo de negócio foram aplicados de acordo com as informações demonstradas nas seções 2.4.4 e 2.6.8.

3.3.1.5 Projeção do fluxo de caixa

Com os custos levantados, foi possível fazer uma análise detalhada das movimentações durante os 25 anos de operação da usina através da composição de um fluxo de caixa. Essa etapa é fundamental para encontrar o caixa acumulado e calcular o *payback*, a taxa interna de retorno e a definição se o projeto é viável ou não.

3.3.1.6 Definição do custo de oportunidade

O custo de oportunidade foi definido de acordo com o cenário macroeconômico de 2022. Foram considerados como base os valores da inflação e taxa de juros (SELIC), uma vez que estes influenciam no rendimento de diversos ativos de baixo risco.

3.3.1.7 Payback descontado

O *payback* descontado é definido através das movimentações inclusas no fluxo de caixa, que, ao converter o valor de cada fluxo para o presente usando o custo de oportunidade definido, mostra em quanto tempo o saldo acumulado deixa de ser negativo. A partir desse período, a empresa passa a gerar lucro e o caixa acumulado pode ser destinado a novos investimentos, portanto é muito importante para demonstrar por quanto tempo o capital investido pela empresa ficará imobilizado no projeto.

3.3.1.8 TIR

Com o fluxo de caixa elaborado, também é possível calcular a taxa interna de retorno (TIR) e verificar o rendimento anual do projeto. Como o objetivo das empresas e empresários é gerar lucro e obter um crescimento com o tempo, a comparação do rendimento de um empreendimento ou projeto com o custo de oportunidade do investidor é uma forma eficaz de analisar a viabilidade com relação à outros possíveis investimentos. Isso é importante já que o capital investido poderia ser investido em outros projetos ou ativos possivelmente mais rentáveis.

3.3.1.9 LCOE

O LCOE, custo nivelado de energia, pode ser calculado através do fluxo de caixa, pois considera todo o custo envolvido na produção durante a operação da usina.

Com isto, pode-se comparar com demais fontes de energia para definir qual seria mais vantajosa economicamente.

3.3.2 Visão do cliente

Além de demonstrar a viabilidade para a empresa, foi feito um demonstrativo das despesas mensais do cliente, associadas à fatura de energia e locação durante um mês. Esta etapa é importante para garantir que o negócio também será atrativo e gerará vantagens para o mesmo.

3.3.3 Impactos de uma implantação em 2024

Ao final dos resultados, será apresentado em forma de tabela uma simulação da implantação desta usina no ano de 2024, já enquadrada na nova Lei Nº 14.300/2015. Assim será feita uma comparação dos resultados com o modelo atual.

3.3.4 Aspectos contratuais

Para definir as particularidades do negócio e obrigação das partes e garantir a viabilidade, algumas questões na elaboração do contrato de locação devem ser especificadas.

Primeiramente, o valor do aluguel deve ser acordado anteriormente, sem relação descrita em contrato com o custo unitário de energia elétrica, em kWh, praticado pela COPEL. Além disso, indica-se o período em que pode haver um reajuste a ser calculado, com um valor mínimo pré-determinado. Para garantir a ocupação em todos os períodos do estudo, inclui-se um período mínimo de contrato, com pedido de renovação feito com antecedência e multa por rescisão.

Também haverá uma descrição do imóvel e os bens incluídos nele, com detalhes do sistema da usina fotovoltaica, e as obrigações de cada parte. Ficaria sob responsabilidade do locador, a manutenção dos bens e pagamento do IPTU, e do locatário, as boas condições no momento da entrega.

Com relação à microgeração, é preciso solicitar a transferência de titularidade junto à COPEL, deste modo, a compensação passará a ser feita no nome do cliente. Isso é feito através de um formulário, como pode-se observar no anexo A.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Perfil de consumidor alvo

Para este estudo de viabilidade, o consumidor alvo definido foi o do subgrupo tarifário B3. A escolha pelo grupo atendido em baixa tensão (B) se deve ao maior valor da sua tarifa de energia, em comparação com o grupo A. Já o subgrupo comercial (B3) foi priorizado por apresentar um maior consumo energético que o residencial, o que maximizaria o faturamento da empresa .

4.1.1 Determinação do consumo a ser compensado

Após a determinação do grupo alvo para direcionar a construção da usina, buscou-se um cliente real que atendesse tais critérios. No caso, um pequeno mercado cujo consumo médio durante o ano foi escolhido para ser a base do estudo, já que se encaixa nos requisitos e tem um valor elevado. O mercado tem como consumo médio 12.000 kWh/mês, como apresentado na fatura de energia elétrica detalhada no anexo B.

4.2 Usina solar fotovoltaica

4.2.1 Localização da usina fotovoltaica

Na busca por uma região com acesso à rede de distribuição da COPEL, com boa irradiação solar e baixo valor do terreno, foi escolhido a cidade de Maringá, onde há boa infraestrutura e oferta de mão-de-obra e uma irradiação solar média de 5,12 kWh/m².dia no plano inclinado com angulação igual a latitude local (CRESESB, 2018).

O terreno escolhido foi encontrado em anúncio na internet para servir como base real para o estudo. Ele se encontra na periferia da cidade e está anunciado pelo valor de R\$65.000,00 (VIVA REAL, 2022).

A escolha do terreno em estudo levou em consideração:

- Custo;
- Facilidade de acesso por ser uma rua pavimentada;
- Distância do centro da cidade;
- Topografia, com prioridade para um terreno plano;
- Ausência de sombreamento no entorno;
- Área disponível;

- Disponibilidade de infraestrutura de rede elétrica, com passagem de rede de baixa e média tensão da COPEL em frente ao terreno.

4.2.2 Pré-dimensionamento

Em seguida, calculou-se a potência instalada para satisfazer a necessidade de geração do cliente dada a irradiação no terreno escolhido. Com a equação 5 chegou-se ao valor de aproximadamente 76 kWp de potência para a usina deste projeto. Apesar de ultrapassar nominalmente o valor de 75 kW que gera a obrigação do pagamento de taxa de demanda, é importante ressaltar que o sistema fotovoltaico como um todo dificilmente se encontrará nas condições ideais de funcionamento e possui perdas associadas aos inversores, cabeamento, entre outros. Com isso, pode-se assumir que o sistema não terá mais de 75 kW de potência injetada.

4.2.2.1 Módulos fotovoltaicos

Após consulta com distribuidores da região, foram realizados orçamentos e definido o painel com a menor relação R\$/W, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Orçamentos dos módulos fotovoltaicos

Modelo	Distribuidor	Valor	Potência (W)	R\$/W
Jinko JKM530M-72HL4-TV <i>Tiger Pro Bifacial 530W</i>	Aldo Solar	R\$ 1.599,00	530	R\$ 3,02
Jinko JKM460M-60HL4-V 460W <i>Tiger Pro Mono PERC Half Cel</i>	Aldo Solar	R\$ 1.319,00	460	R\$ 2,87
Sinosola 450W SAT450-144AM	Techlux	R\$ 1.101,32	450	R\$ 2,45
Renesola RS3-455MB-E3 Bifacial 455W	Techlux	R\$ 1.157,77	455	R\$ 2,54

Fonte: Techlux (2022) e Aldo Solar (2022)

Feita a análise das opções de mercado disponibilizados pela distribuidora Techlux, atuante na região da usina, foi escolhido o modelo Sinosola 450W SAT450-144AM, em razão do seu custo-benefício na geração de energia.

Trata-se de um módulo bifacial, com tecnologia *Half Cell*, pois conforme as referências bibliográficas deste estudo, demonstram os melhores rendimentos dentre as tecnologias apresentadas no mercado. Ele apresenta as características de funcionamento contidas na Tabela 2 e que devem ser consideradas no

dimensionamento do sistema. As especificações técnicas completas do módulo estão contidas no Anexo C.

Tabela 2 – Características elétricas em condições normais de teste do módulo SAT450-144M

Parâmetro	Valor
Potência máxima (W)	450
Tensão em circuito aberto (V)	50,27
Corrente de curto-circuito (A)	11,46
Tensão de máxima potência (V)	41,83
Corrente de máxima potência (A)	10,76
Eficiência do módulo (%)	20,70

Fonte: Techlux (2022)

Portanto, para alcançar a potência instalada de 76 kWp da usina, serão necessários 169 módulos.

Demais dados importantes que influenciam na eficiência do módulo de acordo com a temperatura de operação estão indicados na Tabela 3.

Tabela 3 – Coeficientes de temperatura do módulo SAT450-144m

Parâmetro	Valor
Coeficiente de temperatura para tensão	-0,26%/K
Coeficiente de temperatura para corrente	+0,044%/K
Coeficiente de temperatura para potência	-0,34%/K

Fonte: Techlux (2022)

Os dados presentes na Tabela 3 são ainda mais importantes em regiões com grande amplitude térmica, como o caso de Maringá.

4.2.2.2 Inversores

A escolha do inversor teve como base as características dos módulos fotovoltaicos escolhidos e do sistema completo.

4.2.2.2.1 *Dimensionamento por potência*

Primeiramente foi definido a potência do inversor, ou conjunto de inversores, para em seguida verificar a compatibilidade com o sistema com relação à tensão e corrente.

Na busca por um FDI entre 0,75 e 0,85 com os modelos de inversores disponíveis no mercado e os 76,05 kWp dos módulos escolhidos, optou-se por 2

inversores da marca Kehua Hengsheng, modelo SPI30K-BLV, que totalizam capacidade de 60 kW de potência de entrada nos inversores e 0,79 de FDI para a base dos cálculos.

Esse inversor possui as características, contidas na Tabela 4, necessárias para posterior análise de compatibilidade com o conjunto de módulos e com mais detalhes na ficha de especificações técnicas em ANEXO D.

Tabela 4 – Especificações do inversor SPI30K-BLV

Parâmetro	Valor
Máx. tensão de entrada PV	1100 Vcc
Máx. corrente de entrada PV	90 A (3x30 A)
N°. de MPPTs	3
N°. de <i>strings</i> PV por MPPT	3/3/3
Faixa de tensão MPPT de Potência Nominal	350 Vcc ~ 550 Vcc
Tensão inicial	250 Vcc

Fonte: Techlux (2022).

Como observado na Tabela 4, o inversor escolhido possui 3 *strings* em cada MPPT, dado importante para planejamento da configuração do sistema.

4.2.2.2.2 Dimensionamento por tensão

A próxima etapa é verificar a compatibilidade do inversor escolhido com os módulos através da tensão que geram. Assim, verifica-se a quantidade de módulos que podem ser instalados em um arranjo em série.

Para melhor dimensionar cada arranjo com relação à faixa de tensão de operação do inversor, verificou-se as temperaturas mínimas e máximas no local escolhido, pois essas condições influenciam diretamente nesse aspecto do sistema. Portanto, para Maringá, cuja temperatura mínima fica próxima dos 0°C e a máxima, dos 40°C (CONEGERO, 2020), constatou-se através da equação 8 que a tensão de máxima potência produzida pelo módulo fica entre 40,20 V, na temperatura máxima do local, e 44,55 V, na mínima.

Dessa forma, o arranjo ideal, definido conforme equação 7, comporta entre 9 e 13 módulos fotovoltaicos do modelo Sinosola 450W SAT450-144AM, sendo considerado o valor de 13 para possibilitar a instalação dos 169 módulos previstos para a usina.

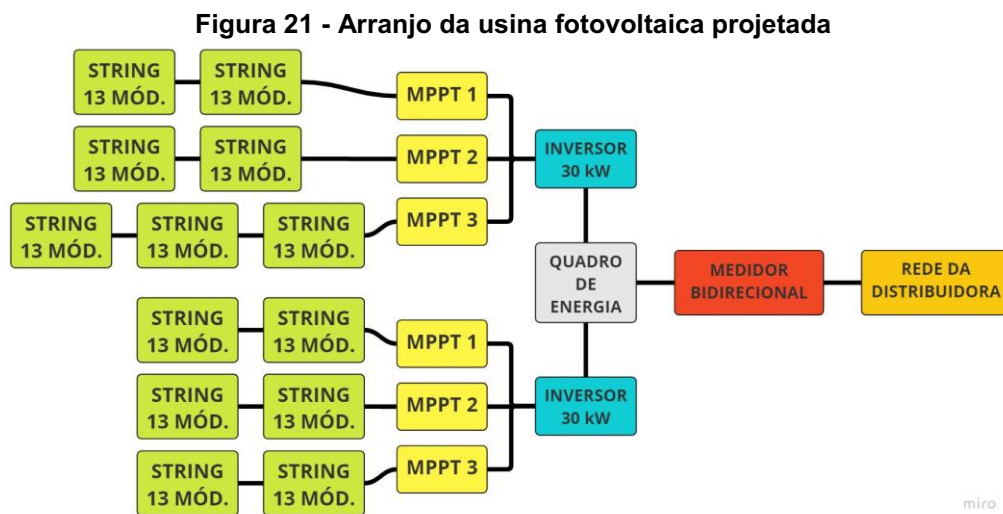
4.2.2.2.3 Dimensionamento por corrente

Para fazer a verificação com relação à corrente, considerou-se a corrente máxima de entrada no inversor de 30 A por MPPT e, portanto, 10 A por *string*. Assim, pôde-se calcular a quantidade máxima de séries em paralelo conectadas a cada MPPT.

Como a corrente de curto-circuito do módulo fotovoltaico escolhido é de 11,46 A, valor muito próximo do admitido por cada *string* do inversor, optou-se por colocar apenas 1 série de, no máximo 13 módulos, em cada *string* e conectá-los em paralelo.

4.2.2.2.4 Arranjo final

Como resultado do cálculo preliminar, determinou-se a configuração do sistema de módulos fotovoltaicos e inversores, com os *strings* ligados em paralelo nos MPPTs, como ilustrada na Figura 21.



Fonte: Autoria própria (2022)

Como pode-se observar na Figura 21, o sistema fotovoltaico conta com 2 inversores com 3 MPPT's cada, nos quais serão conectadas em paralelo 2 séries de 13 módulos, com exceção de 1 MPPT que terá 3 séries. Esta configuração totaliza, portanto, os 169 módulos fotovoltaicos necessários para suprir a necessidade do cliente.

4.2.3 Simulação

Através da configuração obtida anteriormente, foi feita uma simulação com o *software* PVSYST para determinação mais confiável da produção anual de energia

pela usina. Para isso, inseriu-se os dados de entrada do local, as configurações dos módulos fotovoltaicos e inversores e distribuição dos arranjos, de modo a obter os valores mais próximos dos reais de produção, com perdas do sistema e dados climáticos do local considerados de forma mais precisa.

O modelo, cujo relatório da simulação está no Anexo E, teve um comportamento quanto à distribuição de energia gerada com relação à potência injetada, conforme ilustrado no Gráfico 7.



Fonte: Autoria própria (2022)

Portanto, confirma-se que o sistema não ultrapassará o limite de 75 kW de potência injetada, logo, não haverá taxa de demanda para o mesmo. Além disso, o sistema apresentou a produção mensal conforme exibido na Tabela 5.

Tabela 5 – Produção de energia elétrica mensal simulada da usina

Mês	Produção (MWh/mês)
Janeiro	12,31
Fevereiro	9,79
Março	11,81
Abril	11,62
Mai	11,08
Junho	10,05
Julho	10,93
Agosto	12,17
Setembro	10,79
Outubro	13,00
Novembro	11,94
Dezembro	10,71

Fonte: Autoria própria (2022)

Têm-se, então, que a produção anual da usina será de 136,20 MWh. Valor que será usado como referência para os cálculos de aluguel e economia para o cliente em questão.

4.3 Análise econômica

4.3.1 CAPEX

O investimento inicial, CAPEX, da usina compreende o custo de aquisição do terreno, obras de preparação e das instalações auxiliares, equipamentos da usina e mão-de-obra. Estes custos foram definidos conforme orçamento com a Distribuidora Techlux, localizada em Londrina no estado do Paraná. Os valores podem ser observados na Tabela 6.

Tabela 6 – CAPEX do projeto					
Item	Custo Total		%	R\$/Wp	
Kit Fotovoltaico	R\$	404.705,84	76,2%	R\$	5,32
Módulo Fotovoltaico	R\$	186.123,14	35,1%	R\$	2,45
Inversor	R\$	47.554,41	9,0%	R\$	0,63
Proteção Inversor	R\$	991,14	0,2%	R\$	0,01
Cabos CC	R\$	6.888,34	1,3%	R\$	0,09
Conectores	R\$	144,88	0,0%	R\$	0,00
Estrutura de Fixação	R\$	53.003,93	10,0%	R\$	0,70
Mão de Obra	R\$	110.000,00	20,7%	R\$	1,45
Outros	R\$	126.200,00	23,8%	R\$	1,66
Cercamento	R\$	38.000,00	7,2%	R\$	0,50
Sistema Vigilância e Monitoramento CFTV	R\$	8.500,00	1,6%	R\$	0,11
Pavimentação com brita	R\$	6.700,00	1,3%	R\$	0,09
Limpeza Terreno	R\$	3.000,00	0,6%	R\$	0,04
Terreno	R\$	65.000,00	12,2%	R\$	0,85
Edificação para abrigo dos inversores	R\$	5.000,00	0,9%	R\$	0,07
TOTAL	R\$	530.905,84	100,0%	R\$	6,98

Fonte: Autoria própria (2022)

Como mostrado na Tabela 6, a maior parcela do investimento inicial é referente ao sistema fotovoltaico, que representa 76,2% do total. Já a aquisição do terreno e demais itens representam somente 23,8%.

4.3.2 OPEX

O custo operacional, OPEX, está associado às obrigações da empresa proprietária durante o período de vigência do contrato de locação.

Para este caso, foi considerado uma majoração da porcentagem do cálculo do OPEX, devido ao porte reduzido da usina projetada neste estudo, comparado com a usina analisada por Shimura et al. (2016).

Portanto, foi adotado o valor de 1,25% do CAPEX, que representa um valor de R\$6.636,32 anual.

Além disso, foi acrescido o valor de R\$4.668,00 referente ao IPTU que fica sob responsabilidade do locador. Este valor foi usado considerando o valor venal do imóvel como sendo o CAPEX no projeto, e as alíquotas referentes a imóveis residenciais (CURITIBA, 2022). Portanto, para o primeiro ano, tem-se um total de R\$11.304,32.

4.3.3 Valor do aluguel

O valor cobrado pelo aluguel deve ser atrativo tanto para locador quanto para locatário. Portanto, chegou-se no valor anual referente à multiplicação da energia produzida no período pela tarifa cobrada pela COPEL com um desconto de 20%. Ainda descontou-se o valor fixo cobrado pela COPEL a cada unidade consumidora, que compreende o valor mínimo de 100 kWh/mês e a tarifa de iluminação pública do município.

Para o caso de Maringá, a parcela de iluminação pública é de R\$37,66, que somados aos R\$82,75 da taxa mínima representam um pagamento mensal de R\$120,41 pela unidade consumidora da usina.

Para exemplificar, foi utilizada uma fatura de energia de um consumidor real do grupo tarifário B, localizado na cidade de Maringá, como demonstrado no Anexo F. Este imóvel em questão possui um sistema de geração fotovoltaica instalado com capacidade de produção maior que seu consumo, possuindo uma fatura de energia com características semelhantes ao da usina projetada neste trabalho.

Quanto à geração, no primeiro ano, foi previsto 136.200 kWh, que aplicados à tarifa da COPEL com um desconto de 20%, representariam o valor de R\$90.213,43 no ano e R\$7.517,79 divididos em 12 meses.

Logo, o preço encontrado para o aluguel, já com os descontos mencionados anteriormente, será de R\$7.397,38 por mês no primeiro ano, o que totaliza R\$88.768,51 no ano e representa a receita bruta da empresa.

4.3.4 Impostos

4.3.4.1 PIS/COFINS

Os impostos incidentes sobre o valor do aluguel são PIS, 0,65%, e COFINS, 3,00%. No primeiro ano, totalizam R\$3.240,05.

4.3.4.2 IRPJ

A empresa optará pela modalidade do Lucro Presumido na declaração do IRPJ, no qual está previsto a consideração de 32% da receita bruta como lucro, a partir do qual será calculado o valor devido pelo IRPJ e CSLL. Com o aluguel anual como receita bruta, encontra-se o valor de R\$28.405,92 de lucro presumido.

Como a empresa não ultrapassou os R\$20.000,00 mensais de receita bruta, a taxa da parcela do IRPJ é de apenas 15%, portanto R\$4.260,89. E o CSLL, é de 9%, que resulta em R\$2.556,53. Assim, a empresa pagará um total de R\$6.817,42 reais de imposto de renda no primeiro ano.

4.3.5 DRE

A demonstração do resultado do exercício do primeiro ano detalha as movimentações durante este período. Esta considera todos os valores citados acima e mostra se a operação deu lucro ou prejuízo, conforme pode-se observar na Tabela 7.

Tabela 7 – DRE do primeiro ano de operação da usina

Receita Bruta	88.768,51
(-) Impostos sobre Locação	3.240,05
(=) Receita Líquida	85.528,46
(-) Custos Operacionais	11.304,32
(=) EBITDA	74.224,14
(-) Imposto de Renda	6.817,42
(=) Resultado Líquido	67.406,72

Fonte: Autoria própria (2022)

Esse resultado, R\$67.406,72 de lucro, já demonstra uma boa margem líquida para o negócio, de 75,94%. Isto indica que não existe muito custo operacional envolvido, impostos ou necessidade de reinvestir no negócio.

4.3.6 Reajustes

Ao verificar a evolução do valor da tarifa de energia no Brasil entre 2011 e 2021, constatou-se um reajuste médio no período de 6% anual. Para efeitos de cálculo, foi considerado um aumento de 5% ao ano, um cenário considerado pessimista do ponto de vista do investidor (CARDOSO, 2022).

Já para os custos operacionais, foi considerado um reajuste baseado na evolução da inflação entre 2011 e 2021, que teve o valor de 6% anual (IBGE, 2022).

4.3.7 Fluxo de Caixa

O Fluxo de Caixa para o período de 25 anos foi feito com o DRE inicial como base e inclusão dos reajustes anuais previstos. Deste modo, foi possível estimar todas as movimentações financeiras durante a operação da empresa para fazer uma avaliação do investimento.

O Fluxo de Caixa, detalhado no ANEXO G, mostrou uma evolução de aproximadamente 4,4% a.a. no resultado contábil, que se deve, principalmente, ao aumento no aluguel associado à nova tarifa de energia prevista, o que resulta num montante nominal de R\$2.366.002,90.

4.3.8 TIR e Custo de oportunidade

O custo de oportunidade, ou taxa de atratividade, considerado neste estudo foi definido com base na taxa SELIC em maio de 2022, no valor de 12,75% a.a., que é utilizada para definir outros índices, como o CDI, para lastrear alguns investimentos (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2022). Considerando a evolução no cenário brasileiro, considerou-se que o número de opções de ativos aumentou muito, e é possível chegar a um valor de 13% a.a. de rentabilidade com algum conhecimento e orientação, sem correr muitos riscos.

Optou-se por um custo de oportunidade de 13% a.a., valor considerado viável ao comparar com a taxa SELIC, mas pessimista, já que muitas mudanças no cenário econômico podem acontecer, como o controle da inflação e uma redução da taxa de juros no futuro, deste modo, a rentabilidade para investidores que focam em renda fixa diminuiria, reduzindo então sua taxa de atratividade. Portanto, um custo de oportunidade que seria alto neste possível cenário dá uma margem de segurança na análise de viabilidade em questão.

A taxa interna de retorno anual, considerando o fluxo de caixa do período de 25 anos de operação da usina, foi de 16,08%.

Ao comparar as duas taxas, a TIR foi significativamente maior que o custo de oportunidade, indicando que o investimento estudado é viável para este perfil de investidor, de acordo com este método de avaliação.

4.3.9 VPL

O valor presente líquido, feito para analisar os resultados da usina em valor monetário atual, com a taxa de atratividade definida anteriormente como 13% a.a., mostra uma evolução de R\$136.392,94 no fluxo de caixa acumulado. Este valor representa lucro de 26% sobre o capital investido em valor atual, em comparação com os investimentos alternativos.

O resultado encontrado acima é outro indicador de que o modelo de negócio é viável para este perfil de investidor, com relação à rentabilidade ao final dos 25 anos de operação da usina.

4.3.10 Payback

O período de *payback* tradicional, que representa o tempo necessário para recuperar o valor nominal investido, para este modelo de negócio foi de 6 anos e 11 meses. Um valor elevado em comparação com projetos de usinas fotovoltaicas em residências, onde haveria compensação de energia no mesmo local, já que estes apresentam resultados que podem variar de 4 a 5 anos no Paraná (PEREIRA, 2022).

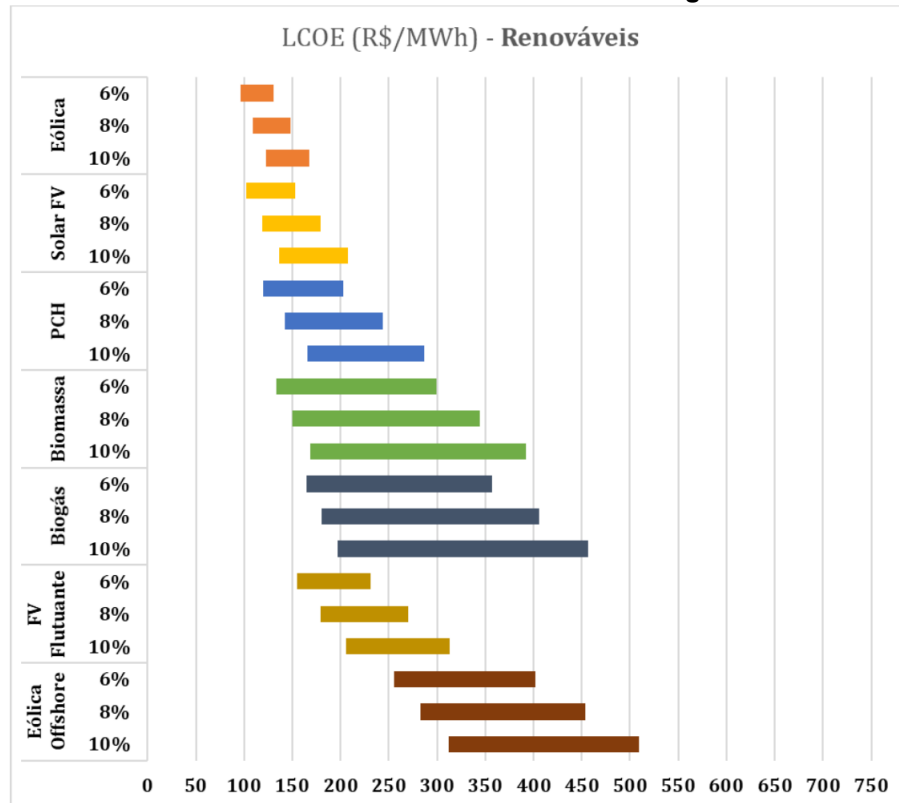
Já o *payback* descontado, que converte cada fluxo de caixa ao valor presente, é mais indicado para analisar a real viabilidade do negócio, e, neste caso, foi de 14 anos e 6 meses. Portanto, é somente a partir deste momento que a usina vai realmente começar a ser mais rentável ao investidor, em relação às oportunidades de investimento alternativas, que possuem um risco muito menor já que estão relacionadas à taxa SELIC (REDAÇÃO XPEED, 2022).

4.3.11 LCOE

O LCOE calculado durante todo o período de operação da usina foi de R\$0,21/kWh gerado. Isto demonstra que o projeto está compatível com demais usinas

fotovoltaicas no Brasil e um valor competitivo quando comparado com outras fontes renováveis de energia, cujos valores estão apontados no Gráfico 8.

Gráfico 8 – LCOE das fontes renováveis de energia no Brasil



Fonte: EPE (2021e)

Portanto, como observado no Gráfico 8, a energia solar fotovoltaica apresenta um dos menores custos por geração de energia do ramo das energias renováveis. Isto, aliado à simplicidade do sistema, a coloca como uma boa alternativa para estimular a diversificação da matriz elétrica.

4.3.12 Visão do cliente

As despesas do cliente ligadas ao consumo de energia do seu estabelecimento estão apresentadas nas tabelas Tabela 8 e Tabela 9 a seguir, com simulações em períodos normais e com escassez hídrica, onde há incidência de tributos conforme demonstrado na seção 2.3.2.

Tabela 8 – Lista de despesas mensais do cliente sem usina solar e sem escassez hídrica

Despesas	Consumo	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Energia elétrica consumo	12.000 kWh	0,82795	9.935,40
Cont. Iluminação pública	-	-	75,36
TOTAL			10.010,76

Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 9 – Lista de despesas mensais do cliente sem usina e com escassez hídrica

Despesas	Consumo	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Energia elétrica consumo	12.000 kWh	0,82795	9.935,40
Cont. iluminação pública	-	-	75,36
Escassez hídrica	12.000 kWh	0,21321	2.558,52
TOTAL			12.569,28

Fonte: Autoria própria (2022)

Com a adesão ao modelo de negócio oferecido no estudo, as despesas mensais do cliente passam a ter os valores exibidos nas tabelas Tabela 10 e Tabela 11.

Tabela 10 – Lista de despesas mensais do cliente com usina e sem escassez hídrica

Despesas	Consumo	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Locação	-	-	7.397,38
Energia elétrica consumo	650 kWh	0,82795	538,17
Cont Iluminação pública	-	-	75,36
Tarifa COPEL da usina	-	-	120,41
TOTAL			8.131,31

Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 11 – Lista de despesas mensais do cliente com usina e com escassez hídrica

Despesas	Consumo	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Locação	-	-	7.397,38
Energia elétrica consumo	650 kWh	0,82795	538,17
Cont Iluminação pública	-	-	75,36
Escassez hídrica	650 kWh	0,21321	138,59
Tarifa COPEL da usina	-	-	141,73
TOTAL			8.291,22

Fonte: Autoria própria (2022)

Isso indica uma economia de 18,77% ao mês, quando não é cobrada a taxa de escassez hídrica ou outra bandeira tarifária, chegando até 34,04% com a incidência da tarifa de escassez hídrica.

4.3.13 Impactos da Lei Nº 14.300/2022

Os resultados encontrados para a mesma usina, implantada em janeiro de 2024 e comparados com o período atual, estão exibidos na Tabela 12. Neste caso, fica enquadrado o período de transição da referida lei, na qual começam a incidir impostos sobre a geração de energia conforme exposto na seção 2.4.3.

Tabela 12 – Comparação de resultados entre usina implantada em 2022 e 2024

Item	Ano	
	2022	2024
Fluxo de caixa	R\$2.366.002,90	R\$1.343.493,43
Fluxo de caixa descontado	R\$137.392,94	-R\$67.820,52
LCOE	R\$0,21	R\$0,28
TIR	16,08%	11,25%
<i>Payback</i> tradicional	6,9 anos	9,3 anos
<i>Payback</i> descontado	14,5 anos	>25 anos

Fonte: Autoria própria (2022)

Pode-se observar uma diferença significativa no fluxo de caixa (redução de R\$1.022.509,47), e um acréscimo de mais de 2 anos, ou cerca de 35%, no *Payback* tradicional. Isso demonstra como a nova Lei do marco legal da geração distribuída pode impactar negativamente no setor, inviabilizando, em alguns casos, a utilização deste tipo de fonte renovável.

Além disso, o principal indicador da inviabilidade do negócio implantado em 2024 é a taxa interna de retorno menor que o custo de atratividade de 13%. Portanto, a usina seria menos rentável que as oportunidades alternativas do investidor no final dos seus 25 anos de operação, que resultaria num fluxo de caixa descontado de R\$67.820,52 negativos, ou um prejuízo de quase 12,77% no capital investido.

5 CONCLUSÃO

Através do estudo realizado, foi constatado que o modelo de negócio de locação de usina solar para clientes que visam compensar o alto consumo de estabelecimentos comerciais atendidos em baixa tensão, é uma forma de aumentar a rentabilidade do investidor no longo prazo.

Assim como apresentado nos resultados, o capital investido para construção da usina que atenda o consumo do cliente definido neste trabalho, foi de R\$530.905,84. Um investimento relativamente baixo que o torna uma opção acessível para investidores com menor poder aquisitivo.

Feita a análise durante todo o período de operação de 25 anos da usina, pôde-se observar que o modelo é viável para o perfil de investidor escolhido, visto que apresentou um fluxo de caixa descontado positivo e uma TIR superior ao custo de oportunidade. Além disso, através da análise do fluxo de caixa de todo o período convertido em valor presente, verifica-se um lucro de 26% sobre o custo alternativo do investidor.

É importante ressaltar que o capital investido terá baixa liquidez no período de operação, com grande parte imobilizada nos primeiros anos, como apontado pelo *payback* tradicional de quase 7 anos. Este fator aliado às incertezas no cenário econômico do país é algo que pode ser visto como um risco ao investidor.

O modelo em questão utilizou das normas vigentes em 2022, regidas pelas REN 482 e 687, e, portanto, deve ser adaptado com as futuras alterações. Verificando a Lei Nº 14.300/2022, por exemplo, percebe-se que a geração solar sofreu um impacto significativo com as novas taxações, indo contra a necessidade de incentivo ao setor por parte do governo. Conforme simulação feita nesse trabalho, para a implantação de uma usina em 2024, o LCOE teve um acréscimo de 33%, suficiente para inviabilizar o negócio e gerar um prejuízo, em relação ao custo de oportunidade, de R\$67.820,52.

Este modelo de negócio, com a sua implantação no período de vigência da REN 482/2012, demonstrou ser uma boa opção de aplicação financeira para investidores que busquem retorno a longo prazo, diversificação de investimentos e uma forma de incentivar a utilização da geração fotovoltaica no Brasil.

Como sugestão de estudos futuros, é importante desenvolver pesquisas semelhantes, porém em outras localidades do Brasil que tenham índices diferentes

de irradiação solar, verificando se há uma melhora significativa na viabilidade do negócio.

Também sugere-se fazer um estudo aprofundado para que sejam realizadas mudanças e atualizações nas regulamentações do setor, considerando possíveis incentivos fiscais, a fim de fomentar o mercado e ter uma melhor viabilidade a instalação de usinas solares no país.

REFERÊNCIAS

ABDALA, P. J. P. (org.). **Energia Solar e Eólica**. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. E-book. Disponível em: <https://www.atenaeditora.com.br/wp-content/uploads/2019/01/E-book-Energia-Solar-e-Eólica.pdf>. Acesso em: 22 maio 2022.

ABSOLAR (Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica). **Geração Distribuída Solar Fotovoltaica: Benefícios Líquidos ao Brasil**. Brasília: ABSOLAR, 2018.

ALDO. **Perguntas e respostas sobre aplicação da Resolução Normativa 482 / 2012**. Aldo blog. 2021. Disponível em: <https://www.aldo.com.br/blog/perguntas-e-respostas-resolucao-normativa-no482-2012/>. Acesso em: 22 maio 2022.

ALMEIDA, R. A. et al. **Estudo sobre os componentes utilizados em sistemas fotovoltaicos conectados a rede**. Brazilian Journal of Development, Curitiba, Paraná, v. 7, n. 8, p. 77752-77763, ago. 2021. ISSN: 2525-8761.

ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2020**. Brasília: ANA, 2020.

ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). LUZ NA TARIFA. **Relatório de Bandeiras Tarifárias**. 2021. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/relatorio-bandeiras-tarifarias>. Acesso em: 20 nov. 2021.

ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). **Resolução Normativa nº 687, 2015**. 2015. Disponível em: http://www.bioenergiaengenharia.com.br/RESOLUCAO%20NORMATIVA%20REN%20687_2015.pdf. Acesso em: 15 maio 2022.

ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). **Resolução Normativa nº 482, 2012**. 2012. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 15 maio 2022.

ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). **Sobre Bandeiras Tarifárias**. 2022b. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/tarifas/bandeiras-tarifarias>. Acesso em: 28 maio 2022.

ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). **SIGA (Sistema de Informações de Geração da ANEEL)**. 2022a. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiNjc4OGYyYjQtYWM2ZC00YjllLWJlYmEtYzdKNTQ1MTc1NjM2liwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOjR9>. Acesso em: 28 maio 2022.

ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). Tarifas consumidores. **Bandeiras Tarifárias**. 29 jun. 2021a. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/bandeiras-tarifarias>. Acesso em: 20 nov. 2021.

ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). **Resolução Normativa Nº 1000, 2021**. 07 dez. 2021b.

BADRA, M. **Lei 14.300**: principais mudanças do Marco Legal da GD. Canal Solar. 2022. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/lei-14-300-principais-mudancas-do-marco-legal-da-gd/>. Acesso em: 24 maio 2022.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Taxa de juros básicas – Histórico**. 2022. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/historicotaxasjuros>. Acesso em: 23 maio 2022.

BARBOSA, I. S. B. **Dimensionamento de um sistema solar fotovoltaico isolado**. Trabalho de Conclusão de Curso - Programa de Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2014.

BLUESOL ENERGIA SOLAR. **Guia: como Múltiplas Unidades Consumidoras Podem Dividir os Custos e Lucros da Energia Solar**. 2018. Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/multiplas-unidades-consumidoras/>. Acesso em: 21 maio 2022.

BOUHID, C. **Geração compartilhada: se unir para gerar a própria energia!** Dusol. 2018. Disponível em: <https://www.dusolengenharia.com.br/post/geracao-compartilhada-se-unir-para-gerar-a-propria-energia/> Acesso em: 24 maio 2022.

BRASIL. **Decreto 3000, de 26 de março de 1999**. Regulamento do Imposto de Renda de 1999. Art. 542. Disponível em: <https://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/110446/regulamento-do-imposto-de-renda-de-1999-decreto-3000-99#art-542>. Acesso em: 25 maio 2022.

BRASIL. **Lei Complementar n. 116, de 31 de julho de 2003**. Dispõe sobre Imposto Sobre Serviços de Qualquer Natureza, de competência dos Municípios e do Distrito Federal, e dá outras providências. Brasília: Casa Civil, 2003. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp116.htm. Acesso em: 25 maio 2022.

BRASIL. **Lei Nº 14.300, de 06 de janeiro de 2022**. Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS), e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/L14300.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%2014.300%2C%20DE%20%20DE%20JANEIRO%20DE%202022&text=Institui%20o%20marco%20legal%20da%2C%201996%3B%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAs. Acesso em: 05 maio 2022.

CANAL SOLAR. **Entenda os otimizadores para sistemas fotovoltaicos**. 2019. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/entenda-otimizadores-para-sistemas-fotovoltaicos/>. Acesso em: 21 maio 2022.

CARDOSO, L. **Em dez anos, preço da energia elétrica subiu 82%; expectativa é de que custo supere inflação**. Extra. 2022. Disponível em: <https://extra.globo.com/economia-e-financas/em-dez-anos-preco-da-energia-eletrica-subiu-82-expectativa-de-que-custo-supere-inflacao-25363814.html>. Acesso em: 27 maio 2022.

CARVALHO, L. C. P. **Teoria da firma**: a produção e a firma. São Paulo: Saraiva, 1998.

CHEQUER, T.; BROWN, M. **Lei nº14.300/2022: Marco Legal da Geração Distribuída**. Informativo Energia Elétrica, 2022. 1-3 p.

CHINEN, T. **Topologias centralizadas e descentralizadas de inversores fotovoltaicos**. Canal Solar. 2020. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/topologias-centralizadas-e-descentralizadas-de-inversores-fotovoltaicos/>. Acesso em: 20 maio 2022.

COELHO, G. A.; MIOTTO, J. L. **Análise comparativa da redução da área de geração de energia fotovoltaica proporcionada por módulos bifaciais**. Revista Tecnológica – Universidade Estadual de Maringá, 2020.

CONEGERO, L. **Qual o recorde de frio em Maringá? E de calor? E de rajadas de vento?** GMC online. 17 jul. 2022. Disponível em: <https://gmconline.com.br/noticias/cidade/qual-e-o-recorde-de-frio-em-maringa-e-de-calor-e-rajadas-de-vento/>. Acesso em: 12 maio 2022.

CONTÁBEIS. **A locação de imóveis no simples nacional**. 2016. Disponível em: <https://www.contabeis.com.br/artigos/3684/a-locacao-de-imoveis-no-simples-nacional/>. Acesso em: 24 maio 2022.

COPEL. **Tributos**. 2022a. Companhia Paranaense de Energia. Disponível em: <https://www.copel.com/site/copel-distribuicao/tributos/>. Acesso em: 18 maio 2022.

COPEL. **Tarifas de energia elétrica**. 2022b. Companhia Paranaense de Energia. Disponível em: <https://www.copel.com/site/copel-distribuicao/tarifas-de-energia-eletrica/>. Acesso em: 24 maio 2022.

COPEL. **Bandeiras tarifárias**. 2022c. Companhia Paranaense de Energia. Disponível em: <https://www.copel.com/site/copel-distribuicao/bandeiras-tarifarias/>. Acesso em: 28 maio 2022.

CORREIA NETO, J. F.; MOURA, H. J.; FORTE, S. H. Modelo prático de fluxo de caixa operacional para empresas comerciais considerando os efeitos do risco, através do método Monte Carlo. **Revista Eletrônica de Administração**. V. 8, n. 3, p. 1-23, 2002.

CRESESB (Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito). **Energia Solar Fotovoltaica**. 11 junho 2008. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=321. Acesso em: 20 maio 2022.

CRESESB (Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito). **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro. Mar. 2014.

CRESESB (Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito). **Potencial Solar – SunData v 3.0**. 25 jan. 2018. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>. Acesso em: 15 maio 2022.

CURITIBA. Prefeitura Municipal de Curitiba. **Planejamento, Finanças e Orçamento**. 2022. Disponível em: <https://www.curitiba.pr.gov.br/conteudo/tabela-do-iptu/368>. Acesso em: 18 maio 2022.

DIÁRIO DO COMÉRCIO. **Carga tributária elevada é entrave para expansão do uso da energia solar.** 2022. Disponível em: <https://diariodocomercio.com.br/legislacao/carga-tributaria-elevada-e-entrave-para-expansao-do-uso-da-energia-solar/>. Acesso em: 25 maio 2022.

ELYSIA. **Conhecendo o sistema fotovoltaico:** relógio bidirecional. Elysia Energia Solar. 2020. Disponível em: <https://elysia.com.br/relogio-bidirecional/>. Acesso em: 23 maio 2022.

ENERGIA SOLAR SHOP. **Tipos de Estruturas de Fixação de Painel Solar Fotovoltaico Estrutura Para Fixação de Sistema Solar.** 2022. Disponível em: <https://www.energiasolarshop.com.br/post/tipos-de-estruturas-de-fixa%C3%A7%C3%A3o-de-painel-solar-fotovoltaico-estrutura-para-fixa%C3%A7%C3%A3o-de-sistema-solar>. Acesso em: 23 maio 2022.

ENGIE. **Tudo o que você precisa saber sobre a crise hídrica de 2021.** Além da Energia. 01 maio 2022. Disponível em: https://www.alemdaenergia.engie.com.br/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-a-crise-hidrica/?gclid=Cj0KCQjwnNyUBhCZARIsAl9AYIHpYHjcWu_ivunxzJLNHyAsyJ2Sq19RbwlsLgPhJOWE26RCaWswZXoaAk-eEALw_wcB. Acesso em: 01 jun. 2022.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética). Balanço Energético Nacional. **Relatório Síntese 2021.** 2021d. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2021>. Acesso em: 28 maio 2022.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética). **Caderno de Preços da Geração 2021.** Brasília: 2021e.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética). Energia Elétrica. Expansão de Geração. **Fontes.** 2021c. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/areas-de-atuacao/energia-eletrica/expansao-da-geracao/fontes>. Acesso em: 11 nov. 2021.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética). **Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2031:** Demanda de Eletricidade. Rio de Janeiro: 2021a.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética). **Matriz Energética e Elétrica.** 2021b. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 18 nov. 2021.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética). Plano Nacional de Energia 2050. **Relatório final do PNE 2050.** Rio de Janeiro: EPE, 2020.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética). **Potencial dos Recursos Energéticos no Horizonte 2050.** Rio de Janeiro: EPE, 2018.

FADIGAS, E. A. F. A. **Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos, Conversão e Viabilidade técnico-econômica.** s.d. PEA-2420 Produção de energia. GEPEA (Grupo de Energia Escola Politécnica da Universidade de São Paulo), 2019.

GARCIA, D. **A importância da função anti ilhamento.** Solar Edge. 2020. Disponível em: <https://www.solaredge.com/br/solaredge-blog/funcao-anti-ilhamento-inversores-fotovoltaicos>. Acesso em: 22 maio 2022.

GASPARIN, F. P.; KRENZINGER, A. Desempenho de um sistema fotovoltaico em dez cidades brasileiras com diferentes orientações do painel. **Revista Brasileira de Energia Solar**, Brasil, v.8, n. 1, p. 10-17, jul. 2017.

GITMAN, L. J. **Princípios da administração financeira**. 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

GODOI, R. R. **Análise Comparativa de Desempenho de Inversor String e Microinversor**. Dissertação (Graduação Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2018.

GOMES, A. E. **Modelo de projeto de uma planta fotovoltaica de microgeração para capacitação em energia solar**. Dissertação de graduação em Engenharia – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2017.

GREENER. **Análise do Marco Legal da Geração Distribuída**. 2022. Disponível em: <https://energiasrora.ima.com.br/wp-content/uploads/2022/04/Analise-Completa-Marco-Legal-da-GD-Lei-14.300-de-2022.pdf>. Acesso em: 18 maio 2022.

GUARNIERI, M. V. **Usinas solares fotovoltaicas com seguimento em um eixo no Brasil: aspectos da construção, custos e expectativa de desempenho**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de concentração Construção Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

GUERRERO-LEMUS R. et al. **Bifacial solar photovoltaics** – A technology review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 1533–1549, 2016.

GULARTE, C. **O que é lucro presumido? Veja quais são os prós e contras e tabela completa**. Contabilizei. 2022. Disponível em: https://www.contabilizei.com.br/contabilidade-online/lucro-presumido/?utm_source=adwords&utm_medium=ppc&utm_campaign=IN_%5BS%5D_DSA_Conteudo_SP&utm_term=&hsa_tgt=aud-1698177115367:dsa-1229962785965&hsa_grp=123973323827&hsa_mt=&hsa_cam=12772535693&hsa_ver=3&hsa_src=g&hsa_net=adwords&hsa_kw=&hsa_acc=1466761651&hsa_ad=515168723457&gclid=CjwKCAjwryUBhBSEiwAGN5OCOpNUntmxm3itWcHB9kF-68nBLH_Ed8uOCzw1jzphFqlcxxADn0qWxoC7cMQAvD_BwE. Acesso em 25 maio 2022.

HOSS, O. **Manual de Contabilidade: A Bíblia**. 5. ed. Paraná: Osni Hoss Editora, 2020.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **IPCA – Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo**. 2022. Disponível: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e-custos/9256-indice-nacional-de-precos-ao-consumidor-amplo.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 20 maio 2022.

INOVACARE SOLAR. **Inversores centrais x Inversores String**. 2020. Disponível em: <https://inovacare.solar/o-setor-fotovoltaico/inversores-centrais-x-inversores-string/57>. Acesso em: 19 maio 2022.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. 2 ed. São José dos Campos: INPE, 2017.

INVESTNEWS. **CAPEX e OPEX: o que são e como analisar esses custos**. 16 abr. 2022. Disponível em: <https://investnews.com.br/guias/capex-e-opex/>. Acesso em: 12 maio 2022.

KANDASAMY, C. P.; PRABU, P.; NIRUBA, K. **Solar potential assessment using PVSYST software**. *In*: 2013 International Conference on Green Computing, Communication and Conservation of Energy (ICGCE), 2013.

KNIRSCH, T. **Caminhos para a Sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Fundação Konrad Adenauer, 2012.

LEISMANN, E. L. **Análise de viabilidade e risco em projetos de investimento**. Porto Alegre: Revolução eBook, 2017.

MACHADO, C. T.; MIRANDA, F. S. Energia Solar Fotovoltaica: Uma Breve Revisão. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 1, p. 126-143, out. 2014.

MESQUITA, D. B. et al. **A review and analysis of Technologies Applied in PV modules**. Engenharia elétrica e da computação – UNICAMP (Universidade de Campinas), São Paulo, 2019.

MEYERS, A. L. **Elementos da economia moderna**. 4. ed. Rio de Janeiro: Livros Ibero-Americano, 1960.

MONTEIRO, M. C. **Células Fotovoltaicas de Silício Cristalino: Tecnologias e Processos de Fabricação**. Dissertação de graduação em Engenharia Elétrica. Universidade Federal de Campo Grande, jun. 2016.

NEGRÃO, J. H. et al. **Estruturas de suporte em rolaria de madeira em parques fotovoltaicos**. T6-07. II Congreso Latinoamericano de Estructuras de Madera. II Congreso Ibero-Latinoamericano de la Madera en la Construcción. Buenos Aires, 2017.

PEREIRA, N. O. **Análise de viabilidade econômica da implementação da energia solar fotovoltaica em residência unifamiliar no município de Pontal do Paraná-PR**. Dissertação de graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal do Paraná, 2022.

PINHEIRO, A. C. F. B. **Estruturas metálicas: cálculos, detalhes, exercícios e projetos**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2005.

PORTAL SOLAR. **Como Funciona a Energia Solar**. 2022a. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/como-funciona-energia-solar.html>. Acesso em 19 maio 2022.

PORTAL SOLAR. **A Regulamentação dos Créditos de Energia Solar**. 2022b. Disponível em: https://www.portalsolar.com.br/a_regulamentacao_dos_creditos_de_energia.html. Acesso em: 24 maio 2022.

PORTAL SOLAR. **Seguidor Solar – tracker: vantagens e desvantagens.** 2022c. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/seguidor-solar-tracker-vantagens-e-desvantagens?q=/blog-solar/painel-solar/seguidor-solar-tracker-vantagens-e-desvantagens.html&>. Acesso em: 25 maio 2022.

PRANGE, N. G. **Análise de Desempenho de Sistemas Fotovoltaicos Baseados em Silício Monocristalino e Policristalino.** 2021.

PVSYST. **PVSYST Photovoltaic System.** Disponível em: <https://www.pvsyst.com/>. Acesso em: 20 maio 2022.

REDAÇÃO XPEED. **Qual é a taxa livre de risco no Brasil? Como calculá-la?** Jan. 2022. Disponível em: <https://xpeedschool.com.br/blog/taxa-livre-de-risco/#:~:text=A%20taxa%20livre%20de%20risco%20mede%20o%20retorno%20m%C3%ADnimo%20da,rentabilidade%20de%20uma%20aplica%C3%A7%C3%A3o%20financeira.> Acesso em: 18 jun. 2022.

REDISKE, G.; et al. Nível de importância de critérios na tomada de decisão quanto a localização de usinas fotovoltaicas. **Revista Brasileira de Energia Solar**, Brasil, v. 11, n. 2, p. 132-139, dez. 2020.

RELLA, R. Energia Solar Fotovoltaica no Brasil. **Revista de Iniciação Científica**, Criciúma, v. 15, n. 1, 2017.

RICO. **O que é Custo de Oportunidade, como Calcular e Exemplos.** 16 jul. 2018. Disponível: <https://riconnect.rico.com.vc/blog/custo-oportunidade-o-que-e>. Acesso em: 02 jun. 2022.

RITCHIE, H. et al. **Energy.** Our World in Data, 2020. Disponível em: <https://ourworldindata.org/energy>. Acesso em: 02 jun. 2022.

ROSA, A. R. O. Panorama da energia solar fotovoltaica no Brasil. **Revista Brasileira de Energia Solar**, Brasil, v. 7, n. 2, p. 140-147, dez. 2016.

RÜTHER, R. **Edifícios Solares Fotovoltaicos: o potencial de geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil.** Florianópolis: UFSC/LABSOLAR, 2004.

SANTANA, L. **Resolução 482 da ANEEL: 3 Principais Pontos Comentados [+BÔNUS].** BlueSol Energia Solar, 2022. Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/resolucao-482-da-aneel-guia-completo/>. Acesso em 23 maio 2022.

SHAREAMERICA. **Quando se trata de energia, os países devem diversificar.** 06 maio 2015. Disponível em: <https://share.america.gov/pt-br/quando-se-trata-de-energia-os-paises-devem-diversificar/>. Acesso em: 01 jun. 2022.

SHIMURA, S. et al. **Estimativa do Custo de Geração de Usinas Fotovoltaicas Usando Confiabilidade.** VI Congresso Brasileiro de Energia Solar, Belo Horizonte, Minas Gerais, abr. 2016.

SHORT, W.; PACKKEY, D. J.; HOLT T. **A Manual for the Economic Evaluation of Energy Efficiency and Renewable Energy Technologies.** Colorado: NREL, 1995.

- SHUINA, L. L. **Estudo de viabilidade técnica e econômica de implementação de uma usina solar voltada para a locação de equipamentos como modelo de negócio de uma fazenda solar**. Dissertação (Graduação Engenharia Elétrica), Instituto Federal do Espírito Santo, Vitória, 2021.
- SILVA J. et al. **Study of Power Optimizers for Grid-Connected Photovoltaic Systems**. IEEE Latin America Transactions, Vol. 17, No. 1, Jan. 2019.
- SILVA, L. R. J. R. et al. Análise comparativa das fontes de energia solar fotovoltaica, hidrelétrica e termelétrica, com levantamento de custos ambientais. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR. **Anais CBENS 2018** Gramado: Associação Brasileira de Energia Solar, 2018.
- SILVEIRA, G. et al. **Desenvolvimento de seguidor solar de dois eixos com suporte para células fotovoltaicas**. Simpósio Energia Solar como Ferramenta de Competitividade. Aracaju, Sergipe. 2016.
- SOARES, I.; MOREIRA, J.; PINHO, C.; COUTO, J. **Decisões de investimento: análise financeira de projetos**. Lisboa: Sílabo, 2015.
- SOLARGIS. **Solar resource map of Brazil**. Disponível em: <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/brazil>. Acesso em: 15 nov. 2021.
- SOLAR VIEW. **O que é geração compartilhada?**. 2021. Disponível em: <https://solarview.zendesk.com/hc/pt-br/articles/360053023811-O-que-%C3%A9-gera%C3%A7%C3%A3o-compartilhada->. Acesso em: 23 maio 2022.
- SOMA ENERGIA. **Preço da energia elétrica já supera a inflação**. Blog Soma Energia. 16 mar. 2022. Disponível em: <http://blog.somaenergia.com.br/energia-eletrica-e-inflacao/#:~:text=Em%202020%2C%20no%20acumulado%20do,rela%C3%A7%C3%A3o%20ao%20IPCA%20do%20ano>. Acesso em: 05 jun. 2022.
- TANG, T. et al. **A Quantitative Comparison between Double Glass Photovoltaic Modules Using Half Size Cells and Quarter-Size Cells**. IEEE Journal of Photovoltaics, vol. 7, no. 5, pp. 1298–1303, 2017.
- TECHLUX. **String Box Clamper SB 1040V 32A 2 Entrada / 2 Saida P12**. 2022. Disponível em: <https://www.techlux.com.br/produto/string-box-clamper-sb-1040v-32a-2-entrada-2-saida-p12>. Acesso em: 23 maio 2022.
- TIEPOLO, G. M. et al. Atlas de energia solar do estado do Paraná – Resultados. **Revista Brasileira de Energia Solar**, Ano 9, v. 9, n. 1, p. 01-10, jul. 2018.
- TURCOTTE, D.; ROSS, M.; SHERIFF, F. **Photovoltaic hybrid system sizing and simulation tools: status and needs**. *In: PV Horizon: Workshop on Photovoltaic Hybrid Systems*, Montreal, 2001.
- TORRES, V. **O que é preciso saber sobre regime de tributação?**. 2022. Contabilizei. Disponível em: <https://www.contabilizei.com.br/contabilidade-online/o-que-e-preciso-saber-sobre-regime-de-tributacao/>. Acesso em: 26 maio 2022.
- VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R. **Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2012. 224p.

VIVA REAL. **Lote/Terreno à Venda, 636 m² por R\$ 65.000.** 2022. Disponível em: <https://www.vivareal.com.br/imovel/lote-terreno-jardim-barcelona-bairros-maringa-636m2-venda-RS65000-id-2559373499/>. Acesso em: 25 maio 2022.

ANEXO A - Formulário de Troca de Titularidade

MICRO/MINI GERAÇÃO DISTRIBUÍDA - Troca de Titularidade

Código da UC: _____

Titular da UC: _____

E-mail: _____

Telefone: _____

CNPJ/CPF: _____

Informações sobre o sistema de geração distribuída:

- O sistema de geração distribuída foi desativado;
- O sistema de geração distribuída foi modificado (neste caso encaminhar o formulário de solicitação de acesso);
- O sistema de geração distribuída permanece inalterado.

Permanecendo o sistema inalterado, encaminhar a seguinte documentação (se houver):

1. Lista de unidades consumidoras participantes do sistema de compensação indicando a porcentagem de rateio dos créditos e o enquadramento conforme incisos VI a VIII do art. 2º da Resolução Normativa nº 482/2012.
2. Instrumento jurídico que comprove o compromisso de solidariedade entre os integrantes.
3. Documento que comprove o reconhecimento, pela ANEEL, da cogeração qualificada.

Dados da Geração:

Potência instalada de geração (kW): _____

Tipo da Fonte de Geração:

Hidráulica____ Solar____ Eólica____ Biomassa____ Cogeração Qualificada____

Outra (especificar):

Local:

Data:

Ass. do Titular ou Responsável formalmente autorizado (quando PJ):

Nome do Responsável Pessoa Física formalmente autorizado (quando PJ):

CPF: _____

ANEXO B - Fatura de Energia de Cliente do Grupo B3



COPEL

Copel Distribuição S. A.
José Izidoro Blazetto, 158 bl.C - Mossunguê - 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

QUATRO BARRAS - QUATRO BARRAS - PR -

Mês de referência

Abril/2022

Unidade Consumidora

Vencimento

18/05/2022

VALOR A PAGAR

R\$ 12.544,85

Responsabilidade da Manutenção de Ilumina Pública: Município (41) 3671-8800 RA

DENUNCIE FURTO DE FIOS! LIGUE 181.

Informações Técnicas

Nº Medidor: MD - TRIFASICO

Comerc/Lanchonetes, Casas de Cha, de Sucos E

Leitura Anterior	Leitura Atual	Medido	Constante de Multiplicação	Total Faturado	Consumo Médio Diário	Data de Emissão	Próxima Leitura Prevista
23/03/2022 80411	22/04/2022 93016	30 dias 12605 kWh	1	12.605 kWh	420,16 kWh	23/04/2022	23/05/2022

Histórico de Consumo e Pagamento

Mês	kWh	Dt.Pgto.	Valor
03/2022	14071	18/04/2022	14.751,48
02/2022	14765	18/03/2022	15.550,97
01/2022	13255	18/02/2022	14.256,37
12/2021	12864	18/01/2022	13.960,76
11/2021	12668	20/12/2021	13.749,08
10/2021	11225	18/11/2021	11.949,01
09/2021	12280	18/10/2021	12.671,22
08/2021	9709	20/09/2021	9.490,49
07/2021	9046	18/08/2021	8.586,91
06/2021	10687	19/07/2021	8.974,30
05/2021	11465	18/06/2021	9.261,04
04/2021	13207	18/05/2021	10.275,28

Valores Faturados

NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 249.508.289 - SÉRIE B

Emitida em 23/04/2022

Produto Descrição	Un.	Consumo	Valor Unitário	Valor Total	Base Cál.	Aliq. ICMS
ENERGIA ELETTRICA CONSUMO	kWh	12.605	0,827950	10.436,31	10.436,31	29,00%
ENERGIA CONS B ESCASSEZ HID	kWh			2.033,18	2.033,18	29,00%

CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO 75,36

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

Base de Cálculo do ICMS 12.469,49	Valor ICMS 3.616,14	Valor Total da Nota Fiscal 12.544,85
Reservado ao Fisco		

Em atendimento à Lei 12.007/2009, a Copel Distribuição S. A. declara, pela presente, que as faturas de energia elétrica desta unidade consumidora e de sua responsabilidade, vencidas em 2021, encontram-se devidamente quitadas. Esta declaração substitui os comprovantes de pagamento das faturas vencidas em 2021, salvo aqueles contestados judicialmente e ou derivados de grandezas não faturadas.
L. 20554/21, aliq. ICMS composta por 27% ICMS e 2% FECOP. Autorização RE 7139/22 INCLUSO NA FATURA PIS R\$78,09 E COFINS R\$359,21 CONFORME RES. ANEEL 130/2005. A PARTIR DE 01/04/2022 - PIS/PASEP 0,85% e COFINS 3,90%.
A qualquer tempo pode ser solicitado o cancelamento de valores não relacionados à prestação do serviço de energia elétrica, como convênios e doações.
A PARTIR DE 16/04 ESTA VICEJANTE A BANDEIRA VERDE - OFÍCIO CIRCULAR 6/2022 ANEEL Períodos Band.Tarif.: Escas.Hidr:24/03-22/04

Unidade Consumidora

Mês

04/2022

Vencimento

18/05/2022

Valor a Pagar

12.544,85

Autenticação Mecânica

PAGUE COM PIX



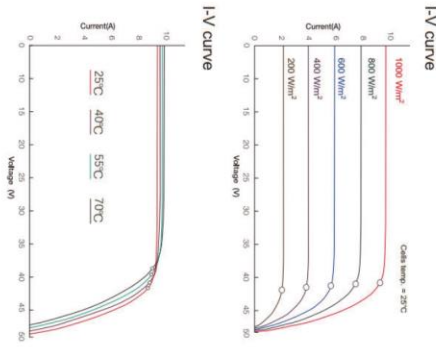
COPEL



ANEXO C - Especificações do Módulo Fotovoltaico



Bifacial module - transparent backsheet - M6-144



- IEC61215-1:2016 IEC61215-1:2016 IEC61215-2:2016 IEC61730-1:2016 IEC61730-2:2016 EN61215-1:2016
 - EN61215-2:2017 EN61215-1:2016 EN IEC61730-1:2018 EN IEC61730-2:2018 IEC61853-1:2011 IEC61701:2011
 - EN61000-6-1:2007 EN61000-6-3:2007+A1:2011+AC:2012 IEC61000-6-1:2016 IEC61000-6-3:2011 EN50380:2003
 - IEC TS62804-1:2015 IEC62716:2013 KS C 8561:2016 IEC60068-2-88 LCS ISO9001:2015 ISO14001:2015 ISO45001:2018
- SRBS APPROVES

MCS

TÜV SÜD

TÜV RHEINLAND

UL

JET

CB
- PID

DEKRA

ROHS

DVE

UL

JET

CB
- TÜV SÜD

TÜV RHEINLAND

UL

JET

CB

Electrical characteristics at Standard Test Conditions (STC)	
Model	SAT150-144M
Max Power - Pmp (W)	460
Positive Power Tolerance (W)	0.5
Perf. Coefficient - Kp (%)	20.27
Short Circuit Current - Isc (A)	11.83
Max Power Voltage - Vmp (V)	41.89
Max Power Current - Imp (A)	10.76
Module Efficiency (%)	20.76

Electrical data relates to standard test conditions (STC): irradiance 1000 W/m², AM1.5, cell temperature 25°C measuring uncertainty of power is within 0.5W. Certified in accordance with IEC61215:2016, IEC61730-1:2016

Electrical characteristics with different rear side power gain	
5% Maximum Power(Pmax)	47.3
5% Module Efficiency (STC)(%)	21.76
15% Maximum Power(Pmax)	518
15% Module Efficiency (STC)(%)	23.83
25% Maximum Power(Pmax)	563
25% Module Efficiency (STC)(%)	25.90
Refer Bifacial Factory (%)	70.5

Temperature Characteristics	
Voltage Temperature Coefficient	-0.22%/K
Current Temperature Coefficient	+0.04%/K
Power Temperature Coefficient	-0.24%/K

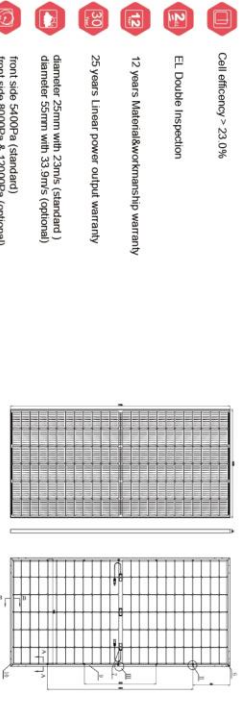
Mechanical Characteristics	
Dimensions	2094*1038*35mm (Length*Width*Depth)
Weight	23.2kg
Frame	Anodized aluminum profile (Silver/Black)
Front glass	White tempered safety glass anti-reflective coating 3.2mm
E-Cell encapsulation	EVA (Ethylene-vinyl-Acetate)
Back sheet	polyester backsheet
Junction Box	IP 20, 63, 400Vdc
Cable	Length: 300mm, Diameter: 4mm ²
Connector	MC4

Note : We accept customized solar modules , such as frame , backsheet colors , length of cables

Packaging	
Container: 40HQ	748PCS

Parameters	
Temp. Range	-40°C to 85°C
Application Class	Class A
Pollution Degree	1
Protection Class	Class II
Fire Rating	Class C
Backsheet rate	70% 55%

Dimensions
Note: Module layout below only valid for modules with 50mm thickness. All dimensions in mm



- Cell efficiency > 23.10%
- EL Double Inspection
- 12 years Material/workmanship warranty
- 25 years Linear power output warranty
- diameter 25mm with 27mk (standard)
- diameter 55mm with 33 mkts (optional)
- front side 5000Pa (standard)
- front side 8000Pa & 12000Pa (optional)

www.sinosola.cn info@sinosola.cn

ANEXO D - Especificações do Inversor

Inversor String On-grid trifásico 220 Vca

SPI15K-BLV/SPI20K-BLV/SPI30K-BLV



Características do produto

Alta eficiência

- Tecnologia de 3 níveis, eficiência máxima de 99%

Seguro e confiável

- Projeto exterior IP65, sem redução abaixo de 3000 m de altitude
- Todos os dispositivos eletrônicos de nível industrial garantem 25 anos de vida útil completa.

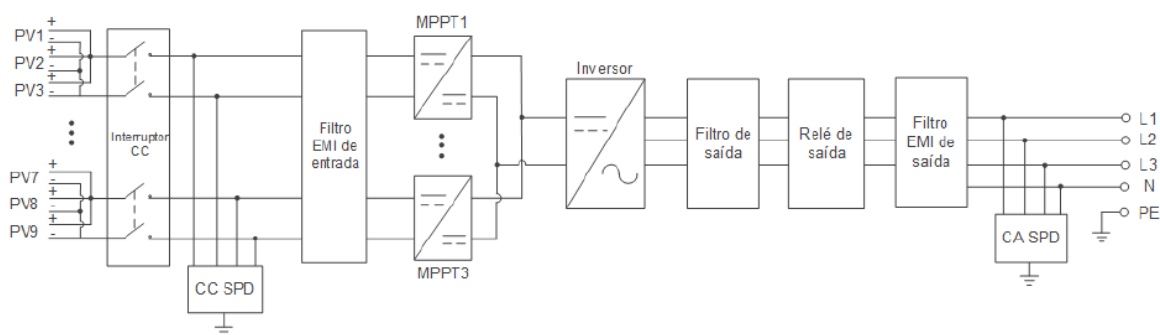
Gerenciamento inteligente

- Registro inteligente de ondas de falha, análise rápida de falhas I&V, diagnóstico inteligente, identificação precisa e posicionamento de painéis PV anormais
- Função inteligente de atualização on-line, fácil atualização e manutenção
- Apoio à comunicação RS485, WiFi, GPRS

Compatíveis com a rede

- Harmônicas de corrente conectadas à rede <3%, o projeto ecológico se adapta à rede
- Faixa de tensão de rede ultra ampla

Diagrama de funções



Especificação Técnica

Itens	SPI15K-BLV	SPI20K-BLV	SPI30K-BLV
Entrada CC			
Máx. tensão de entrada PV	1000 Vcc	1000 Vcc	1100 Vcc
Máx. corrente de entrada PV	66 A (2x33 A)	99A (3x33 A)	99 A (3x33 A)
No. de MPPTs	2	3	3
No.de strings PV por MPPT	3/3	3/3/3	3/3/3
Faixa de tensão MPPT	300 Vcc~1000 Vcc		
Tensão inicial	250 Vcc		
Saída CA			
Potência nominal de saída CA	15 kW	20 kW	30 kW
Potência máxima de saída	16,5 kW	22 kW	33 kW
Tensão nominal de saída CA	200/220 Vca		
Corrente nominal de saída	41,6 A	55,5 A	83,2 A
Corrente máxima de saída	45,8 A	61,1 A	91,6 A
Frequência nominal da rede	50 Hz/60 Hz		
Faixa de frequência da rede	45~55 Hz/55~65 Hz		
Fator de potência	>0,99 (carga completa)		
Fator de potência ajustável	0,8 (leading)~0,8 (lagging)		
THDi	<3% (potência nominal)		
Eficiência			
Eficiência Máxima	98,30%	98,40%	98,50%
Eficiência europeia	98,00%	98,00%	98,00%
Proteção			
Anti-ilhamento	Sim		
Conexão CC invertida	Sim		
Proteção contra curto-circuito CA	Sim		
Proteção de temperatura	Sim		
Proteção contra surtos	Sim		
Detecção de falha PV	Sim		
Interruptor CC	Sim		
Informações gerais			
Dimensões (AxLxP)	600x860x294 mm		
Peso	60 kg	65 kg	65 kg
Grau IP	IP65		
Autoconsumo pela noite	<1 W		
Tipo de resfriamento	Resfriamento natural		
Altitude	4000 m (>3000 m de redução)		
Temperatura de operação	-25 °C~60 °C		
Umidade relativa	0~95% (Semcondensação)		
Display	LCD+LED		
Comunicação	RS485/WiFi (opcional)/GPRS (opcional)		

- As especificações estão sujeitas a alterações sem aviso prévio.

ANEXO E - Simulação da Geração da Usina



Version 7.2.14

PVsyst - Simulation report

Grid-Connected System

Project: TCC Exemplo

Variant: New simulation variant

No 3D scene defined, no shadings

System power: 76.1 kWp

Maringá - Brazil

PVsyst TRIAL

PVsyst TRIAL

PVsyst TRIAL

| Author



PVsyst V7.2.14
VCO, Simulation date:
26/05/22 12:52
with v7.2.14

Project: TCC Exemplo

Variant: New simulation variant

Project summary

Geographical Site Maringá Brazil	Situation Latitude -23.46 °S Longitude -51.98 °W Altitude 517 m Time zone UTC-3	Project settings Albedo 0.20
Meteo data Maringá Meteonorm 8.0 (2006-2017), Sat=100% - Synthetic		

System summary

Grid-Connected System	No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation Fixed plane Tilt/Azimuth 25 / 0 °	Near Shadings No Shadings	User's needs Unlimited load (grid)
System information		
PV Array		Inverters
Nb. of modules 169 units		Nb. of units 3 units
Pnom total 76.1 kWp		Pnom total 90.0 kWac
		Pnom ratio 0.845

Results summary

Produced Energy	136.2 MWh/year	Specific production	1791 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	84.35 %
-----------------	----------------	---------------------	-------------------	----------------	---------

Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Main results	4
Loss diagram	5
Special graphs	6



Project: TCC Exemplo

Variant: New simulation variant

PVsyst V7.2.14
 VCO, Simulation date:
 26/05/22 12:52
 with v7.2.14

Main results

System Production

Produced Energy

136.2 MWh/year

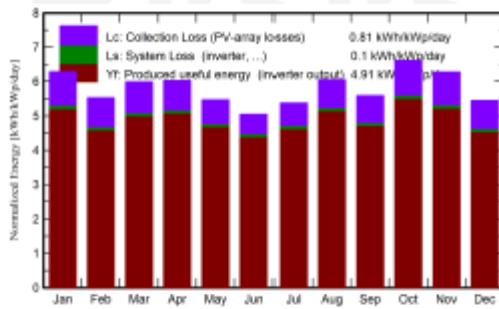
Specific production

1791 kWh/kWp/year

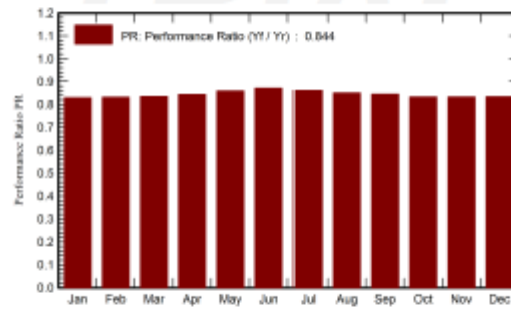
Performance Ratio PR

84.35 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
January	217.2	73.21	25.16	195.1	190.7	12.56	12.31	0.829
February	159.0	71.30	25.65	154.8	151.6	9.99	9.79	0.832
March	174.8	69.22	25.16	186.0	182.7	12.03	11.81	0.835
April	152.2	53.40	23.24	180.9	178.0	11.83	11.62	0.844
May	130.2	41.51	20.14	169.6	167.5	11.30	11.08	0.859
June	111.7	37.67	18.38	151.5	149.7	10.25	10.05	0.872
July	124.7	35.90	19.31	166.7	164.9	11.15	10.93	0.862
August	150.3	45.81	21.42	187.9	185.3	12.39	12.17	0.852
September	152.3	66.06	23.27	167.8	165.0	10.99	10.79	0.846
October	204.6	69.81	24.53	205.2	201.3	13.24	13.00	0.833
November	204.0	78.42	24.52	188.5	184.1	12.18	11.94	0.833
December	191.9	81.36	25.22	168.9	164.8	10.94	10.71	0.834
Year	1973.0	723.68	22.99	2122.9	2085.5	138.65	136.19	0.844

Legends

GlobHor	Global horizontal Irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse Irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		

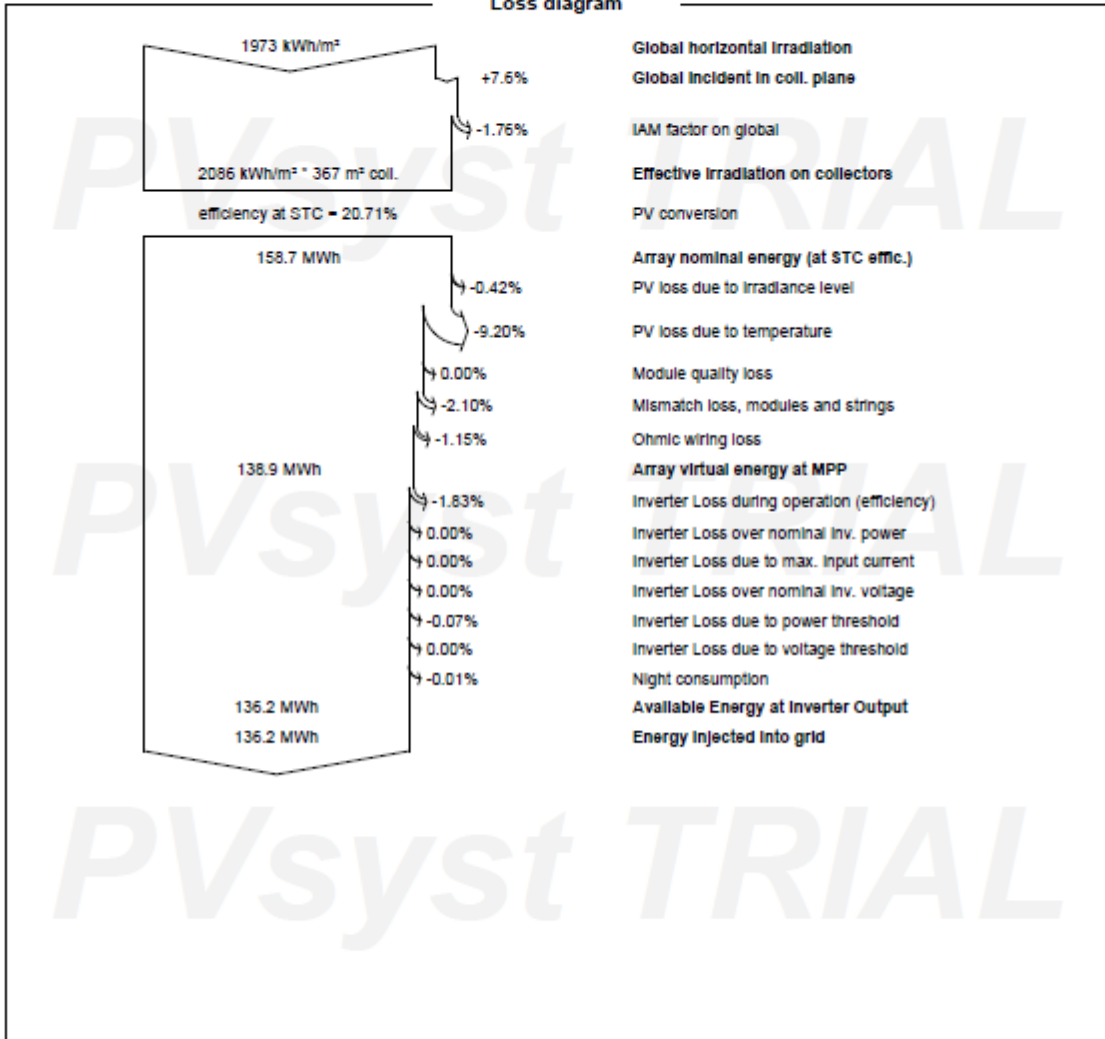


PVsyst V7.2.14
VCO, Simulation date:
26/05/22 12:52
with v7.2.14

Project: TCC Exemplo

Variant: New simulation variant

Loss diagram





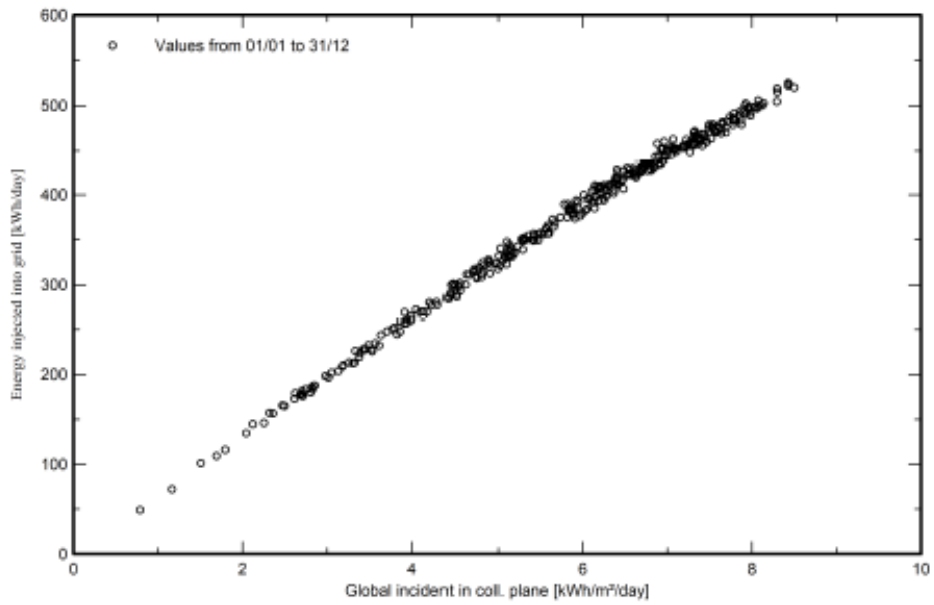
PVsyst V7.2.14
VCO, Simulation date:
26/05/22 12:52
with v7.2.14

Project: TCC Exemplo

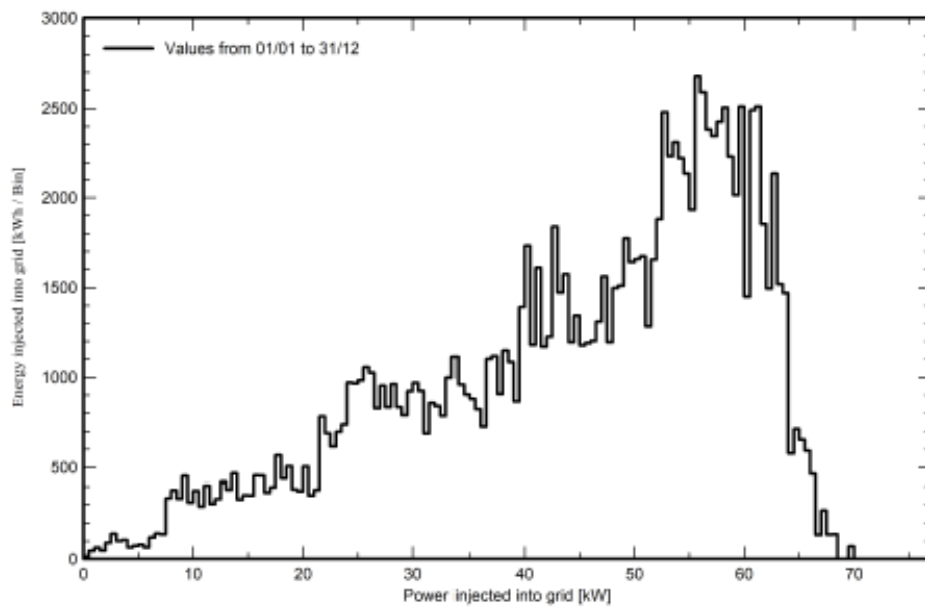
Variant: New simulation variant

Special graphs

Daily Input/Output diagram



System Output Power Distribution



ANEXO F - Exemplo de Fatura de Energia de Maringá



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

██████████
██████████
██████████
ZONA 04 - MARINGÁ - PR - CEP: ██████████
██████████
██████████

Mês de referência

Maio/2022

Vencimento

21/05/2022

Unidade Consumidora

██████████

VALOR A PAGAR

R\$ 156,05

Responsabilidade da Manutenção de Ilumina Pública: Município 156

DENUNCIE FURTO DE FIOS! LIGUE 181.

Informações Técnicas

Nº Medidor: MD ██████████ - TRIFASICO

Reside/Residencial

Leitura Anterior	Leitura Atual	Medido	Constante de Multiplicação	Total Faturado	Consumo Médio Diário	Data de Emissão	Próxima Leitura Prevista
04/04/2022 7356	03/05/2022 7707	29 dias 351 kWh	1	100 kWh	12,10 kWh	04/05/2022	02/06/2022

Histórico de Consumo e Pagamento

Mês	kWh	Dt.Pgto.	Valor
04/2022	505	22/04/2022	186,59
03/2022	556	21/03/2022	191,94
02/2022	352	21/02/2022	171,73
01/2022	593	21/01/2022	199,79
12/2021	557	21/12/2021	191,64
11/2021	414	22/11/2021	174,77
10/2021	563	21/10/2021	189,55
09/2021	414	21/09/2021	166,09
08/2021	287	20/08/2021	141,62
07/2021	344	21/07/2021	137,24
06/2021	323	21/06/2021	129,37
05/2021	326	21/05/2021	125,88

Valores Faturados

NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA N° 250.854.948 - SÉRIE B
Emitida em 01/05/2022

Produto Descrição	Un.	Consumo	Valor Unitário	Valor Total	Base Cál.	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO	kWh	100	0,427800	42,78	42,78	29,00%
ENERGIA ELET USO SISTEMA	kWh	100	0,399700	39,97	39,97	29,00%
ENERGIA TRIBUT DIFERENCIADA TE	kWh	251	0,288884	72,51	0,00	0,00%
ENERG TRIBUT DIFERENCIADA TUSD	kWh	251	0,380120	95,41	95,41	29,00%
ENERGIA CON B ESCASSEZ HID	kWh			7,97	7,97	29,00%
ENERGIA EQIV. INJ. BAND. ESC.H	kWh			13,51	0,00	0,00%
CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO				37,66		
COMP CONS MICRO/MINI GERACAO	kWh	251		-153,76		

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

Base de Cálculo do ICMS	Valor ICMS	Valor Total da Nota Fiscal
186,13	53,97	156,05
Reservado ao Fisco		
██████████		

Unidade consumidora cadastrada como Micro/MiniGeradora - ReN Aneel 482/12
Energia injetada no mês, na RD Copel, pela Mini/MicroGeradora Geral: 943 kWh
L 2054/21, aliq. ICMS composta por 27% ICMS e 2% FECOP. Autorização RE 7139/22
Demonstrativo de saldos desta unidade consumidora, em kWh - REN 482/2012. Saldo
Mês no (TP) Todos os Períodos 219. Saldo Acumulado no (TP) Todos os Períodos
3981. Saldo a Expirar Próximo Mês no (TP) Todos os Períodos 0. Obs.: o saldo de
cada beneficiária será apresentado em suas respectivas faturas.
INCLUSO NA FATURA PIS R\$0,57 E COFINS R\$2,59 CONFORME RES. ANEEL 130/2005.
A PARTIR DE 01/05/2022 - PIS/PASEP 1,09% e COFINS 5,04%.
A qualquer tempo pode ser solicitado o cancelamento de valores não relacionados
à prestação do serviço de energia elétrica, como convênios e doações.
A PARTIR DE 16/04 ESTÁ VIGENTE A BANDEIRA VERDE - OFÍCIO CIRCULAR 6/2022 ANEEL
Períodos Band. Tarif.: Escas Hidr: 05/04-03/05

Unidade Consumidora ██████████
Mês 05/2022

Vencimento 21/05/2022
Valor a Pagar 156,05



PAGUE COM PIX



Autenticação Mecânica



ANO	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Geração Efetiva Anual (kWh)	131967	131373	130782	130194	129608	129025	128444	127866	127291	126718
Tarifa com desconto (R\$/kWh)	R\$ 0,93	R\$ 0,98	R\$ 1,03	R\$ 1,08	R\$ 1,13	R\$ 1,19	R\$ 1,25	R\$ 1,31	R\$ 1,38	R\$ 1,45
Receita Bruta (R\$)	R\$ 122.994,35	R\$ 128.562,92	R\$ 134.383,60	R\$ 140.467,82	R\$ 146.827,50	R\$ 153.475,11	R\$ 160.423,70	R\$ 167.686,88	R\$ 175.278,91	R\$ 183.214,66
Custos fixos tarifa usina	R\$ 2.033,15	R\$ 2.134,80	R\$ 2.241,55	R\$ 2.353,62	R\$ 2.471,30	R\$ 2.594,87	R\$ 2.724,61	R\$ 2.860,84	R\$ 3.003,88	R\$ 3.154,08
Preço do aluguel/Ano	R\$ 120.961,20	R\$ 126.428,11	R\$ 132.142,06	R\$ 138.114,20	R\$ 144.356,20	R\$ 150.880,25	R\$ 157.699,09	R\$ 164.826,04	R\$ 172.275,02	R\$ 180.060,58
Receita Bruta	R\$ 120.961,20	R\$ 126.428,11	R\$ 132.142,06	R\$ 138.114,20	R\$ 144.356,20	R\$ 150.880,25	R\$ 157.699,09	R\$ 164.826,04	R\$ 172.275,02	R\$ 180.060,58
(-) Impostos sobre Locação	R\$ 4.415,08	R\$ 4.614,63	R\$ 4.823,19	R\$ 5.041,17	R\$ 5.269,00	R\$ 5.507,13	R\$ 5.756,02	R\$ 6.016,15	R\$ 6.288,04	R\$ 6.572,21
PIS	R\$ 786,25	R\$ 821,78	R\$ 858,92	R\$ 897,74	R\$ 938,32	R\$ 980,72	R\$ 1.025,04	R\$ 1.071,37	R\$ 1.119,79	R\$ 1.170,39
COFINS	R\$ 3.628,84	R\$ 3.792,84	R\$ 3.964,26	R\$ 4.143,43	R\$ 4.330,69	R\$ 4.526,41	R\$ 4.730,97	R\$ 4.944,78	R\$ 5.168,25	R\$ 5.401,82
(=) Receita Líquida	R\$ 116.546,12	R\$ 121.813,48	R\$ 127.318,87	R\$ 133.073,03	R\$ 139.087,19	R\$ 145.373,12	R\$ 151.943,07	R\$ 158.809,89	R\$ 165.986,98	R\$ 173.488,37
(-) OPEX	R\$ 16.997,52	R\$ 18.017,37	R\$ 19.098,42	R\$ 20.244,32	R\$ 21.458,98	R\$ 22.746,52	R\$ 24.111,31	R\$ 25.557,99	R\$ 27.091,47	R\$ 28.716,96
(=) EBITDA	R\$ 99.548,59	R\$ 103.796,11	R\$ 108.220,46	R\$ 112.828,71	R\$ 117.628,21	R\$ 122.626,60	R\$ 127.831,76	R\$ 133.251,90	R\$ 138.895,52	R\$ 144.771,41
Margem EBITDA (%)	82,30%	82,10%	81,90%	81,69%	81,48%	81,27%	81,06%	80,84%	80,62%	80,40%
(=) Lucros antes dos impostos	R\$ 99.548,59	R\$ 103.796,11	R\$ 108.220,46	R\$ 112.828,71	R\$ 117.628,21	R\$ 122.626,60	R\$ 127.831,76	R\$ 133.251,90	R\$ 138.895,52	R\$ 144.771,41
Base de Cálculo IRRPJ	R\$ 38.707,58	R\$ 40.457,00	R\$ 42.285,46	R\$ 44.196,54	R\$ 46.193,98	R\$ 48.281,68	R\$ 50.463,71	R\$ 52.744,33	R\$ 55.128,01	R\$ 57.619,39
Base de Cálculo CSLL	R\$ 38.707,58	R\$ 40.457,00	R\$ 42.285,46	R\$ 44.196,54	R\$ 46.193,98	R\$ 48.281,68	R\$ 50.463,71	R\$ 52.744,33	R\$ 55.128,01	R\$ 57.619,39
(-) Imposto de Renda	R\$ 9.289,82	R\$ 9.709,68	R\$ 10.148,51	R\$ 10.607,17	R\$ 11.086,56	R\$ 11.587,60	R\$ 12.111,29	R\$ 12.658,64	R\$ 13.230,72	R\$ 13.828,65
IR	R\$ 5.806,14	R\$ 6.068,55	R\$ 6.342,82	R\$ 6.629,48	R\$ 6.929,10	R\$ 7.242,25	R\$ 7.569,56	R\$ 7.911,65	R\$ 8.269,20	R\$ 8.642,91
CSLL	R\$ 3.483,68	R\$ 3.641,13	R\$ 3.805,69	R\$ 3.977,69	R\$ 4.157,46	R\$ 4.345,35	R\$ 4.541,73	R\$ 4.746,99	R\$ 4.961,52	R\$ 5.185,74
(=) Resultado Líquido	R\$ 90.258,77	R\$ 94.086,43	R\$ 98.071,95	R\$ 102.221,54	R\$ 106.541,66	R\$ 111.039,00	R\$ 115.720,47	R\$ 120.593,26	R\$ 125.664,79	R\$ 130.942,76
Margem Líquida (%)	74,62%	74,42%	74,22%	74,01%	73,80%	73,59%	73,38%	73,16%	72,94%	72,72%
CAPEX										
Fluxo de Caixa Líquido	R\$ 90.258,77	R\$ 94.086,43	R\$ 98.071,95	R\$ 102.221,54	R\$ 106.541,66	R\$ 111.039,00	R\$ 115.720,47	R\$ 120.593,26	R\$ 125.664,79	R\$ 130.942,76
Fluxo de Caixa Acumulado	R\$ 96.040,99	R\$ 190.127,42	R\$ 288.199,37	R\$ 390.420,90	R\$ 496.962,56	R\$ 608.001,56	R\$ 723.722,03	R\$ 844.315,29	R\$ 969.980,09	R\$ 1.100.922,85
VPL Fluxo de Caixa Líquido	R\$ 33.951,73	R\$ 31.319,95	R\$ 28.890,85	R\$ 26.648,91	R\$ 24.579,79	R\$ 22.670,22	R\$ 20.907,98	R\$ 19.281,75	R\$ 17.781,10	R\$ 16.396,38
VPL Fluxo de Caixa Acumulado	-R\$ 164.670,45	-R\$ 133.350,51	-R\$ 104.459,66	-R\$ 77.810,74	-R\$ 53.230,95	-R\$ 30.560,73	-R\$ 9.652,76	R\$ 9.628,99	R\$ 27.410,09	R\$ 43.806,47

ANO	18	19	20	21	22	23	24	25
Geração Efetiva Anual (kWh)	126147	125580	125015	124452	123892	123335	122780	122227
Tarifa com desconto (R\$/kWh)	R\$ 1,52	R\$ 1,59	R\$ 1,67	R\$ 1,76	R\$ 1,85	R\$ 1,94	R\$ 2,03	R\$ 2,14
Receita Bruta (R\$)	R\$ 191.509,70	R\$ 200.180,31	R\$ 209.243,47	R\$ 218.716,97	R\$ 228.619,38	R\$ 238.970,12	R\$ 249.789,49	R\$ 261.098,71
Custos fixos tarifa usina	R\$ 3.311,78	R\$ 3.477,37	R\$ 3.661,24	R\$ 3.833,80	R\$ 4.025,49	R\$ 4.226,77	R\$ 4.438,11	R\$ 4.660,01
Preço do aluguel/Ano	R\$ 188.197,92	R\$ 196.702,93	R\$ 205.592,23	R\$ 214.883,16	R\$ 224.593,88	R\$ 234.743,35	R\$ 245.351,39	R\$ 256.438,70
Receita Bruta	R\$ 188.197,92	R\$ 196.702,93	R\$ 205.592,23	R\$ 214.883,16	R\$ 224.593,88	R\$ 234.743,35	R\$ 245.351,39	R\$ 256.438,70
(-) Impostos sobre Locação	R\$ 6.869,22	R\$ 7.179,66	R\$ 7.504,12	R\$ 7.843,24	R\$ 8.197,68	R\$ 8.568,13	R\$ 8.955,33	R\$ 9.360,01
PIIS	R\$ 1.223,29	R\$ 1.278,57	R\$ 1.336,35	R\$ 1.396,74	R\$ 1.459,86	R\$ 1.525,83	R\$ 1.594,78	R\$ 1.666,85
COFINS	R\$ 5.645,94	R\$ 5.901,09	R\$ 6.167,77	R\$ 6.446,49	R\$ 6.737,82	R\$ 7.042,30	R\$ 7.360,54	R\$ 7.693,16
(=) Receita Líquida	R\$ 181.328,70	R\$ 189.523,28	R\$ 198.088,11	R\$ 207.039,93	R\$ 216.396,21	R\$ 226.175,22	R\$ 236.396,06	R\$ 247.078,69
(-) OPEX	R\$ 30.439,97	R\$ 32.266,37	R\$ 34.202,35	R\$ 36.254,50	R\$ 38.429,76	R\$ 40.735,55	R\$ 43.179,68	R\$ 45.770,46
(=) EBITDA	R\$ 150.888,72	R\$ 157.256,90	R\$ 163.885,76	R\$ 170.785,43	R\$ 177.966,44	R\$ 185.439,67	R\$ 193.216,38	R\$ 201.308,22
Margem EBITDA (%)	80,18%	79,95%	79,71%	79,48%	79,24%	79,00%	78,75%	78,50%
(=) Lucros antes dos impostos	R\$ 150.888,72	R\$ 157.256,90	R\$ 163.885,76	R\$ 170.785,43	R\$ 177.966,44	R\$ 185.439,67	R\$ 193.216,38	R\$ 201.308,22
Base de Cálculo IRPJ	R\$ 60.223,33	R\$ 62.944,94	R\$ 65.789,51	R\$ 68.762,61	R\$ 71.870,04	R\$ 75.117,87	R\$ 78.512,44	R\$ 82.060,38
Base de Cálculo CSLL	R\$ 60.223,33	R\$ 62.944,94	R\$ 65.789,51	R\$ 68.762,61	R\$ 71.870,04	R\$ 75.117,87	R\$ 78.512,44	R\$ 82.060,38
(-) Imposto de Renda	R\$ 14.453,60	R\$ 15.106,79	R\$ 15.789,48	R\$ 16.503,03	R\$ 17.248,81	R\$ 18.028,29	R\$ 18.842,99	R\$ 19.694,49
IR	R\$ 9.033,50	R\$ 9.441,74	R\$ 9.868,43	R\$ 10.314,39	R\$ 10.780,51	R\$ 11.267,68	R\$ 11.776,87	R\$ 12.309,06
CSLL	R\$ 5.420,10	R\$ 5.665,04	R\$ 5.921,06	R\$ 6.188,64	R\$ 6.468,30	R\$ 6.760,61	R\$ 7.066,12	R\$ 7.385,43
(=) Resultado Líquido	R\$ 136.435,12	R\$ 142.150,12	R\$ 148.096,27	R\$ 154.282,41	R\$ 160.717,63	R\$ 167.411,38	R\$ 174.373,39	R\$ 181.613,73
Margem Líquida (%)	72,50%	72,27%	72,03%	71,80%	71,56%	71,32%	71,07%	70,82%
CAPEX								
Fluxo de Caixa Líquido	R\$ 136.435,12	R\$ 142.150,12	R\$ 148.096,27	R\$ 154.282,41	R\$ 160.717,63	R\$ 167.411,38	R\$ 174.373,39	R\$ 181.613,73
Fluxo de Caixa Acumulado	R\$ 1.237.357,97	R\$ 1.379.508,09	R\$ 1.527.604,36	R\$ 1.681.886,77	R\$ 1.842.604,40	R\$ 2.010.015,78	R\$ 2.184.389,17	R\$ 2.366.002,90
VPL Fluxo de Caixa Líquido	R\$ 15.118,69	R\$ 13.939,81	R\$ 12.852,13	R\$ 11.848,66	R\$ 10.922,90	R\$ 10.068,87	R\$ 9.281,06	R\$ 8.554,36
VPL Fluxo de Caixa Acumulado	R\$ 58.925,16	R\$ 72.864,97	R\$ 85.717,10	R\$ 97.565,76	R\$ 108.488,65	R\$ 118.557,52	R\$ 127.838,58	R\$ 136.392,94

ANEXO H - Projeção do Fluxo de Caixa a partir de 2024

ANO	1	2	3	4	5	6	7	8
Gerção Efetiva Anual (KWh)	136200	135587	134977	134370	133765	133163	132564	131967
Tarifa com desconto (R\$/KWh)	R\$ 0,66	R\$ 0,70	R\$ 0,73	R\$ 0,77	R\$ 0,81	R\$ 0,85	R\$ 0,89	R\$ 0,93
Receita Bruta (R\$)	R\$ 90.213,43	R\$ 94.297,85	R\$ 98.567,18	R\$ 103.029,81	R\$ 107.694,48	R\$ 112.570,35	R\$ 117.666,97	R\$ 122.994,35
Custos fixos tarifa usina	R\$ 1.517,17	R\$ 1.599,02	R\$ 1.672,68	R\$ 1.756,31	R\$ 1.844,12	R\$ 1.936,33	R\$ 2.033,15	R\$ 2.134,80
TUSD Fio B	R\$ 8.093,58	R\$ 12.690,03	R\$ 17.686,09	R\$ 23.108,54	R\$ 28.985,73	R\$ 33.664,52	R\$ 35.188,68	R\$ 36.781,84
Preço do aluguel/Ano	R\$ 80.602,68	R\$ 80.014,79	R\$ 79.208,41	R\$ 78.164,96	R\$ 76.864,62	R\$ 76.969,51	R\$ 80.445,15	R\$ 84.077,70
Receita Bruta	R\$ 80.602,68	R\$ 80.014,79	R\$ 79.208,41	R\$ 78.164,96	R\$ 76.864,62	R\$ 76.969,51	R\$ 80.445,15	R\$ 84.077,70
(-) Impostos sobre Locação	R\$ 2.942,00	R\$ 2.920,54	R\$ 2.891,11	R\$ 2.853,02	R\$ 2.805,56	R\$ 2.809,39	R\$ 2.936,25	R\$ 3.068,84
PIIS	R\$ 523,92	R\$ 520,10	R\$ 514,85	R\$ 508,07	R\$ 499,62	R\$ 500,30	R\$ 522,89	R\$ 546,51
COFINS	R\$ 2.418,08	R\$ 2.400,44	R\$ 2.376,25	R\$ 2.344,95	R\$ 2.305,94	R\$ 2.309,09	R\$ 2.413,35	R\$ 2.522,33
(=) Receita Líquida	R\$ 77.660,69	R\$ 77.094,25	R\$ 76.317,30	R\$ 75.311,94	R\$ 74.059,07	R\$ 74.160,12	R\$ 77.508,90	R\$ 81.008,86
(-) OPEX	R\$ 11.304,32	R\$ 11.982,58	R\$ 12.701,54	R\$ 13.463,63	R\$ 14.271,45	R\$ 15.127,73	R\$ 16.035,40	R\$ 16.997,52
(=) EBITDA	R\$ 66.356,36	R\$ 65.111,67	R\$ 63.615,77	R\$ 61.848,31	R\$ 59.787,62	R\$ 59.032,38	R\$ 61.473,50	R\$ 64.011,34
Margem EBITDA (%)	82,33%	81,37%	80,31%	79,13%	77,78%	76,70%	76,42%	76,13%
(=) Lucros antes dos impostos	R\$ 66.356,36	R\$ 65.111,67	R\$ 63.615,77	R\$ 61.848,31	R\$ 59.787,62	R\$ 59.032,38	R\$ 61.473,50	R\$ 64.011,34
Base de Cálculo IRPJ	R\$ 25.792,86	R\$ 25.604,73	R\$ 25.346,69	R\$ 25.012,79	R\$ 24.596,68	R\$ 24.630,24	R\$ 25.742,45	R\$ 26.904,86
Base de Cálculo CSLL	R\$ 25.792,86	R\$ 25.604,73	R\$ 25.346,69	R\$ 25.012,79	R\$ 24.596,68	R\$ 24.630,24	R\$ 25.742,45	R\$ 26.904,86
(-) Imposto de Renda	R\$ 6.190,29	R\$ 6.145,14	R\$ 6.083,21	R\$ 6.003,07	R\$ 5.903,20	R\$ 5.911,26	R\$ 6.178,19	R\$ 6.457,17
IR	R\$ 3.868,93	R\$ 3.840,71	R\$ 3.802,00	R\$ 3.751,92	R\$ 3.689,50	R\$ 3.694,54	R\$ 3.861,37	R\$ 4.035,73
CSLL	R\$ 2.321,36	R\$ 2.304,43	R\$ 2.281,20	R\$ 2.251,15	R\$ 2.213,70	R\$ 2.216,72	R\$ 2.316,82	R\$ 2.421,44
(=) Resultado Líquido	R\$ 60.166,08	R\$ 58.966,53	R\$ 57.532,56	R\$ 55.845,24	R\$ 53.884,42	R\$ 53.121,13	R\$ 55.295,32	R\$ 57.554,17
Margem Líquida (%)	74,65%	73,69%	72,63%	71,45%	70,10%	69,02%	68,74%	68,45%
CAPEX	-R\$ 530.905,84	-R\$ 60.166,08	-R\$ 58.966,53	-R\$ 57.532,56	-R\$ 55.845,24	-R\$ 53.884,42	-R\$ 53.121,13	-R\$ 55.295,32
Fluxo de Caixa Líquido	-R\$ 530.905,84	R\$ 60.166,08	R\$ 58.966,53	R\$ 57.532,56	R\$ 55.845,24	R\$ 53.884,42	R\$ 53.121,13	R\$ 55.295,32
Fluxo de Caixa Acumulado	-R\$ 530.905,84	-R\$ 470.739,76	-R\$ 411.773,23	-R\$ 354.240,67	-R\$ 298.395,43	-R\$ 244.511,01	-R\$ 191.389,89	-R\$ 136.094,57
VPL Fluxo de Caixa Líquido	-R\$ 530.905,84	R\$ 53.244,32	R\$ 46.179,44	R\$ 39.872,95	R\$ 34.250,93	R\$ 29.246,30	R\$ 25.515,06	R\$ 23.503,86
VPL Fluxo de Caixa Acumulado	-R\$ 530.905,84	-R\$ 477.661,52	-R\$ 431.482,08	-R\$ 391.609,13	-R\$ 357.358,20	-R\$ 328.111,90	-R\$ 302.596,83	-R\$ 279.092,97

LCOE	R\$ 0,28
Taxa de atratividade	13%
TIR	11,25%
CAPEX	R\$ 530.905,84

Tarifa atual	R\$ 0,82795
TUSD Fio B	R\$ 0,17967
Resquite energia	5,0%
Desconto na tarifa	20,00%
Inflação	6,00%

ANO	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Gerção Efetiva Anual (kWh)	131373	130782	130194	129608	129025	128444	127866	127291	126718	126147
Tarifa com desconto (R\$/kWh)	R\$ 0,98	R\$ 1,03	R\$ 1,08	R\$ 1,13	R\$ 1,19	R\$ 1,25	R\$ 1,31	R\$ 1,38	R\$ 1,45	R\$ 1,52
Receita Bruta (R\$)	R\$ 128.562,92	R\$ 134.383,60	R\$ 140.467,82	R\$ 146.827,50	R\$ 153.475,11	R\$ 160.423,70	R\$ 167.686,88	R\$ 175.278,91	R\$ 183.214,66	R\$ 191.509,70
Custos fixos tarifa usina	R\$ 2.241,55	R\$ 2.353,62	R\$ 2.471,30	R\$ 2.594,87	R\$ 2.724,61	R\$ 2.860,84	R\$ 3.003,88	R\$ 3.154,08	R\$ 3.311,78	R\$ 3.477,37
TUSD Fio B	R\$ 38.447,14	R\$ 40.187,84	R\$ 42.007,34	R\$ 43.909,22	R\$ 45.897,21	R\$ 47.975,21	R\$ 50.147,29	R\$ 52.417,70	R\$ 54.790,92	R\$ 57.271,58
Preço do aluguel/Ano	R\$ 87.874,23	R\$ 91.842,14	R\$ 95.989,18	R\$ 100.323,41	R\$ 104.853,29	R\$ 109.587,65	R\$ 114.535,71	R\$ 119.707,12	R\$ 125.111,96	R\$ 130.760,76
Receita Bruta	R\$ 87.874,23	R\$ 91.842,14	R\$ 95.989,18	R\$ 100.323,41	R\$ 104.853,29	R\$ 109.587,65	R\$ 114.535,71	R\$ 119.707,12	R\$ 125.111,96	R\$ 130.760,76
(-) Impostos sobre Locação	R\$ 3.207,41	R\$ 3.352,24	R\$ 3.503,60	R\$ 3.661,80	R\$ 3.827,15	R\$ 3.999,95	R\$ 4.180,55	R\$ 4.369,31	R\$ 4.566,59	R\$ 4.772,77
PIIS	R\$ 571,18	R\$ 596,97	R\$ 623,93	R\$ 652,10	R\$ 681,55	R\$ 712,32	R\$ 744,48	R\$ 778,10	R\$ 813,23	R\$ 849,94
COFINS	R\$ 2.636,23	R\$ 2.755,26	R\$ 2.879,68	R\$ 3.009,70	R\$ 3.145,60	R\$ 3.287,63	R\$ 3.436,07	R\$ 3.591,21	R\$ 3.753,36	R\$ 3.922,82
(=) Receita Líquida	R\$ 84.666,82	R\$ 88.489,90	R\$ 92.485,57	R\$ 96.661,60	R\$ 101.026,14	R\$ 105.587,70	R\$ 110.355,16	R\$ 115.337,81	R\$ 120.545,37	R\$ 125.987,99
(-) OPEX	R\$ 18.017,37	R\$ 19.098,42	R\$ 20.244,32	R\$ 21.458,98	R\$ 22.746,52	R\$ 24.111,31	R\$ 25.557,99	R\$ 27.091,47	R\$ 28.716,96	R\$ 30.439,97
(=) EBITDA	R\$ 66.649,45	R\$ 69.391,49	R\$ 72.241,25	R\$ 75.202,62	R\$ 78.279,63	R\$ 81.476,39	R\$ 84.797,17	R\$ 88.246,35	R\$ 91.828,42	R\$ 95.548,01
Margem EBITDA (%)	75,85%	75,56%	75,26%	74,96%	74,66%	74,35%	74,04%	73,72%	73,40%	73,07%
(=) Lucros antes dos impostos	R\$ 66.649,45	R\$ 69.391,49	R\$ 72.241,25	R\$ 75.202,62	R\$ 78.279,63	R\$ 81.476,39	R\$ 84.797,17	R\$ 88.246,35	R\$ 91.828,42	R\$ 95.548,01
Base de Cálculo IRPJ	R\$ 28.119,75	R\$ 29.389,49	R\$ 30.716,54	R\$ 32.103,49	R\$ 33.553,05	R\$ 35.068,05	R\$ 36.651,43	R\$ 38.306,28	R\$ 40.035,83	R\$ 41.843,44
Base de Cálculo CSLL	R\$ 28.119,75	R\$ 29.389,49	R\$ 30.716,54	R\$ 32.103,49	R\$ 33.553,05	R\$ 35.068,05	R\$ 36.651,43	R\$ 38.306,28	R\$ 40.035,83	R\$ 41.843,44
(-) Imposto de Renda	R\$ 6.748,74	R\$ 7.053,48	R\$ 7.371,97	R\$ 7.704,84	R\$ 8.052,73	R\$ 8.416,33	R\$ 8.796,34	R\$ 9.193,51	R\$ 9.608,60	R\$ 10.042,43
IR	R\$ 4.217,96	R\$ 4.408,42	R\$ 4.607,48	R\$ 4.815,52	R\$ 5.032,96	R\$ 5.260,21	R\$ 5.497,71	R\$ 5.745,94	R\$ 6.005,37	R\$ 6.276,52
CSLL	R\$ 2.530,78	R\$ 2.645,05	R\$ 2.764,49	R\$ 2.889,31	R\$ 3.019,77	R\$ 3.156,12	R\$ 3.298,63	R\$ 3.447,57	R\$ 3.603,22	R\$ 3.765,91
(=) Resultado Líquido	R\$ 59.900,71	R\$ 62.338,01	R\$ 64.869,28	R\$ 67.497,79	R\$ 70.226,89	R\$ 73.060,06	R\$ 76.000,83	R\$ 79.052,84	R\$ 82.219,82	R\$ 85.505,59
Margem Líquida (%)	68,17%	67,88%	67,58%	67,28%	66,98%	66,67%	66,36%	66,04%	65,72%	65,39%
CAPEX										
Fluxo de Caixa Líquido	R\$ 59.900,71	R\$ 62.338,01	R\$ 64.869,28	R\$ 67.497,79	R\$ 70.226,89	R\$ 73.060,06	R\$ 76.000,83	R\$ 79.052,84	R\$ 82.219,82	R\$ 85.505,59
Fluxo de Caixa Acumulado	-R\$ 18.639,69	R\$ 43.698,52	R\$ 108.567,60	R\$ 176.065,39	R\$ 246.292,28	R\$ 319.352,34	R\$ 395.353,16	R\$ 474.406,00	R\$ 556.625,82	R\$ 642.131,41
VPL Fluxo de Caixa Líquido	R\$ 19.940,04	R\$ 18.364,05	R\$ 16.911,27	R\$ 15.572,14	R\$ 14.337,84	R\$ 13.200,24	R\$ 12.151,83	R\$ 11.185,68	R\$ 10.295,39	R\$ 9.475,07
VPL Fluxo de Caixa Acumulado	-R\$ 237.503,37	-R\$ 219.139,31	-R\$ 202.228,04	-R\$ 186.655,91	-R\$ 172.318,07	-R\$ 159.117,83	-R\$ 146.966,00	-R\$ 135.780,32	-R\$ 125.484,93	-R\$ 116.009,86

ANO	19	20	21	22	23	24	25
Gerção Efetiva Anual (kWh)	125580	125015	124452	123892	123335	122780	122227
Tarifa com desconto (R\$/kWh)	R\$ 1,59	R\$ 1,67	R\$ 1,76	R\$ 1,85	R\$ 1,94	R\$ 2,03	R\$ 2,14
Receita Bruta (R\$)	R\$ 200.180,31	R\$ 209.243,47	R\$ 218.716,97	R\$ 228.619,38	R\$ 238.970,12	R\$ 249.789,49	R\$ 261.098,71
Custos fixos tarifa usina	R\$ 3.651,24	R\$ 3.833,80	R\$ 4.025,49	R\$ 4.226,77	R\$ 4.438,11	R\$ 4.660,01	R\$ 4.893,01
TUSD Fio B	R\$ 59.864,55	R\$ 62.574,91	R\$ 65.407,99	R\$ 68.369,34	R\$ 71.464,76	R\$ 74.700,33	R\$ 78.082,39
Preço do aluguel/Ano	R\$ 136.664,52	R\$ 142.834,75	R\$ 149.283,48	R\$ 156.023,27	R\$ 163.067,25	R\$ 170.429,15	R\$ 178.123,31
Receita Bruta	R\$ 136.664,52	R\$ 142.834,75	R\$ 149.283,48	R\$ 156.023,27	R\$ 163.067,25	R\$ 170.429,15	R\$ 178.123,31
(-) Impostos sobre Locação	R\$ 4.988,25	R\$ 5.213,47	R\$ 5.448,85	R\$ 5.694,85	R\$ 5.951,95	R\$ 6.220,66	R\$ 6.501,50
PIIS	R\$ 888,32	R\$ 928,43	R\$ 970,34	R\$ 1.014,15	R\$ 1.059,94	R\$ 1.107,79	R\$ 1.157,80
COFINS	R\$ 4.099,94	R\$ 4.285,04	R\$ 4.478,50	R\$ 4.680,70	R\$ 4.892,02	R\$ 5.112,87	R\$ 5.343,70
(=) Receita Líquida	R\$ 131.676,26	R\$ 137.621,28	R\$ 143.834,63	R\$ 150.328,42	R\$ 157.115,30	R\$ 164.208,49	R\$ 171.621,81
(-) OPEX	R\$ 32.266,37	R\$ 34.202,35	R\$ 36.254,50	R\$ 38.429,76	R\$ 40.735,55	R\$ 43.179,68	R\$ 45.770,46
(=) EBITDA	R\$ 99.409,89	R\$ 103.418,93	R\$ 107.580,14	R\$ 111.898,66	R\$ 116.379,75	R\$ 121.028,80	R\$ 125.851,35
Margem EBITDA (%)	72,74%	72,40%	72,06%	71,72%	71,37%	71,01%	70,65%
(=) Lucros antes dos impostos	R\$ 99.409,89	R\$ 103.418,93	R\$ 107.580,14	R\$ 111.898,66	R\$ 116.379,75	R\$ 121.028,80	R\$ 125.851,35
Base de Cálculo IRPJ	R\$ 43.732,65	R\$ 45.707,12	R\$ 47.770,71	R\$ 49.927,45	R\$ 52.181,52	R\$ 54.537,33	R\$ 56.999,46
Base de Cálculo CSLL	R\$ 43.732,65	R\$ 45.707,12	R\$ 47.770,71	R\$ 49.927,45	R\$ 52.181,52	R\$ 54.537,33	R\$ 56.999,46
(-) Imposto de Renda	R\$ 10.495,84	R\$ 10.969,71	R\$ 11.464,97	R\$ 11.982,59	R\$ 12.523,56	R\$ 13.088,96	R\$ 13.679,87
IR	R\$ 6.559,90	R\$ 6.856,07	R\$ 7.165,61	R\$ 7.489,12	R\$ 7.827,23	R\$ 8.180,60	R\$ 8.549,92
CSLL	R\$ 3.935,94	R\$ 4.113,64	R\$ 4.299,36	R\$ 4.493,47	R\$ 4.696,34	R\$ 4.908,36	R\$ 5.129,95
(=) Resultado Líquido	R\$ 88.914,06	R\$ 92.449,22	R\$ 96.115,17	R\$ 99.916,07	R\$ 103.856,18	R\$ 107.939,85	R\$ 112.171,48
Margem Líquida (%)	65,06%	64,72%	64,38%	64,04%	63,69%	63,33%	62,97%
CAPEX							
Fluxo de Caixa Líquido	R\$ 88.914,06	R\$ 92.449,22	R\$ 96.115,17	R\$ 99.916,07	R\$ 103.856,18	R\$ 107.939,85	R\$ 112.171,48
Fluxo de Caixa Acumulado	R\$ 731.045,47	R\$ 823.494,69	R\$ 919.609,85	R\$ 1.019.525,92	R\$ 1.123.382,10	R\$ 1.231.321,95	R\$ 1.343.493,43
VPL Fluxo de Caixa Líquido	R\$ 8.719,27	R\$ 8.022,96	R\$ 7.381,50	R\$ 6.790,62	R\$ 6.246,38	R\$ 5.745,12	R\$ 5.283,50
VPL Fluxo de Caixa Acumulado	-R\$ 107.290,59	-R\$ 99.267,63	-R\$ 91.886,13	-R\$ 85.095,51	-R\$ 78.849,13	-R\$ 73.104,01	-R\$ 67.820,52