

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

AMUNIKE JORGE MOREIRA FERNANDES

**ANÁLISE DA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA COM ÊNFASE NA
DESCENTRALIZAÇÃO**

**Bagé
2022**

AMUNIKE JORGE MOREIRA FERNANDES

**ANÁLISE DA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA COM ÊNFASE NA
DESCENTRALIZAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia de
Energia da Universidade Federal do
Pampa, como requisito parcial para
obtenção do Título de Bacharel em
Engenharia de Energia

Orientadora: Sabrina Neves da Silva

**Bagé
2022**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

F363a Fernandes, Amunike Jorge Moreira

ANÁLISE DA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA COM ÊNFASE NA
DESCENTRALIZAÇÃO / Amunike Jorge Moreira Fernandes.

72 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade
Federal do Pampa, ENGENHARIA DE ENERGIA, 2022.

"Orientação: Sabrina Neves Da Silva".

1. Matriz energética brasileira . 2. Geração distribuída .
3. Energia solar . 4. Descentralização . I. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal do Pampa

AMUNIKE JORGE MOREIRA FERNANDES

ANÁLISE DA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA COM ÊNFASE NA DESCENTRALIZAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Energia da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para o Título de Bacharel em Engenharia de Energia.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em 09 de agosto de 2022.

Banca examinadora:

Prof. Dra. Sabrina Neves da Silva
Orientadora
UNIPAMPA

Prof. Dr. Luciano Vieceli Taveira
UNIPAMPA

Profa. Dr. Marcelo Romero de Moraes
UNIPAMPA



Assinado eletronicamente por **SABRINA NEVES DA SILVA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 08/08/2022, às 17:53, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **LUCIANO VIECELI TAVEIRA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 09/08/2022, às 15:06, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **MARCELO ROMERO DE MORAES, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 09/08/2022, às 15:27, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0882482** e o código CRC **5B9128D3**.

Dedico este trabalho aos meus pais, a todos os meus irmãos, e meus amigos que sempre me apoiaram em todo o período da minha graduação.

AGRADECIMENTO

À Prof^a. Dr^a. Sabrina Neves que disponibilizou o seu tempo a me orientar e oferecendo todo suporte necessário para conclusão desse trabalho, disponibilizando seu tempo para conversas e de troca de ideias, dedico também aos demais profissionais do curso que tiveram a sua contribuição na minha graduação.

Meus agradecimentos a toda minha família minha mãe Edna e meu Pai Jorge, e a minha Avó Adelina, e aos meus irmãos, Igor, Elder, Nélida, Danilson e em especial a Ineida e Eunice que me sempre estiveram me apoiando dando suporte para que eu não desistisse dos meus objetivos, ao meu Tio Antero Freire que foi minha inspiração. Agradeço a minha namorada Beatriz que sempre esteve ao meu lado me apoiando me dando todo apoio e carinho, sempre, e agradeço os meus amigos que foram muito importantes para mim e dando todo apoio necessário.

Agradeço ao Povo Brasileiro por ter me acolhido de braços abertos, a Universidade Federal do Pampa que me deu a oportunidade de estudar e ter uma formação, e um muito obrigado a todos os meus colegas de curso que contribuíram na minha formação.

“A grandeza da vida não consiste em não cair, mas sim em levantarmos cada vez que cairmos”

Nelson Mandela

RESUMO

A energia elétrica é um dos pilares do desenvolvimento de um país ou uma região em quase todas as áreas, com isso suportar e garantir energia elétrica de forma ininterrupta, com menor custo de produção e utilizando melhor os recursos renováveis existentes é um dos desafios para o setor energético brasileiro. Uma matriz energética diversificada viabiliza estudos com a finalidade de analisar as melhores formas de produção de energia, melhorar a eficiência na produção, garantir uma melhor sustentabilidade do setor e, conseqüentemente, reduzir impactos ambientais causados por eles. No ano de 2021, ocorreu uma das maiores crises hídricas dos últimos 90 anos e impactando diretamente no setor energético brasileiro enfatizando ainda mais a necessidade de novos recursos energéticos. Entre as fontes de produção energia elétrica renovável, a solar fotovoltaica tem conquistado cada vez mais espaço no mercado Brasileiro, tanto no modo centralizado de geração de energia, por meio das usinas solares, mas também da forma descentralizada, através da geração distribuída, que permite a qualquer indivíduo, ter seu próprio sistema gerador de energia, interligado à rede de distribuição de sua localidade, ou até mesmo fazer o consumo da energia gerada de forma remota. Baseado nestes aspectos, no presente trabalho analisou-se a matriz energética brasileira e propôs-se um projeto fotovoltaico residencial descentralizado como estudo de caso. Os resultados permitiram observar que mesmo com uma representatividade reduzida entre as demais matrizes de energia elétrica no Brasil, o segmento fotovoltaico demonstra um grande crescimento nos últimos 10 anos. Atualmente no Brasil existe mais de 1.360.950 unidades consumidoras contempladas com sistemas solares e 1.073.240 sistemas conectados na rede, e se seguir nesse ritmo de crescimento esses valores podem aumentar em 3 vezes em um período de 5 anos. Sobre o estudo de caso, projetou-se um sistema com capacidade de 13,63 kWp O retorno do investimento estimado foi de 4 anos e meio para um investimento de R\$74.799,52. Essa viabilidade econômica foi possível pela redução de custos à unidade consumidora seguindo as diretrizes da resolução normativa nº 482/2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Palavras-chave: Matriz energética. Crise hídrica. Energias renováveis. Descentralização da oferta energética. Energia solar.

ABSTRACT

Electrical energy is the pillar of the development of a country or a region in almost all areas, given this, supporting and guaranteeing electrical energy without interruption, with a lower cost of production, and better utilization of renewable resources is one of the many challenges for the Brazilian energy sector. The objective of the diverse electrical matrix is to analyze better ways to produce energy, improve the efficiency in production, guarantee better sustainability in the sector, and consequently, reduce the environmental impact caused by it. In 2021, one of the biggest hydric crises occurred within the last 90 years and directly impacted the Brazilian energy sector, emphasizing the need for new energetic resources. From the sources of production for renewable electrical energy, the solar photovoltaic has taken up more market share each time in Brazil. Both the centralized model of energy generated, for the solar plant, but also in the decentralized form, through distributed generations, permitted any person to have access to a system generating energy, interconnected to the network distributed in their locality, or until the consumption of generated energy is reached remotely. Based on these aspects, this study analyzes the Brazilian energy matrix and proposes a photovoltaic project decentralized for residences specifically through case studies. The results showed that despite the low representation of photovoltaic projects compared to other electric energy matrices in Brazil, the photovoltaic projects demonstrated significant growth in the last 10 years. Currently, in Brazil, there are more than 1,360,950 units consumed by solar systems and 1,073,240 systems connected to the grid, and if this growth rate continues, these values can multiple 3 times over a 5-year period. The case study projected a system with a capacity of 13.63 kWp. The time of the return on investment is estimated to be 4.5 years which would cost R\$74,799.52. This economic viability was possible through the reduction of costs for each consumer unit following the order of resolution nº 482/2012 of the National Electric Energy Agency (ANEEL).

Keywords: Energy matrix. Hydric crisis. Renewable energies. Decentralization of energy. Solar energy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Evolução das fontes de energia	21
Figura 2 - Matriz Elétrica brasileira	23
Figura 3 - Matriz elétrica mundial em 2019	24
Figura 4 - Participação das fontes renováveis e não renovável para geração de energia No Brasil e no Mundo	24
Figura 5 - Participação de renováveis na OIE	25
Figura 6- Oferta interna de Energia de 1970 a 2020	26
Figura 7- Produção de Energia Primária Brasileira de 1970 a 2020 (%)	26
Figura 8- Produção de Energia Primária Brasileira por Fontes de 1970 a 2020 (%)	27
Figura 9 -Produção de energia primária brasileira por fontes de 1970 a 2020 (em valores absolutos)	27
Figura 10- Composição setorial de consumo de eletricidade	28
Figura 11 - Fluxograma da metodologia de estudo adotada	39
Figura 12- Fluxograma de elaboração de projeto.....	41
Figura 13- Matriz elétrica 2020/2021	43
Figura 14- Matriz energética brasileira 2050	44
Figura 15- Participação de energias renováveis na matriz elétrica em 2050	44
Figura 16- Potencial de energia fotovoltaica no Brasil	45
Figura 17- Evolução da fonte solar fotovoltaica no Brasil.....	46
Figura 18- Geração distribuída por classe de consumo	46
Figura 19- Benefícios da fonte solar ao Brasil.....	47
Figura 20- Benefícios da energia solar.....	48
Figura 21- Estrutura principal de um sistema conectado à rede	49
Figura 22- Diagrama Trifilar.....	50
Figura 23- Disposição dos módulos e diagrama unifilar	51
Figura 24- Forma de montagem.....	51
Figura 25- Payback	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Benefícios da descentralização na produção de energia	37
Tabela 2 - Cálculo de payback	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL - Agencia Nacional de Energia Elétrica

EPE - Empresa de Pesquisa Energética

GEE - Gases de Efeito Estufa

GD - Geração Distribuída

kWh - Kilo watt-hora

KWp - kilo watt pico

TWh - Terra watt-hora

MMGD - minigeração e microgeração distribuída

MME - Ministério De Minas e Energia

Mtep - milhões de toneladas de petróleo

MW - Megawatt

Tep - Toneladas equivalentes de petróleo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Objetivo geral	17
1.2 Objetivos específicos	17
1.3 Relação com o curso	17
1.4 Estrutura do trabalho	17
2 REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1 Recursos energéticos	19
2.1.1 Fontes de energias	21
2.1.2 Energias renováveis	21
2.1.3 Energias não renováveis	22
2.2 Matriz energética brasileira	22
2.2.1 Potencial de recursos energéticos Brasileiro	29
2.4 Crise hídrica e energias alternativas	30
2.5 Geração distribuída	32
2.5.1 Políticas de incentivo à geração distribuída	33
2.5.2 Descentralização da produção de energia	34
2.5.3 Benefícios da descentralização na produção de energia	36
3 METODOLOGIA	38
3.1 Planejamento da pesquisa	39
4 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS	43
4.1 Matriz energética	43
4.2 Estratégia de descentralização adotada	45
4.2.1 Energia solar fotovoltaica	45
4.3 Modelo de projeto desenvolvido	48
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	53

REFERÊNCIAS.....	54
ANEXO A- ARTIGO COMPLETO.....	60
ANEXO B - CÁLCULO DE <i>PAYBACK</i>.....	72

1 INTRODUÇÃO

O setor energético brasileiro é cada vez mais dinâmico e passa por mudanças estruturais significativas em consequência das dimensões territoriais e do regime de chuva que é cada vez menos previsível (MERCEDDES *et. al.*, 2015).

O modelo elétrico brasileiro é predominantemente hídrico e sensível a períodos de estiagem. Dessa forma, podem ocorrer reduções dos níveis de armazenamento de água dos reservatórios e levar a períodos de racionamento. No contexto em questão, ganham notoriedade as gerações descentralizadas, principalmente de origem renovável, tais como a eólica e a solar (MERCEDDES *et. al.*, 2015).

Dentre as energias renováveis, se destaca a energia solar obtida por sistemas fotovoltaicos a qual depende exclusivamente da luz do sol. Esse destaque se deve principalmente a algumas vantagens relevantes em relação às demais energias renováveis (SILVA, 2015).

Uma destas vantagens é que sua implementação causa um impacto ambiental significativamente menor do que a implementação das usinas hidrelétricas, por exemplo, as quais tendem a mudar drasticamente o ecossistema em seus arredores. Outro ponto é que durante a geração, a planta fotovoltaica gera uma quantidade quase nula de ruídos e vibração, diferente da energia eólica (SILVA, 2015).

Consequentemente, o uso destes sistemas em aplicações domésticas e comerciais tem aumentado significativamente na última década em função: i) da redução das perdas na transmissão e distribuição ; ii) da possibilidade de reverter o excedente de eletricidade gerado para a concessionária de energia; iii) da conscientização geral; III) dos subsídios oferecidos pelos governos e iv) dos avanços tecnológicos que reduziram consideravelmente o custo de energia por quilowatt-hora (kWh) (LUIZ; SILVA, 2017).

Deste modo, existe uma nova dinâmica em curso com a geração descentralizada de energia. Isso significa, por exemplo, geração de energia renovável através de painéis solares fotovoltaicos e turbinas eólicas espalhados por telhados e/ou dispersos em hectares de terras agrícolas em localidades isoladas (SILVA *et. al.*, 2019).

É crescente a preocupação sobre a natureza finita dos combustíveis fósseis e sobre os danos ambientais por eles causados tais como: emissões de gases de efeito estufa e o aquecimento global (SILVA, 2015).

Segundo Silva (2015), o aumento do impacto ambiental motiva o uso de energia renovável para redução da dependência dos combustíveis fósseis e, conseqüentemente, dos danos causados por eles.

Ainda segundo o autor supracitado, um sistema energético renovável e descentralizado é uma alternativa para um ecossistema mais resiliente e menos dependente de combustíveis fósseis (SILVA, 2015).

Além da descentralização, a descarbonização e a digitalização compõem os 3Ds de energia que fomentam a construção de um novo modelo de mercado (BERNI, 2021).

No Brasil, a essência da descentralização do setor elétrico está na geração distribuída (GD). Com a normatização da geração distribuída em 2012 e a criação do marco da GD em 2022, o modelo tradicional de geração centralizada passa por mudanças significativas. Com uma demanda descentralizada, a estrutura se torna mais complexa, demandando mais tecnologia para controlar toda a operação (BERNI, 2021).

Conforme o EPE (2020), O Plano Decenal de Expansão de Energia 2030 (PDE 2030) mostra uma expansão significativa da geração distribuída de 4,2 GW em 2020 para 24,5 GW em 2030, enquanto há uma redução da capacidade instalada de carvão, diesel e óleo, um reflexo da descarbonização.

A descentralização do sistema energético também estimula a criação de novos modelos de negócios e o uso de outras fontes ainda não tão exploradas como o biogás, produzido através da biomassa, e o hidrogênio. Ambas as opções são mais sustentáveis que os combustíveis fósseis, mas ainda estão se desenvolvendo, principalmente no Brasil, atraindo novos interesses, conforme o custo-benefício dessas opções vão se tornando mais viáveis (BERNI, 2021).

Portanto, um sistema energético descentralizado estimula o investimento em novas fontes, trazendo novas oportunidades para o mercado e contribuindo com a preservação do meio ambiente e a diminuição do aquecimento global (BERNI, 2021).

Baseado nestes aspectos, no presente trabalho analisou-se a matriz energética brasileira e propôs-se um projeto fotovoltaico residencial descentralizado como estudo de caso. Para analisar a matriz energética, foi realizada uma pesquisa bibliográfica,

utilizando dados fornecidos por fontes oficiais como a ANEEL, EPE, ABSOLAR, MME além de artigos acadêmicos, teses e dissertações publicados nos últimos 10 anos. Após, seguiu-se para o projeto de geração fotovoltaica residencial e estudo de viabilidade financeira.

1.1 Objetivo geral

Este trabalho objetiva estudar a matriz energética brasileira e demonstrar o desafio ligado à expansão da descentralização do setor elétrico e como integrar, de forma eficaz, os diversos sistemas descentralizados que surgirem como alternativa ao sistema centralizado existente, de tal modo que se garanta a segurança energética e, ao mesmo tempo, redunde em menores perdas econômicas e ambientais nessa transformação.

1.2 Objetivos específicos

- Analisar a matriz energética brasileira nos últimos 10 anos.
- Propor estratégias de descentralização da oferta energética com ênfase na energia fotovoltaica.
- Propor um projeto de instalação descentralizado de energia fotovoltaica residencial.

1.3 Relação com o curso

Todos os conhecimentos adquiridos ao longo da graduação em Engenharia de Energia foram cruciais para o desenvolvimento deste trabalho. Conceitos que foram abordados em diferentes disciplinas ao longo da graduação como Análise de Sistemas Elétricos de Potência, Radiação Solar, Energia Solar, Conservação e Eficiência Energética entre outros. Assuntos abordados nas disciplinas como conhecimento de sistema elétrico brasileiro, noções sobre eficiência energética e as suas aplicações.

Além disso, projetos extraclasse como bolsas de ensino e extensão realizadas durante a graduação contribuíram de forma significativamente na realização desse trabalho.

1.4 Estrutura do trabalho

O presente trabalho encontra-se dividido em 4 capítulos. O primeiro capítulo contém a introdução do tema proposto. Nele é contextualizado o tema, são

apresentados os objetivos, é justificada a relevância do trabalho e a relação do tema com a estrutura curricular do curso de Engenharia de Energia.

O segundo capítulo é dedicado ao referencial teórico, cuja finalidade é a abordagem dos principais temas relacionados ao trabalho: matriz energética brasileira, descentralização da oferta de energia, crise hídrica geração distribuída. O terceiro capítulo é dedicado aos procedimentos metodológicos realizados. O quarto capítulo é dedicado aos resultados obtidos. Por fim, serão apresentadas as considerações finais e as atividades futuras.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Os modelos tradicionais de geração e fornecimento de energia baseiam-se no conceito de geração centralizada de energia, a partir de grandes usinas, com posterior transmissão e distribuição através de linhas de longa distância, em especial em países de dimensões continentais como o Brasil (Empresa de Pesquisa Energética, 2020).

Entretanto, com a exploração cada vez mais intensa de fontes renováveis e alternativas de energia, tem-se observado um crescimento significativo da geração distribuída ou descentralizada para substituição das fontes tradicionais de energia, tais como o petróleo, o gás natural, o carvão, entre outras usualmente associadas ao modelo de geração centralizada (BERNI, 2021).

Portanto, o sistema elétrico que conhecemos, com abordagem centralizada e unidirecional, está em transformação e o sistema do futuro terá uma abordagem descentralizada e bidirecional, resultado das evoluções tecnológicas, do empoderamento do consumidor e das conseqüentes alterações necessárias no desenho de mercado e na regulação (THYMOS ENERGIA, 2021).

Com isso neste capítulo será retratada a pesquisa bibliográfica com o objetivo de fundamentar as investigações realizadas ao longo do trabalho. No primeiro momento serão abordados tópicos como recursos energéticos, matriz energética brasileira, crise hídrica, descentralização da produção de energia, estratégias de descentralização e geração distribuída.

2.1 Recursos energéticos

O Brasil é um país de uma grande extensão territorial e com um número de população significativo. Com o aumento da tecnologia e da industrialização acarreta em várias mudanças com o foco principal no aumento da demanda energética. Com isso, é necessário haver um planejamento adequado e sustentável para oferta de energia (Empresa de Pesquisa Energética, 2020).

O Brasil, por ser um país com diferentes recursos energéticos, oferta a opção de descentralização e a expansão dos recursos já bem explorados como, por exemplo, as hidrelétricas, e a melhor opção que seria a melhoria exploração dos recursos renováveis de energia.

Segundo a empresa de pesquisa energética (Empresa de Pesquisa Energética, 2020), o consumo final de eletricidade no país em 2019 registrou uma progressão de

1,3% na qual os setores que mais contribuíram para este aumento em valores absolutos foram o residencial que explodiu o seu consumo em 4,8 TWh (+3,5%), seguindo pelo comercial que cresceu 4,1 TWh (+4,5%), energético, 1,3 TWh (+4,1%) e o público 0,9 TWh (+2,1%).

Em 2020, observou-se uma regressão de 1% no consumo de eletricidade em relação ao ano de 2019. Os setores que mais contribuíram para essa diminuição em valores absolutos foram o comercial que reduziu o seu consumo em 9,90 TWh (-10,5%) seguido pelo público que descreveu 3,4 TWh (-7,3) e o energético, com queda de 1,1 TWh (-3,4%) (Empresa de Pesquisa Energética, 2020).

Por outro lado os setores residenciais, de alimentos e bebidas e agropecuário apresentaram avanços de 5,8 TWh (+11,6%) e 2,0 TWh (+6,6%, respetivamente (Empresa de Pesquisa Energética, 2021).

A diminuição de consumo no setor comercial e no setor público tem uma íntima relação com os efeitos da pandemia, que por outro lado fez com que houvesse um aumento nos setores residenciais, bebidas e agropecuário. (Empresa de Pesquisa Energética, 2020).

O aumento no consumo de energia gera vários impactos como, por exemplo, a emissão de poluentes, devido à ativação das usinas termelétricas a carvão (Empresa de Pesquisa Energética, 2020).

Essa progressão no consumo de energia elétrica está ocorrendo a nível mundial e sempre com impactos econômicos e ambientais. De acordo com os dados contidos no relatório da *Bloomberg New Energy Finance (2021)*, cerca de 83% da energia primária é proveniente de combustíveis fósseis, enquanto que a energia eólica e solar fotovoltaica representam 1,3%.

Porém, esse panorama tende a mudar até 2050 considerando-se diferentes cenários como, por exemplo, no cenário verde, o qual prioriza a eletricidade limpa e hidrogénio verde. Prevê-se ainda que as energias eólicas e a solar aumentem para 15% da energia primária em 2030, 47% em 2040 e 70% em 2050 sendo 62% eólica e 38% solar fotovoltaica. Já no cenário vermelho e cinza (não ideais) há predominância de fontes de energia fóssil e nuclear, como mostra a Figura 1.

Figura 1 - Evolução das fontes de energia



Fonte: Bloomberg (2021)

2.1.1 Fontes de energias

Há diferentes formas de classificar as fontes de energia, como por exemplo, fontes de energia primária, fontes de energia secundária que podem ser divididos em fontes de energia renováveis e não renováveis. Domingues (2011) classifica como:

Fontes energia primária: são aquelas que já existem na natureza, e podem ser obtidas sem sofrer quaisquer alterações nas suas características básicas como por exemplo: sol, a água (dos rios e dos mares), os ventos, a madeira, o gás natural, o carvão mineral e o petróleo.

Fontes energia secundária: são aquelas que surgem a partir da transformação das fontes primárias, como a gasolina, o diesel, a energia elétrica.

2.1.2 Energias renováveis

Fontes de energias renováveis são aquelas que são consideradas inesgotáveis, pois a sua quantidade se renova a cada vez que é utilizada. são exemplos de fontes renováveis: hídrica (energia da água dos rios), solar (energia do sol), eólica (energia do vento), biomassa (energia de matéria orgânica), geotérmica (energia do interior da Terra) e oceânica (energia das marés e das ondas)(LAVEZZO, 2016).

As fontes renováveis de energia são consideradas limpas, pois emitem menos gases de efeito estufa (GEE) que as fontes fósseis e, por isso, estão conseguindo uma boa inserção no mercado brasileiro e mundial (LAVEZZO, 2016).

2.1.3 Energias não renováveis

As fontes de energia que pertencem a este grupo são finitas ou esgotáveis. Para a maioria delas, a reposição na natureza é muito lenta, pois resulta de um processo de milhões de anos sob condições específicas de temperatura e pressão. Quanto mais usamos as fontes de energia não renováveis, menos teremos no estoque total. São exemplos de fontes não renováveis de energia: petróleo, carvão mineral, gás natural e nuclear (LAVEZZO, 2016).

Atualmente, grande parte de energia consumida no mundo é proveniente de fontes não renováveis, porque as características dessas fontes são bem conhecidas, possuem um rendimento energético elevado (poucas perdas de energia no processo de transformação), preços atrativos, geram muitos empregos e possuem infraestrutura construída para geração e distribuição (usinas, dutos, ferrovias e rodovias). Os principais usos das fontes não renováveis são a geração de eletricidade, como combustível nos transportes de cargas e de pessoas e no aquecimento de casas (LAVEZZO, 2016).

Algumas fontes não renováveis, como o petróleo e o carvão mineral, são responsáveis por grande parte da emissão de GEE's na atmosfera. Tais emissões, são geradas pela queima desses combustíveis (LUCON, 2007).

2.2 Matriz energética brasileira

No Brasil, ao longo dos anos, observa-se que a demanda por energia primária é crescente. Entre os fatores desse aumento da demanda se destacam setores industriais, a grande expansão demográfica, e o aumento da taxa de urbanização (TOLMASQUIM; GUERREIRO; GORINI, 2007).

Considerando-se apenas o período a partir de 1970, a série histórica da evolução do consumo de energia e do crescimento populacional indica que, naquele ano, a demanda de energia primária era inferior a 70 milhões de tep (toneladas equivalentes de petróleo), enquanto a população atingia 93 milhões de habitantes. Em 2000 a demanda de energia quase triplicou, alcançando 190 milhões de tep, e a população ultrapassava 170 milhões de habitantes (TOLMASQUIM; GUERREIRO; GORINI, 2007).

De acordo com o Anuário estatístico de Energia elétrica do ano de 2020 da EPE, o consumo de energia no Brasil é segmentado por 8 classes: residencial,

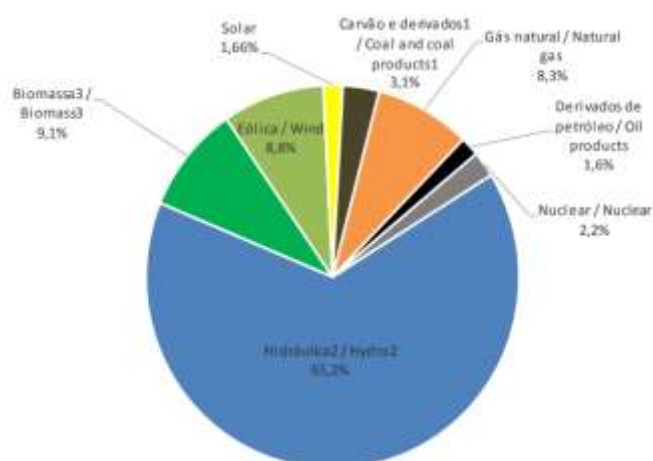
industrial, comercial, rural, poder público, iluminação pública, serviço público e consumidor. A classe de consumidor se divide em consumo cativo e consumo livre sendo o consumo total resultante do somatório de todas as classes e tipo (Empresa de Pesquisa Energética, 2020).

O consumo cativo é aquele regulado por um órgão distribuidor de energia, no qual o indivíduo recebe a conta de energia da distribuidora. Por outro lado, existe o mercado livre de energia na qual a energia é comprada diretamente dos geradores por livre negociação, sendo que os geradores de energia têm a liberdade de vender a energia tanto para o mercado regulado (cativo) como para ativo (Federação das Indústrias do Estado de São Paulo, 2016).

Segundo o Anuário estatístico da EPE de 2019, o consumo cativo é superior ao consumo livre, com base nos dados históricos. No entanto, o consumo livre tem apresentado um crescimento significativo com o passar dos anos. Isso porque os consumidores estão recebendo descontos na tarifa de uso de sistema de distribuição, o que torna mais acessível o consumo, como por exemplo, energias renováveis destacando-se fontes como a solar e a eólica (Empresa de Pesquisa Energética, 2019).

O Brasil tem como suas principais fontes de geração de energia elétrica, usinas hidrelétricas e termelétricas, porém, as limitações geográficas e de insumos tornam difícil a implementação dessas usinas. A participação da fonte hidráulica é um pouco mais de 65% como mostra a Figura 2, destacando as outras fontes renováveis e não renováveis.

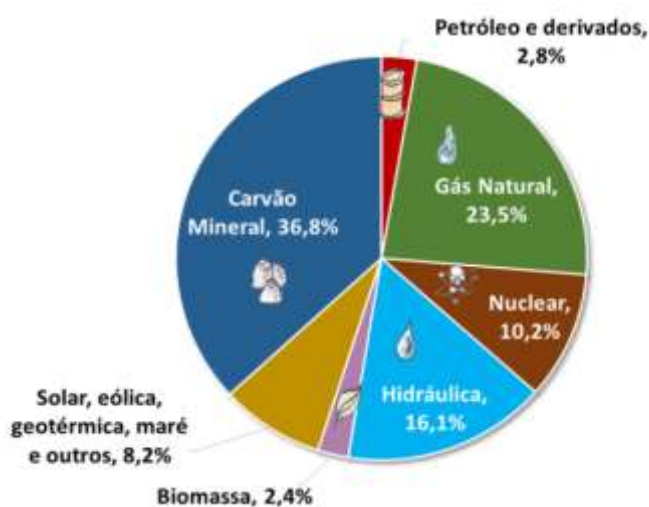
Figura 2 - Matriz Elétrica brasileira



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2021)

A matriz elétrica mundial e a matriz elétrica brasileira são bem diferentes, apesar do consumo de energia de fontes não renováveis ser maior do que o de renováveis, o Brasil usa mais fontes renováveis que no resto do mundo, conforme é mostrado na Figura 3.

Figura 3 - Matriz elétrica mundial em 2019



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2021)

A Figura 4 mostra o comparativo entre a participação de fontes renováveis e não renováveis para geração de energia no Brasil e no mundo levando em conta o ano de 2019.

Figura 4 - Participação das fontes renováveis e não renovável para geração de energia No Brasil e no Mundo



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2021)

Segundo BEN do ano base de 2020, a oferta interna de energia (total disponibilizada no país) em 2020 atingiu 297,6 Mtep, registrando uma queda de 2,2 % em relação ao ano de 2019.

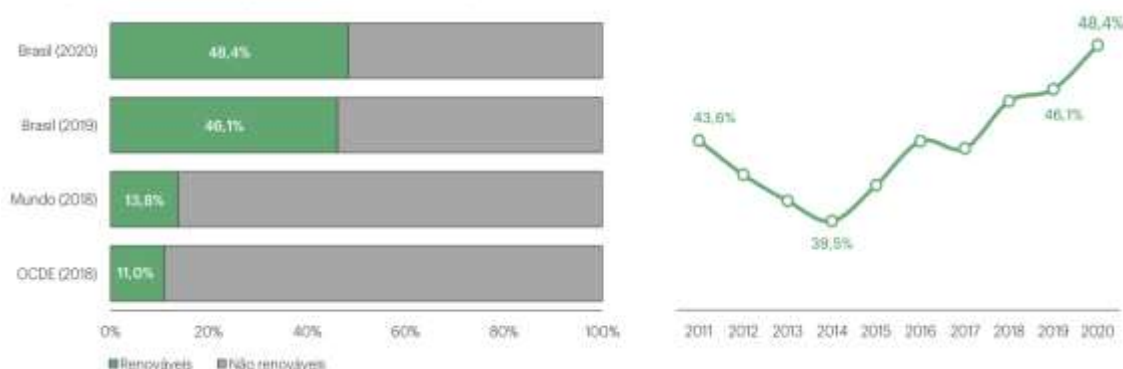
A inserção de fontes como a eólica e a solar, na geração de energia elétrica, e o consequente avanço de oferta de fontes como biomassa da cana e biodiesel contribuíram para que a matriz energética brasileira se mantivesse em um patamar renovável muito superior ao resto do mundo como mostrado a Figura 4, (EPE, 2020).

Ainda segundo o EPE, 2020, houve um recuo na oferta interna de energia elétrica de 5,4 TWh (-0,8%) em relação a 2019. Como consequência disso cita-se a redução de 0,4% na geração hidráulica e acompanhado da queda da importação (1,7%), cuja a principal fonte é a Itaipu que foi bastante afetada pela crise hídrica.

Por outro lado, a geração eólica atingiu 57 TWh, com um crescimento de 1,9%. A potência eólica alcançou 17.131 MW, uma expansão de 11,4%. Já geração solar atingiu 10,7 TWh (geração centralizada e MMGD), e representou um crescimento de 61,5% em relação ao ano anterior (2019). Com isso, no ano de 2020, houve um aumento de participação de renováveis na matriz energética Brasileira, atingindo 48,4% da oferta interna de energia. A oferta interna de energia é resultante da soma dos montantes referentes à produção nacional mais as importações, essencialmente de origem renovável.

A participação de renováveis se deve também ao aumento da oferta de biomassa e de biodiesel associada também à redução da oferta das fontes não renováveis, com um destaque para recuo de 5,6% de petróleo e derivados. Este cenário é mostrado na Figura 5 (Empresa de Pesquisa Energética, 2020).

Figura 5 - Participação de renováveis na OIE



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2021)

E com base em dados disponibilizados pela Empresa de pesquisa energética (EPE), através de Balanço Energético Nacional (BEN) interativo, é possível apresentar a evolução da oferta interna de energia e a produção de energia primária desde ano de 1970 até o início de 2020 destacando somente fontes de energia renovável e não renovável, conforme mostra a Figura 6.

Figura 6 - Oferta interna de Energia de 1970 a 2020

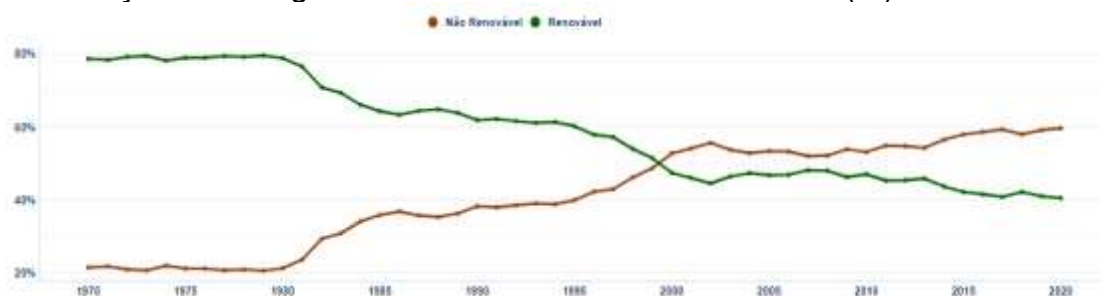


Fonte: BEN interativo (2021)

Nota-se que de 2015 a 2020, houve um acréscimo na participação de fontes renováveis e um decréscimo de fontes não renováveis na oferta interna de energia.

Já a produção de energia primária consiste das fontes de recursos naturais de energias empregadas na geração de energia como água, petróleo, a biomassa, o vento (energia eólica) etc. A Figura 7 mostra a produção de energia primária no Brasil em termos percentuais.

Figura 7- Produção de Energia Primária Brasileira de 1970 a 2020 (%)

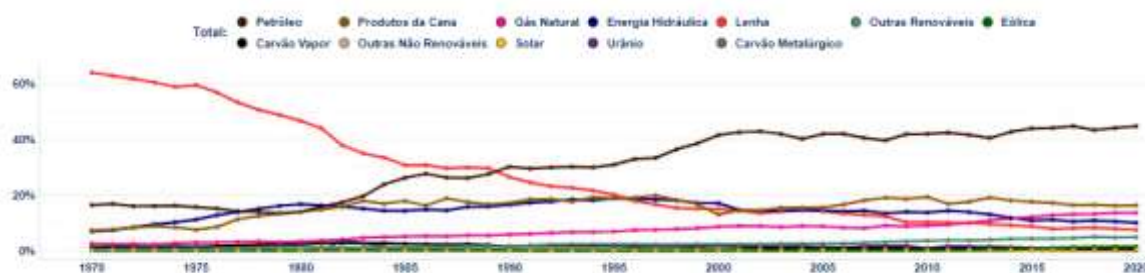


Fonte: BEN interativo (2021)

O percentual de energia renovável em 2020 está em torno de 40% e de não renovável está rondando a casa dos 60% da produção de energia primária. O Brasil, até o ano 2000, se mostrava como referência na produção de energia primária majoritariamente composta por fontes renováveis, porém teve um grande declínio na

produção de energias renováveis, dando a oportunidade de aumento na produção de energias não renováveis. Com isso, o Brasil foi contra a conjuntura mundial que tinha foco em desenvolvimento sustentável (GIELEN *et. al.*, 2019). A seguir, na Figura 8, é mostrada uma visão geral desse cenário.

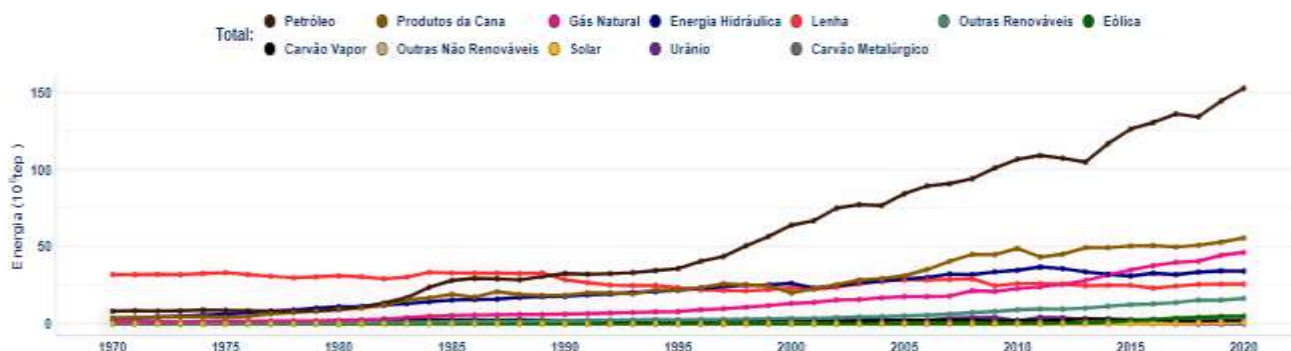
Figura 8 - Produção de Energia Primária Brasileira por Fontes de 1970 a 2020 (%)



Fonte: BEN interativo (2021)

A partir da análise da Figura 8, é possível notar que houve um crescimento na produção de petróleo de tal modo que no ano de 2020 o petróleo representava 45%, ultrapassando assim o percentual de lenha que sempre manteve predominância na produção de energia primária desde os anos 1970 até 1990. Esse crescimento é devido aos investimentos em exploração. Seguido ao petróleo tem se produtos de cana de açúcar, representando 16% da produção de energia primária, gás natural 13% e energia hidráulica 10% considerando ano de 2020 (EPE, 2021), conforme mostra a Figura 9.

Figura 9 - Produção de energia primária brasileira por fontes de 1970 a 2020 (em valores absolutos)



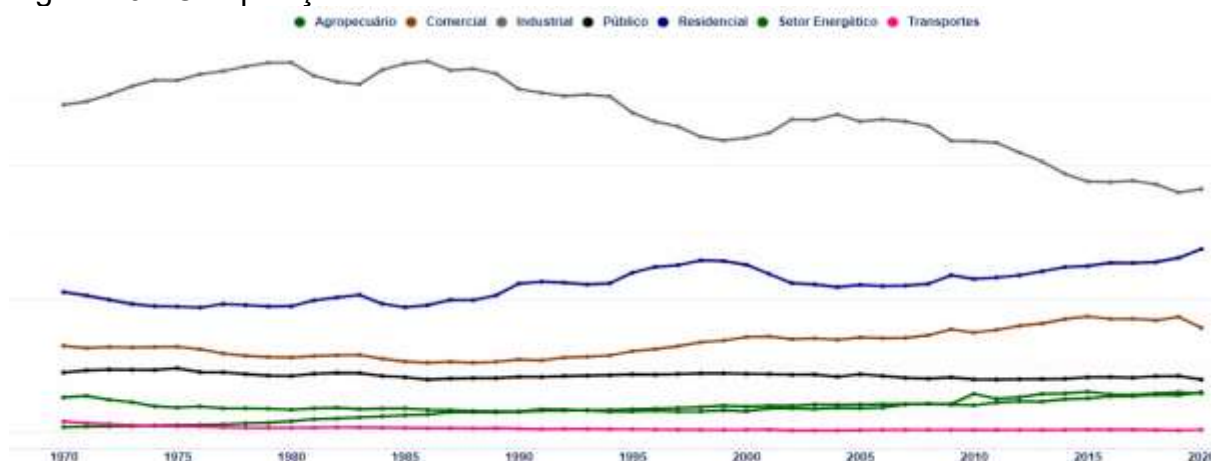
Fonte: BEN interativo (2021)

Ao contrário da Figura 8, a Figura 9 apresenta em valores absolutos a evolução da produção de energia primária por diferentes fontes de 1970 a 2020. Observa-se que mesmo com a crescente produção de petróleo, houve um crescimento significativo na produção de energias renováveis no Brasil.

Segundo o Anuário estatístico de energia elétrica EPE do ano 2019, em 2016 o Brasil foi o terceiro país com capacidade instalada de geração hidrelétrica no mundo, ficando somente atrás de China e Canadá. Além disso, foi o 6º país com mais geração por fontes alternativas no mundo (Ministério De Minas e Energia, 2019).

Toda energia produzida, seja ela por fontes alternativas ou por fontes convencionais, é consumida em diferentes setores no país como, por exemplo, setor residencial, industrial, público, residencial, setor energético e transportes como mostra a Figura 10.

Figura 10 - Composição setorial de consumo de eletricidade



Fonte: BEN interativo (2021)

Pela análise da Figura 10, nota-se que o setor residencial teve um aumento no consumo de energia nos últimos anos. A seguir, o setor industrial que representa a maior parte do consumo de eletricidade, com aumento do ano de 2019 para 2020. Setores como comercial e público tiveram um decréscimo do ano de 2019 para 2020 devido à pandemia de Covid 19.

2.2.1 Potencial de recursos energéticos Brasileiro

Hidrelétrica - O Brasil tem um grande potencial hidrelétrico chegando a 176 GW, deste montante, 108 já foram aproveitados (em construção ou em operação). O maior potencial hidrelétrico do país se concentra nas regiões hidrográficas de Tocantins-Araguaia e amazônica (Empresa de Pesquisa Energética, 2018).

Eólica (*onshore e offshore*) - segundo atlas eólico de 2001 o Brasil possui um potencial estimado em 143 GW *onshore* a 50 metros de altura. Com os avanços tecnológicos e medições a alturas mais elevadas, feitas em alguns estados do país, há indícios de que o potencial eólico seja superior a 440 GW. Por outro lado, o potencial offshore é de até 10 km da costa que soma 57 GW. No extremo considerando a zona econômica exclusiva (a 200 milhas da costa) o potencial chega a 1780 GW (Empresa de Pesquisa Energética, 2018).

Carvão mineral - recurso cujo consumo é de cerca de 9,7 milhões de toneladas em 2014 para abastecer um parque gerador com capacidade instalada de 3,2 GW. Mesmo contendo no Brasil uma ampla reserva de carvão mineral, cerca de 7,2 bilhões toneladas, segundo o Departamento Nacional de Pesquisa Mineral (DNPM) as reservas poderiam alcançar 10,1 bilhões de toneladas, caso fossem realizados maiores investimentos em pesquisa e exploração (Empresa de Pesquisa Energética, 2018).

Para fins de comparação, as reservas de carvão mineral no país, em termos energéticos, superam em seis vezes as reservas de gás natural disponível e podem garantir a operação de 46 usinas de potência unitária de 500 MW, durante 25 anos (Empresa de Pesquisa Energética, 2018).

Petróleo - as reservas de petróleo no Brasil chegaram a 12,8 bilhões de barris, majoritariamente no mar. As projeções sinalizam a possibilidade de o país manter-se como grande produtor de petróleo, com mais de 4 milhões de barris por dia, a partir de 2020 em todo o horizonte, cenário bem superior aos 2,6 milhões de barris por dia em 2016 (Empresa de Pesquisa Energética, 2018).

Biomassa – a energia gerada a partir da decomposição de matéria orgânica como esterco, restos de alimentos, resíduos agrícolas e outros, que origina gás metano, utilizado na produção de energia, (LAVEZZO, 2016).

Os tipos de biomassa podem ser de base florestal, cana de açúcar, óleos e gorduras, resíduos rurais e urbanos. A biomassa pode ser utilizada na geração de energia elétrica e para a produção de biocombustíveis. Dessa forma, desempenham um papel importante na matriz energética brasileira. Segundo as projeções de EPE, estima-se que a disponibilidade de biomassa em 2050 será de 530 milhões de tep, sendo os resíduos agrícolas (exceto cana) e a cana de açúcar as principais fontes (Empresa de Pesquisa Energética, 2018).

Solar (*onshore e offshore*) – O Brasil tem um grande potencial solar, tanto *onshore* como *offshore*, a posição geográfica faz com que o país tenha índices de radiação solar em quase todo o território nacional, inclusive durante inverno. Delimitando-se exclusivamente às áreas *onshore* com maior nível de irradiação compreendendo-se entre 6 a 6,2 kWh/m²/dia com um potencial de 506 TWh, e nas áreas *offshore*, com maior nível de irradiação o potencial é de 94.706 TWh/ano (Empresa de Pesquisa Energética, 2018).

Oceânica – é uma tecnologia recente e pouco explorada e ainda em vias de ser comercial. Porém, é um recurso promissor devido a abundância de fontes. Está disponível através das ondas e das marés. Estima-se que partindo de toda extensão do litoral brasileiro de cada estado e da altura de onda média ano, o potencial disponível de ondas e marés é de 114 GW (Empresa de Pesquisa Energética, 2018).

Urânio - as reservas nacionais, indicadas e indeferidas de urânio somam 309 mil toneladas, considerando as jazidas em exploração, havendo mais de 300 mil toneladas estimadas em outros sítios, que corresponde à sétima maior reserva do mundo. O Brasil domina um ciclo de combustível que vai desde mineração de urânio até a fabricação do chamado elemento combustível, podendo ser um dos seletos países do mundo prestadores desse serviço para esta indústria. Com o conhecimento das atuais reservas de urânio chega-se a um potencial de 187 mil toneladas de urânio recuperável, que é suficiente para o atendimento das usinas Angra 1, 2, 3 e mais nove usinas de 1000 MW por 60 anos (vida útil da planta) (Empresa de Pesquisa Energética, 2018).

2.4 Crise hídrica e energias alternativas

Conforme mencionado anteriormente. O Brasil tem a maior parte do fornecimento de energia elétrica vindo de usinas hidrelétricas. Esse tipo de Usina está

sujeito a variações de produção devido a períodos de estiagem. Desse modo o principal foco do país é reduzir essa participação que ronda os 65% para 45% em 2050 (GREENPEACE, 2016).

O país tem enfrentado, nos últimos anos, uma crise no setor elétrico. Períodos de secas longas tem se tornado frequentes, fazendo com que os níveis de reservatórios das usinas hidrelétricas permaneçam baixos, afetando diretamente a produção de energia (GREENPEACE, 2016).

Mesmo com as crises hídricas dos últimos anos não se observou a mesma consequência que a crise que originou o apagão no ano de 2001. Isso porque após essa crise, foram instaladas Usinas Termoelétricas para suprir a demanda não comportada pelas hidroelétricas. Essas usinas são programadas para operação somente em períodos críticos (GREENPEACE, 2016).

O acionamento de usinas termelétricas para suprir a demanda energética em períodos de seca, momentos de baixa produção das hidrelétricas tem suas consequências como, por exemplo, o aumento do preço da eletricidade no mercado livre. Isso faz com que haja aumento na conta de luz para o consumidor uma vez que as empresas e distribuidoras expostas a este mercado têm que arcar com os custos (GREENPEACE, 2016).

Além das consequências supracitadas, as usinas hidrelétricas geram impactos no meio ambiente como, por exemplo, alterações na temperatura ambiente, na umidade relativa do ar e na evaporação da água, originando mais secas nessas regiões. Além disso, podem ocorrer erosões das margens dos rios e alagamentos que podem originar perda de biodiversidade em relação á fauna e flora. (MONTE; BASSANI, 2011).

Além da escassez de chuva e toda a mudança climática que contribui diretamente para a crise hídrica, se destacam outros fatores como a perda de água tratada, ineficiência energética e perda por desperdício. O processo de coletar água, tratá-la e transportá-la até o consumidor, demanda de muita energia. Estima-se que é perdida 4 TWh/ano de energia somente nos sistemas de abastecimento de água, e as empresas de saneamento de água participantes do sistema nacional de informações sobre o saneamento (SNIS) tiveram um consumo de 12,9 TWh, sendo que 1,4 TWh com esgotamento sanitário e 11,5 TWh com abastecimento de água (HÍDRICA, 2021).

A crise hídrica traz graves consequências não só ambientais, mas também econômicas, como o agravamento da inflação. Segundo o Instituto de Pesquisa

Econômica Aplicada (IPEA), a inflação brasileira em 2021 aumentou de 8,3% para 9,8% e indicando que um dos principais fatores foi a forte estiagem dos reservatórios, que culminou com a adoção de bandeira de escassez hídrica e de reajustes da bandeira vermelha (CANAL ENERGIA, 2021).

Segundo o Instituto de Clima e Sociedade, as decisões tomadas no ano de 2021 para mitigar a crise hídrica custaram cerca de R\$ 140 bilhões, isso devido , a contratação de termelétricas para a enfrentamento da crise, bem como a criação de bandeira de escassez hídrica, programa de incentivo à Redução Voluntária de Demanda (RVD) e leilão emergencial para contratação de reserva de capacidade (RODRIGUES, 2021).

No ano de 2021, o consumidor brasileiro pagou em custos adicionais com bandeiras e encargos um total de R\$30,2 bilhões, segundo Instituto de Defesa do consumidor (IDEC) (RODRIGUES, 2021).

Com crise hídrica se torna mais visível as vantagens da descentralização e o investimento em soluções energéticas sustentáveis, bem como medidas de eficiência energética que têm impactos na solução da crise e gerando um custo menor para o consumidor (CEBDS, 2015).

Dentre as ações que podem contribuir para minimizar crises e o encarecimento de custos de energia elétrica têm-se uso de recursos renováveis como a energia solar fotovoltaica. Estima-se que nos primeiros meses de 2021 foram instalados 180 mil sistemas para geração distribuída fotovoltaica. Isso representa cerca de 41% mais do ano de 2020. A energia eólica segue em crescimento no Brasil desde ano 2005. (FARIA, 2021).

A fonte eólica foi um dos responsáveis pela segurança do sistema elétrico durante a crise hídrica de 2021 que obteve 24 recordes de geração no ano de 2021. Dessa forma, esse tipo de geração deve ser mais expandido, visto que hoje ela representa mais ou menos 11% da matriz (RODRIGUES, 2021).

2.5 Geração distribuída

Geração distribuída (GD) é uma expressão utilizada para designar a geração realizada junto, ou próxima, das unidades consumidoras. Independem da tecnologia de fonte e podem ser de qualquer potência, conectadas no sistema elétrico de

distribuição ou por meio de instalações consumidoras. Podem ainda operar de forma isolada ou em paralelo à geração não distribuída (WAENGA; PINTO, 2016).

É considerado também GD toda produção de energia proveniente de agentes concessionários, permissionários ou autorizados, sejam eles conectados diretamente no sistema elétrico de distribuição do comprador, com exceção àqueles que são provenientes de hidrelétrico com capacidade superior a 30MW e termelétrico, inclusive de cogeração com eficiência energética inferior a 75% (SANTOS, 2021).

A GD teve suas modificações em termos normativos com o passar dos anos. Até 2012 a GD era utilizada somente para produção de energia em locais isolados. Esse cenário começou a sofrer mudanças com a criação de sistema de compensação de energia elétrica, na qual o consumidor brasileiro pode produzir a sua energia a partir de fontes renováveis ou uma cogeração qualificada e fornecer excedentes à rede elétrica. A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) lançou a resolução normativa nº 482 que definia a conexão à rede principal de micro e mini geração individual (SANTOS, 2021).

Quando conectada à rede é classificada como microgeração distribuída se a potência instalada for de até 75 kW. Classifica-se como minigeração distribuída quando a potência é superior a 75 kW e inferior a 5MW (SANTOS, 2021).

2.5.1 Políticas de incentivo à geração distribuída

O Brasil instituiu algumas políticas que normatizam a GD. Porém, segundo Silva (2015), e Neto, Madruga e Geremias (2016) essas políticas não são suficientes para que o setor avance com maior autonomia. Levando como exemplo a GD fotovoltaica, falta política de estado mais agressiva para incentivar a energia solar no Brasil, visto que o mesmo tem condições de ser líder mundial neste setor, então é necessário mais políticas de incentivo de ampliação da matriz energética solar.

Mesmo com a falta de políticas de incentivo à GD, o Brasil teve uma grande progressão no setor com as políticas aplicadas aos longo dos anos, visto que a geração independente teve um crescimento logo após os anos 70, sendo que nos anos anteriores não existiam políticas para regulação do mesmo e era tida como ilegal (LUCINDA, 2015). Sendo assim foi necessário criar decretos leis e resoluções normativas, e se destacam algumas leis e resoluções apresentadas a seguir:

- **Lei nº 9.074 de 10 de setembro de 1996** que teve como principal objetivo regularizar a produção de energia elétrica para autoprodutores e produtor independente (BRASIL, 1996).
- **Decreto nº 2.003 de 1996** que garantia a utilização e a comercialização da energia produzida, na qual o autoprodutor e o produtor independente terá livre acesso ao sistema de transmissão e distribuição de concessionárias e permissionárias de serviço público de energia elétrica, visto que terá um custo de transporte envolvido que é regulado e definido por um órgão fiscalizador (BRASIL, 1996).
- **Decreto Lei nº 5.163/ 2004** que foi importante, pois regulamentou a produção e geração de energia a partir de fontes renováveis (BRASIL, 2004).
- **Resolução normativa nº 167/ 2005** que define condições para a comercialização da energia oriunda de geração distribuída (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2005).
- **Resolução Normativa nº 482/ 2012** que é responsável por estabelecer as condições gerais para o acesso da microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2012).
- **Resolução normativa nº 687/ 2015** que tem como objetivo lapidar a resolução normativa 482 com foco na redução de barreiras para o desenvolvimento da geração distribuída no Brasil (ANEEL, 2015).

2.5.2 Descentralização da produção de energia

A matriz elétrica brasileira é baseada na geração de energia através de grandes usinas, que muitas vezes estão distantes dos principais pontos de consumo, caracterizando o que é chamado de geração centralizada (SANTOS; SANTOS, 2008).

Isso quer dizer que a maior parte da energia que produzimos precisa percorrer longas distâncias das usinas até os centros urbanos e industriais. Portanto, para que a energia possa chegar aonde ela é consumida, são necessários altos investimentos em sistemas de transmissão, de forma a criar um sistema robusto e pouco suscetível a falhas. Além disso, ao longo das linhas de transmissão parte da energia que é

transmitida também é perdida, diminuindo a quantidade de energia que chega para consumo (LOPES, 2015).

Por isso, a tendência é que o Brasil passe a concentrar seus investimentos em formas alternativas de geração, principalmente em sistemas descentralizados de GD (WAENGA; PINTO, 2016).

A GD pode ser dividida em dois tipos: de grande porte, voltada às indústrias e grandes comércios, e de pequeno porte, para pequenos estabelecimentos comerciais e residências (VARÃO *et. al.*, 2020).

Para as de grande porte, a perspectiva é que a autoprodução se expanda. Destacam-se as indústrias eletrointensivas como as de celulose, têxtil, petroquímica e siderúrgicas. Já as residências e pequenos comércios começam a mostrar sinais de intensa expansão, com um aumento de mais de 150% no número de sistemas instalados em 2016 e mais de 400 mil sistemas fotovoltaicos já espalhados por todo o Brasil (VARÃO *et. al.*, 2020).

Tanto a diversificação de fontes de energia quanto a GD exigem uma maior complexidade do sistema elétrico através de soluções inteligentes e emprego de novas tecnologia de informação, como por exemplo, os *smart grids*, redes inteligentes que funcionam de maneira interligada, conectados por sensores que alocam a energia para diferentes regiões e em diferentes horários (SANTOS, 2021).

Apesar do aumento do consumo de energia decorrente do crescimento populacional e do desenvolvimento do país, o Brasil possui soluções com enorme potencial para desenvolver uma matriz energética mais limpa e sustentável. Para que seja possível fazer uso deste potencial, o emprego de inovações tecnológicas e a adoção de medidas de eficiência energética e geração distribuída devem ser prioridade para as ações futuras do país (DIAS; BOROTNI; HADDAD, 2004).

Para o Brasil, a descentralização deve ser encarada como uma oportunidade ligada à transição energética (BERNI, 2021).

Sistemas descentralizados podem ser eficientes para atender, de modo mais eficaz, realidades locais em um país continental e com diferenças regionais acentuadas (Empresa de Pesquisa Energética, 2020).

A implementação ordenada de regulação apropriada e de avanços tecnológicos propícios à incorporação de recursos energéticos mais próximos dos centros de consumo permite reduzir perdas econômicas, gera menor emissão de GEE e aumenta a segurança de suprimento caso os sistemas descentralizados sejam integrados

harmonicamente (de forma transversal, equilibrada e interconectada) ao sistema centralizado existente (SIFERT FILHO *et. al.*, 2014).

Portanto, a descentralização pode contribuir de forma significativa para uma economia de baixa emissão de GEE no país e aumentar a competitividade das economias locais, com acesso a tecnologias competitivas e de mais baixa emissão de GEE (OLIVEIRA, 2017).

Definir a estratégia de longo prazo para esta transformação para a incorporação de novos sistemas descentralizados é uma tarefa complexa. Em uma perspectiva ligada à transição energética, requer ter atenção a mecanismos eficazes de integração com o sistema existente, aumentar a resiliência local e permitir acesso à energia competitiva e mais adaptada às particularidades dos perfis de consumo das diversas regiões do Brasil (OLIVEIRA, 2017).

2.5.3 Benefícios da descentralização na produção de energia

Para o conhecimento dos benefícios de uma produção de energia descentralizada é preciso ter consciência e conhecimento de modelos atuais de produção de energia que se baseia em produção centralizada, saber os seus impactos, como poluição do ar, aquecimento global, e insegurança energética. Além disso, esse modelo apresenta inseguranças devido a diferentes fatores como a diminuição de reservas de recursos de combustíveis fósseis, fato que vem com a necessidade de uso de tecnologias mais complexas e mais prejudiciais ao meio ambiente, que por sua vez interferem diretamente na disponibilidade de água e terras, o que traz consequências negativas indiretas na segurança alimentar (LAMPIS; BERMAN, 2022).

A dependência de energia centralizada e das refinarias de petróleo, tem afetado a reabilitação de áreas urbanas e rurais e muitas vezes trazendo consigo impactos imensuráveis e exposição ao risco, principalmente em áreas urbanas devido à concentração de pessoas e recursos (JACOBSON, 2020).

Tendo em vista o modelo de geração centralizada e conhecendo seus impactos, Lucinda (2015) apresenta alguns benefícios da geração descentralizada como, por exemplo, benefícios à sociedade, desde a qualidade de energia entregue até o atendimento ao consumidor, também se destacam benefícios ao sistema interligado e à concessionária como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Benefícios da descentralização na produção de energia

Benefícios ao consumidor	Benefícios ao sistema interligado	Benefícios à sociedade	Benefícios à concessionária
<p>Maior confiabilidade da energia gerada;</p> <p>Qualidade de energia ofertada pelo sistema mais elevada;</p> <p>Traz compensações Financeiras;</p> <p>Facilita fornecimento de energia em locais remotos, onde não há ligação com o sistema interligado;</p>	<p>Redução de perdas técnicas da rede;</p> <p>Melhora no perfil de tensão nos Ramais;</p> <p>Redução de sobrecarga na rede;</p> <p>Maior flexibilidade operativa;</p> <p>Maior opção de prestação de serviços;</p> <p>Maior eficiência energética</p>	<p>Diversificação da matriz energética;</p> <p>Desestresse sobre a dependência da fonte hídrica;</p> <p>Redução da importação de recursos para produção de energia elétrica;</p> <p>Aumento da competitividade na geração de energia;</p> <p>Diminuição das tarifas;</p> <p>Redução de impactos ambientais</p>	<p>Redução de perdas ativas e reativas na rede;</p> <p>Redução de custos com subestações de transformação;</p> <p>Maior confiabilidade do sistema;</p> <p>Redução de investimentos para atendimento da demanda na ponta;</p> <p>Fácil planejamento e menos dependência de fatores climáticos;</p>

Fonte: LUCINDA (2015)

3 METODOLOGIA

A metodologia empregada neste trabalho foi constituída de uma pesquisa exploratória e descritiva a qual teve como principal objetivo obter uma maior familiaridade com tema a ser pesquisado. Esse tipo de metodologia permite ao pesquisador obter um maior conhecimento sobre os fatos, fazendo com que o mesmo obtenha uma formulação mais precisa de problemas a fim de criar hipóteses e realizar novas pesquisa mais estruturadas (OLIVEIRA, 2011).

A pesquisa exploratória tem como principal objetivo desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo sempre em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores. No geral esses tipos de pesquisa são úteis para diagnosticar situações e explorar alternativas ou também descobrir novas ideias (CARLOS *et. al.*, 2002).

Já a pesquisa descritiva que será empregada nesse trabalho tem como principal finalidade a descrição de características ou fenômenos de uma determinada população. Nesse modelo busca-se descrever um fenômeno ou situação em detalhe, geralmente a pesquisa exploratória e descritiva assumem a forma de levantamento (OLIVEIRA, 2011).

Os meios de pesquisa utilizados foram bibliográficos documental, com a análise de dados, artigos, dissertações, anuários estatísticos, balanços energéticos, planos decenais e artigos científicos que abordam o tema, além de relatórios divulgados pelos órgãos públicos e ministérios, sempre analisando dados pertinentes ao estudo como dados geração e suas fontes.

A seguir, realizou-se um estudo de caso voltado para um projeto de instalação de painéis fotovoltaicos em uma residência.

3.1 Planejamento da pesquisa

O planejamento da pesquisa feita nesse trabalho foi baseado na metodologia de Denardin (2016) como mostra o fluxograma da Figura 11.

Figura 11 - Fluxograma da metodologia de estudo adotada



Fonte: Autor (2022)

Primeira etapa:

Nessa primeira etapa foi realizada uma pesquisa bibliográfica descritiva tendo como principal objetivo a caracterização da matriz energética, identificando as suas fragilidades e seus autores, bem como o mapeamento de recursos energéticos e a classificação de fontes de energia.

A caracterização da matriz energética foi feita com base nos dados analisados nos balanços energéticos disponibilizados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e dados obtidos no Ministério do Minas e Energia (MME), com isso foi inserido gráficos sobre a participação de

fontes renováveis na matriz energética brasileira e foi feita uma comparação entre a participação das fontes renováveis na matriz brasileira com o mundo.

Os gráficos sobre a oferta interna de energia foram inseridos de acordo com balanço energético interativo do ano de 2021, que foi o mais atualizado encontrado com o objetivo de compreender melhor a oferta de energia primária no país e a sua evolução no tempo de cada fonte. Foi também analisada a composição setorial de consumo de eletricidade de 1990 até 2020 tendo como finalidade entender de que forma é consumida a energia produzida no país e quais setores demandam um consumo maior.

Segunda etapa:

Nessa segunda etapa foi dado seguimento às pesquisas bibliográficas abordando temas como crise hídrica e energias alternativas, fazendo assim um apanhado sobre as crises que vem afetando o país, as suas consequências tanto para o setor energético brasileiro e para o meio ambiente, mencionando as causas da crise como a escassez da chuva nos últimos anos bem como mudanças climáticas, e perdas por desperdício, são um dos fatores que contribuintes para essa crise.

Além disso foi feito estudo sobre a geração distribuída especificando as suas categorias de acordo com a potência, abordagem sobre políticas de incentivo de a geração distribuída, consultando resoluções normativas e decretos disponibilizados pelos órgãos governamentais como a ANEEL.

Nessa mesma etapa abordou-se a descentralização da produção de energia, apresentando as tendencias futuras, as vantagens da descentralização e seus diferentes benefícios, como benefícios ao consumidor, ao sistema interligado, a sociedade e às concessionárias.

Terceira Etapa:

Por fim serão apresentados os resultados e discussão com foco na geração descentralizada fotovoltaica, tendo como estudo de caso e viabilidade apresentar projetos de geração fotovoltaica residencial conectados na rede como uma das principais alternativas de descentralização na produção de energia.

E para a realização desses projetos foi necessário seguir algumas etapas descritas na Figura 12.

Figura 12 - Fluxograma de elaboração de projeto



Fonte: Autor (2022)

Descrição detalhada de Elaboração do projeto:

- Conferência de Dados do cliente: Nessa etapa é conferido a identidade do cliente, procuração, titularidade de fatura, e revisão do contrato.
- Conferência de levantamento de campo: Analisavam-se todos os dados que são coletados durante o levantamento de campo, desde fotos da residência, localização, fotos do telhado etc.
- Realizava-se análise de padrão de entrada e da medição, identificação do número de fases, disjuntor existente, ramal de entrada existente, presença de tomadas ou cabos que não pertenciam ao padrão de entrada original. Entrava-se em contato com a concessionária para conferir o disjuntor cadastrado e a carga declarada do cliente.

- Elaboração de projeto de microgeração distribuída no *AutoCAD*: Após conferências era dado o início do projeto no *software AutoCAD*; quando havia imagens de drones, era feito processamento das imagens do telhado no *software QGIS*, e com as imagens processadas era possível desenhar o telhado com a finalidade de fazer a disposição dos módulos. No *AutoCAD* era feito diagrama trifilar, unifilar e a disposição dos módulos, salientando que os modelos mudavam de acordo com concessionária.
- As simulações que foram feitas com o objetivo de projetar a geração, considerando as perdas foram feitas no *software solergo*.

4 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Matriz energética

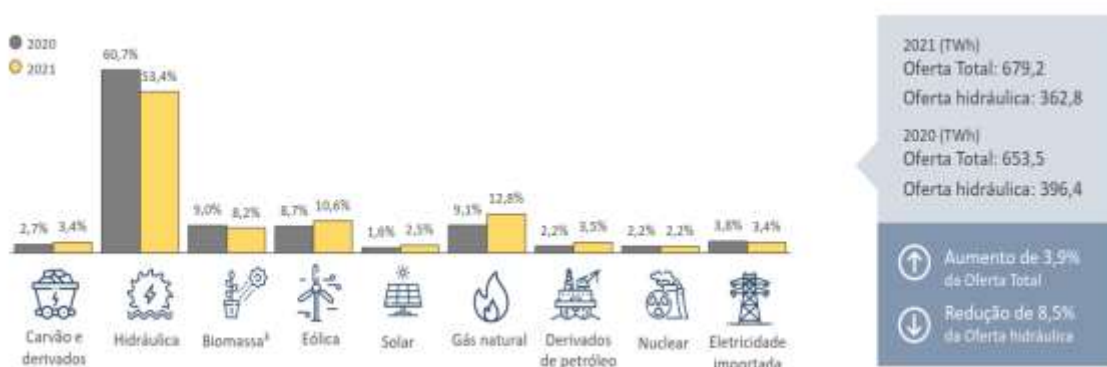
A análise da matriz energética e seu mapeamento possibilitou a identificação de potenciais em termos de recursos energéticos disponíveis para produção e consumo de energia. Com isso visando a descentralização com foco na geração fotovoltaica analisou-se o balanço energético nacional disponibilizados pela EPE, de diferentes anos a fim de entender a progressão das fontes de produção de energia.

Segundo Balanço Energético Nacional de ano 2022, a energia elétrica teve um crescimento de 25,7 TWh na oferta interna equivalente a (+3,9%) em relação ao ano anterior (2020). Sendo que teve uma redução na geração hidráulica de 8,5% consequência da queda da importação (-6,5%), cuja a principal origem é Itaipu (EPE, 2022).

A geração solar foi a que obteve um maior crescimento na ordem de 55,9% em relação ao ano anterior, atingindo 16,8 TWh (geração centralizada MMGD e isso fez com que a participação de renováveis em 2021 atingisse a marca de 78,1% (EPE, 2022).

A Figura 13, mostra o comportamento da matriz elétrica do ano 2020/2021, identificando as variações acima supracitadas.

Figura 13 - Matriz elétrica 2020/2021

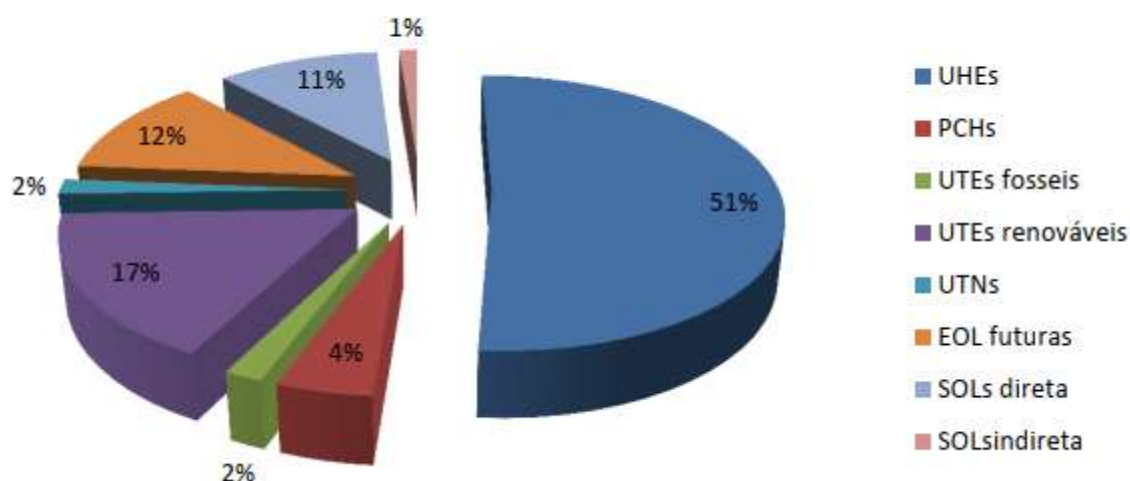


Fonte: EPE (2022)

Tendo em vista que a escassez de chuva originou a redução de níveis de reservatórios que por consequência afetou a oferta hidráulica, que por outro lado foi compensada por aumento de outras fontes como eólica e solar (EPE, 2022).

As projeções indicam tendência para um aumento na participação de fontes alternativas na oferta interna, como por exemplo Lucinda (2015) projeta energética brasileira para 2050 com um grande crescimento das fontes como eólica, solar e biomassa como mostra a Figura 14.

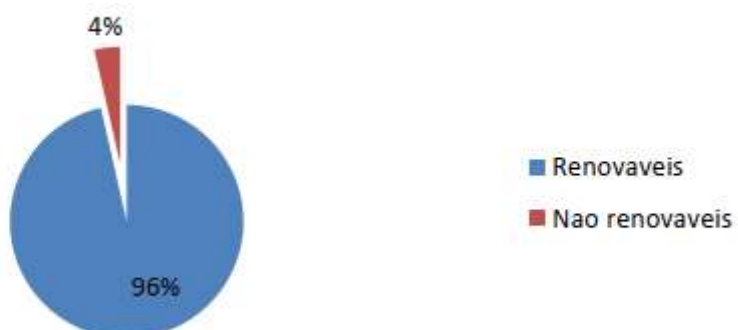
Figura 14 - Matriz energética brasileira 2050



Fonte: LUCINDA (2015)

Além das projeções voltadas à matriz energética, Lucinda (2015) afirma que a matriz energética brasileira pode atingir 96% renovável, como mostra a Figura 15.

Figura 15 - Participação de energias renováveis na matriz elétrica em 2050



Fonte: LUCINDA (2015)

4.2 Estratégia de descentralização adotada

4.2.1 Energia solar fotovoltaica

O potencial energético brasileiro é muito alto em comparação com os demais países ou continentes como, por exemplo, a Europa. Analisando o potencial solar no Brasil a menor irradiação do país é verificada no litoral norte do estado de Santa Catarina, na ordem de 1500 kWh/m² de irradiação global anual na superfície horizontal. Já a maior irradiação já é verificada no estado de Bahia, sendo na ordem de 2350 kWh/m² de irradiação global horizontal anual (ROSA , 2016).

No entanto, a média de irradiação diária ao longo do ano em qualquer parte do território brasileiro irá variar de 4,1 a 6,5 kWh/m (ROSA, 2016) Para poder deixar explícito o grande potencial do Brasil em energia solar deve ser feita a comparação com países que são referência mundial na produção de energia solar como a Alemanha que possui de 2,5 a 3,5 kWh/m² de média diária, tendo altos índice de irradiação. O potencial de energia fotovoltaica no Brasil é elevado como mostra a Figura 16 (ROSA , 2016).

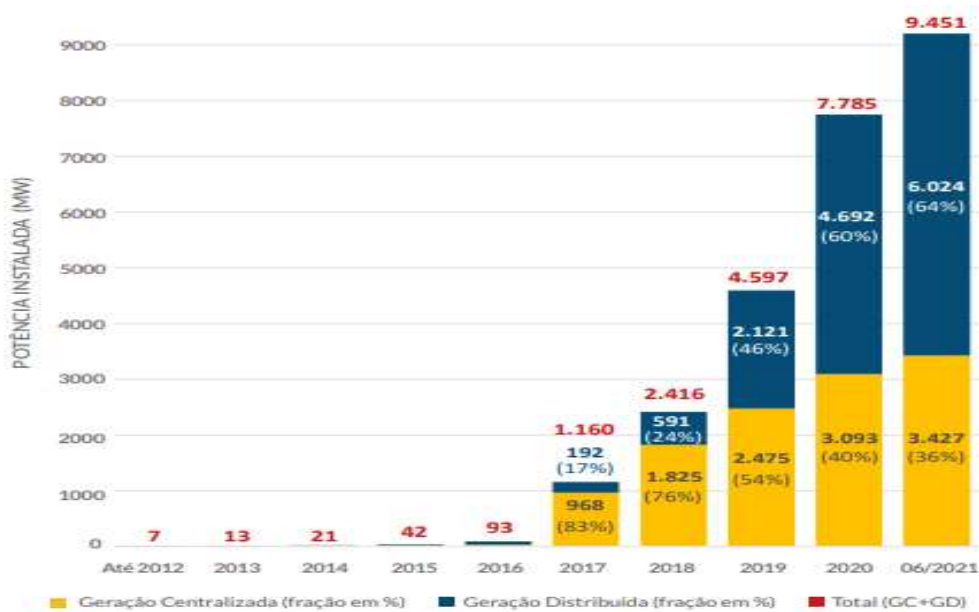
Figura 16 - Potencial de energia fotovoltaica no Brasil



Fonte: Global solar atlas (2022)

A prova desse grande potencial pode ser notada na Figura 17, que mostra a evolução da fonte solar fotovoltaica nos últimos anos (ANEEL/ABSOLAR, 2021).

Figura 17 - Evolução da fonte solar fotovoltaica no Brasil



Fonte: Aneel/ Absolar (2021)

A Figura 18, ilustra a geração distribuída solar fotovoltaica por classe de consumo.

Figura 18 - Geração distribuída por classe de consumo



Fonte: Aneel/ Absolar (2021)

Sendo o setor residencial predominante em número de sistemas e na potência instalada, comprovando os investimentos por parte do consumidor em sistemas fotovoltaicos e conseguindo atingir a liberdade energética (ANEEL, 2021).

Essa crescente no setor solar fotovoltaico traz resultados como 99,9% de todas as conexões de micro e minigeração distribuída são da fonte solar e mais de 1.360.950 unidades consumidoras contempladas com sistema solar e 1.073.240 sistemas conectados na rede além de outros benefícios apresentados na Figura 19 (ABSOLAR, 2022).

Figura 19 - Benefícios da fonte solar ao Brasil

Dados acumulados desde 2012.



Mais de **16,4 GW** operacionais.



Mais de **R\$ 87,1 bilhões** em novos investimentos.



Mais de **492,4 mil novos empregos** gerados.



Mais de **R\$ 23,5 bilhões** em arrecadação de tributos.



Mais de **24,6 milhões de toneladas** de CO₂ evitadas.

Fonte: Absolar (2022)

Além dos benefícios ao país o investimento em energia solar fotovoltaica traz benefícios diretamente ao consumidor como mostra a Figura 20.

Figura 20 - Benefícios da energia solar

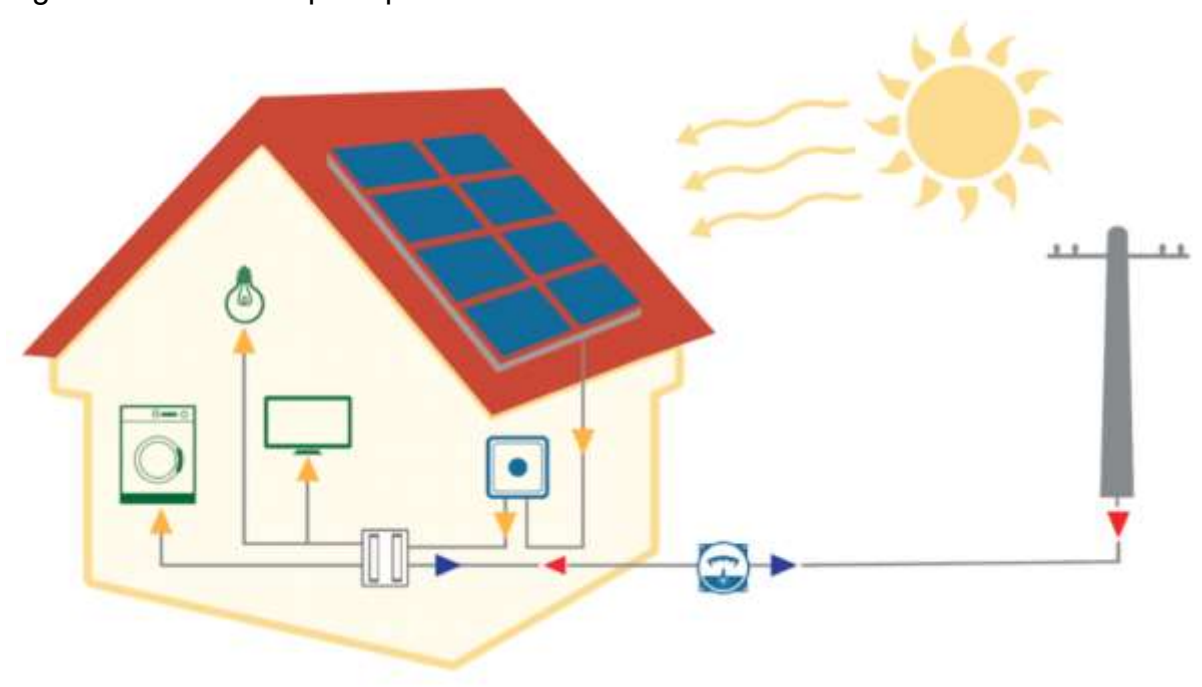


Fonte: Autor (2022)

4.3 Modelo de projeto desenvolvido

O modelo de projeto que será apresentado no trabalho como resultado foi desenvolvido durante o período de estágio, em uma empresa de energia solar, na função de projetista, na qual desenvolvia projetos de microgeração residencial como mostra a Figura 21, que é uma ilustração de um modelo de projeto já instalado.

Figura 21 - Estrutura principal de um sistema conectado à rede

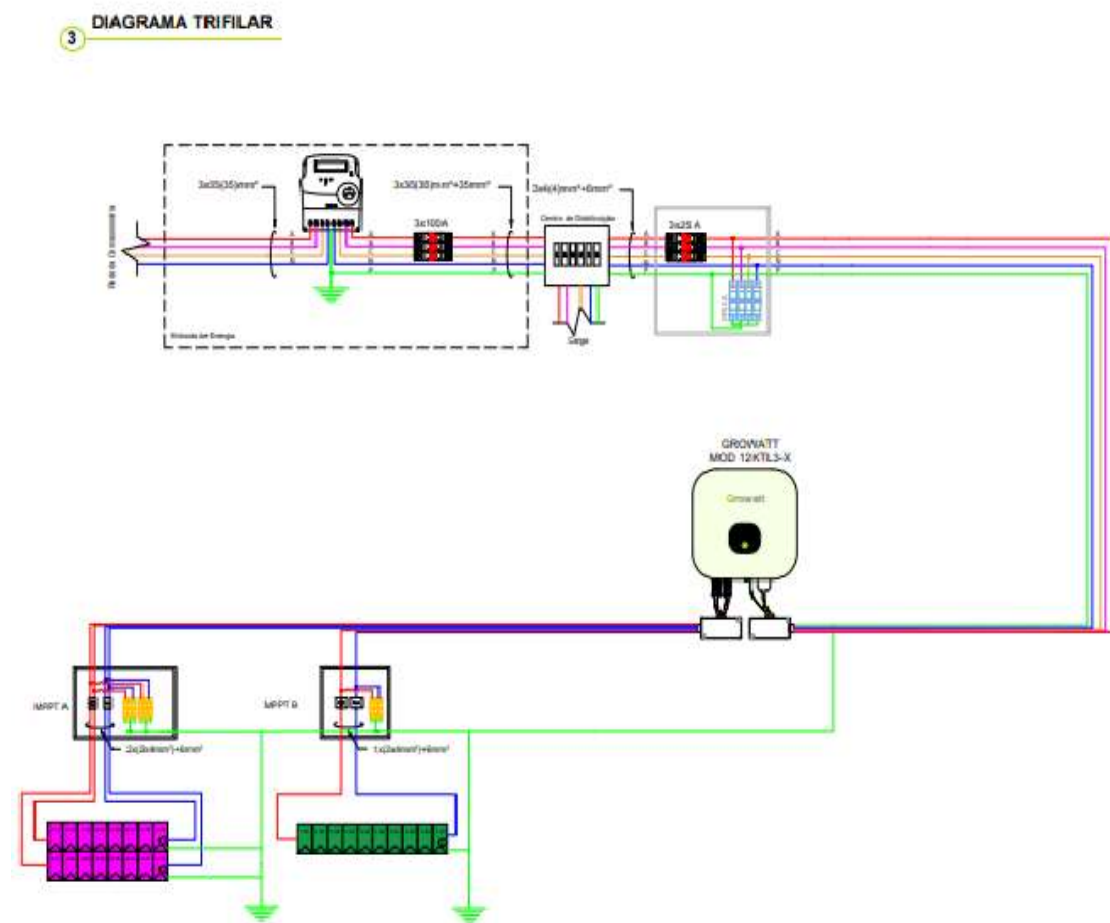


Fonte: Absolar (2022)

Observa-se que os módulos captam a luz do sol e as transforma em corrente contínua que passa pelo inversor que a transforma em corrente alternada, a eletricidade produzida é consumida na residência e o excesso é enviado a rede, e a rede faz o uso dessa energia e a unidade consumidora recebe créditos para sua conta de luz (ABSOLAR, 2022).

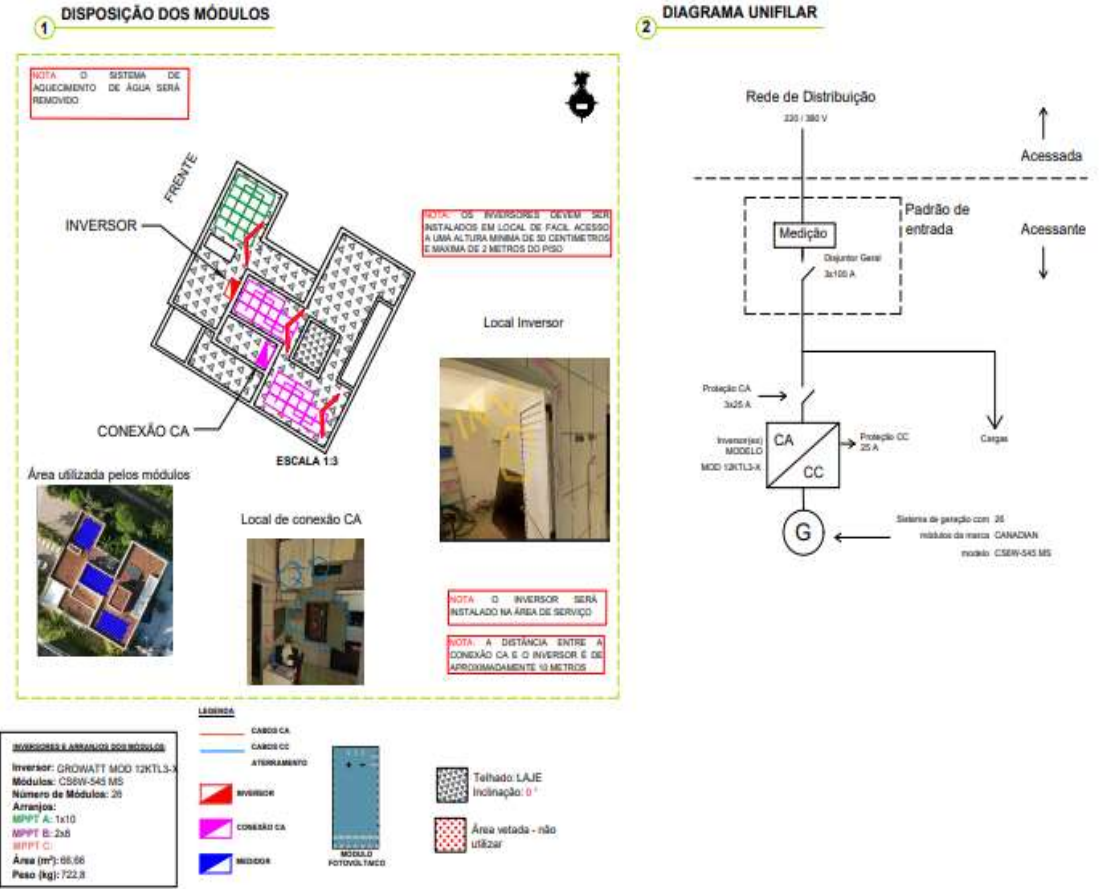
Mas para ter um sistema como demonstrado na Figura 21 é preciso ser realizado um projeto seguindo todas as normas, como por exemplo as normas das concessionárias que fornecem energia para determinada unidade consumidora. Como exemplo será apresentado um projeto residencial da concessionária CELPE, onde são demonstrados os diagramas trifilar, unifilar, disposição dos módulos e forma de montagem como mostra as Figura 22, 23 e 24 respectivamente.

Figura 22 - Diagrama Trifilar



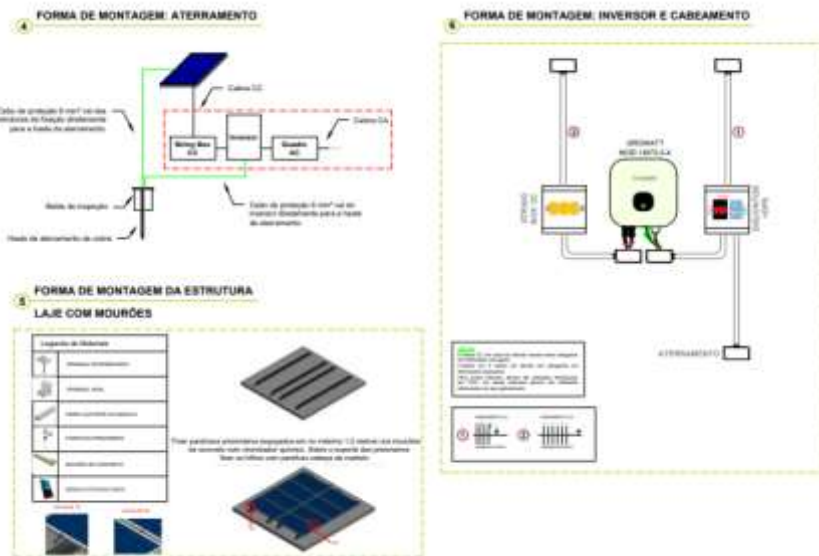
Fonte: Autor (2022)

Figura 23 - Disposição dos módulos e diagrama unifilar

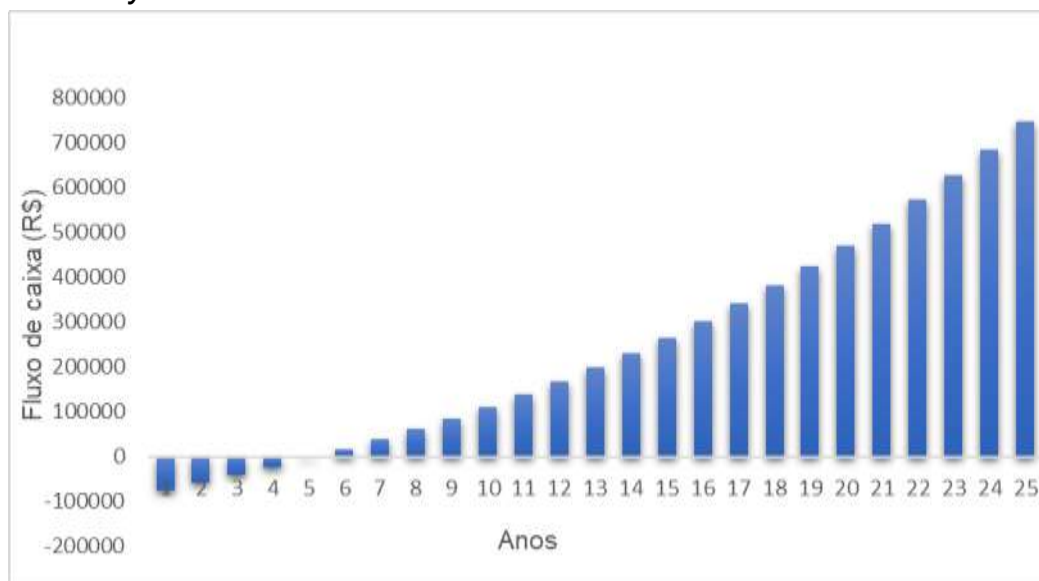


Fonte: Autor (2022)

Figura 24 - Forma de montagem



Fonte: Autor (2022)

Figura 25 - *Payback*

Fonte: Autor (2022)

O gráfico representado na Figura 25, representa o cálculo de fluxo de caixa com o objetivo de calcular o *payback* do projeto de 13,63 kWp e um total de 26 módulos, e um valor investido de R\$ 74.799,52 obtendo um *payback* de aproximadamente quatro anos e meio, sendo que foi considerado no total de 25 anos, que é a vida útil dos painéis solares, comprovando assim a eficiência de energia solar fotovoltaica, a sua sustentabilidade e o retorno de investimento que foi apresentado na Figura 20, como sendo um dos motivos para investir em energia solar.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido às mudanças climáticas e à constante mudança de temperatura, e às crises hídricas frequentes é necessário refletir sobre as nossas ações em relação a poluição e impactos ambientais gerados pelas mesmas. E a produção de energia utilizando recursos não renováveis, como petróleo e carvão são um dos fatores que contribuíram para gerar impactos ambientais. Então uma análise da matriz energética a longo prazo é uma das melhores formas de projetar um futuro energético mais sustentável, e gerando menos impactos sobre o meio ambiente. Através dessa análise foi possível observar um grande potencial para produção de energia utilizando recursos renováveis como, por exemplo energia solar, eólica, biomassa etc. Notou-se que o Brasil pode sim manter a sua produção baseada somente em fontes renováveis se forem feitos investimentos para tal.

Foi possível através desse trabalho propor estratégias de descentralização, apresentando assim as suas vantagens tanto para o sistema como para o consumidor, e tendo em vista que o país tem uma dependência de produção de energia a partir de hidrelétricas, e tem sofrido muito com crises hídricas nos últimos anos, fazendo com que sempre haja aumento na tarifa de energia para o consumidor. Então propor estratégias de descentralização é um caminho que pode ser adotado, visto que o Brasil possui um grande potencial nomeadamente de geração distribuída.

E das estratégias de descentralização foi adotada no trabalho a energia solar fotovoltaica, pois existe um grande potencial espalhado por todo território nacional, estima-se que a média de irradiação diária ao longo de qualquer parte do território nacional varia de 4,1 a 6,5 kWh/m. Com isso os investimentos no setor têm aumentado com o tempo e a prova disso é o aumento no número de sistemas conectados na rede nos últimos anos, sendo que em 2021 já havia 1.073.240 sistemas conectados na rede (micro e minigeração). Segundo dados ANEEL e Absolar a fonte solar teve um aumento de 7.785 MW para 9.451 MW de 2020 para 2021. Analisando esse crescimento foi proposto um projeto residencial de 13,63 kWp, o qual obteve um *payback* de 4 anos e meio, para um investimento de R\$ 74.799,52, comprovando assim que é viável o investimento em energia solar como fonte alternativa, pois o consumidor passa a ter autonomia na produção de energia, além de economia na conta de energia, obtendo, assim, o retorno do seu investimento.

REFERÊNCIAS

ABSOLAR. Energia Solar Fotovoltaica no Brasil o Infográfico ABSOLAR. São Paulo, 2021. Disponível em :<https://www.absolar.org.br/wp-content/uploads/2021/09/2021.09.10-Infografico-ABSOLAR-no-35.pdf>. Acesso em: 07 de junho 2022.

ABSOLAR. Energia Solar Fotovoltaica no Brasil o Infográfico ABSOLAR. São Paulo, 2022. Disponível em :<https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>. Acesso em: 14 de julho 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Resolução Normativa nº 167, de 10 de outubro de 2005. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislação/?id=102483>. Acesso em: 26 de maio de 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislação/?id=342518>. Acesso em: 26 de maio de 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015. Disponível em: <https://microinversor.com.br/resolucao-normativa-687-aneel/?v=19d3326f3137>. Acesso em: 26 de maio de 2022.

BERNI, M. Transição energética: descentralização, descarbonização e digitalização. Revista O Papel, 2021. Disponível em: http://www.revistaopapel.org.br/noticia-anexos/1632431277_854e98fc3f71eb44180adaafc035a910_1352245564.pdf. Acesso em: 19 de junho de 2022.

BLOOMBERG NEW ENERGY FINANCE, “NEW ENERGY OUTLOOK 2021”. Disponível em: <https://about.bnef.com/new-energy-outlook/?bbgsum-page=DG-WS-BRAZIL-BLOG-POST-45223&mpam-page=21141&tactic-page=622450>. Acesso em: 12 de março de 2021

BRASIL. **Decreto nº. 2.003, de 10 de setembro de 1996**. Disponível em: Acessado em 20 de outubro de 2015. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d2003.htm. Acesso em: 26 de março de 2022.

BRASIL. **Decreto nº. 5.163, de 30 de julho de 2004**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5163.HTM. Acessado em 10 de março de 2014.

CANAL ENERGIA, Estudo do Ipea aponta que crise hídrica agravou inflação em 2021. Canal energia, São Paulo. Disponível em: <https://www.canalenergia.com.br/noticias/53194668/estudo-do-ipea-aponta-que-crise-hidrica-agravou-inflacao-em-2021>. Acesso em 12 abril de 2022.

CARLOS, A. *et al.* Como Encaminhar uma Pesquisa?. Editora Atlas 4ª ed., São Paulo, 2002.

CEBDS. White Paper CTÁGUA: Crise hídrica no Brasil. p. 1–4, 2015. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: https://cebds.org/wpcontent/uploads/2016/02/white_paper_ctagua_crise_hidrica_no_brasil.pdf. Acessado em: 4 de abril de 2022.

DENARDIN, M. D´A. Geração descentralizada de energia fotovoltaica no estado do Rio Grande do Sul. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2016. Disponível em: <http://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://tede.upf.br/jspui/bitstream/tede/14012/2016MatheusDavilaDenardin.pdf>. Acesso em 4 de março de 2022.

DIAS, M. V. X.; BOROTNI, E. D. C.; HADDAD, J. Geração distribuída no Brasil : oportunidades e barreiras. **SBPE Sociedade Brasileira de Planejamento Energético**, Revista Brasileira de Energia, vol. 11, nº 2, v. 11, p. 1–11, 2004. Disponível em: <https://sbpe.org.br/index.php/rbe/article/view/181>. Acessado em: 8 de março de 2022.

ENERGÉTICA, E. DE PESQUISA; EPE. Potencial dos Recursos Energéticos no Horizonte 2050. Setembro 2018, p. 186, 2018. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites/pt/publicacoes/dadosabertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico416/NT04%20PR_RecursosEnergeticos%202050.pdf. Acessado em: 12 de abril de 2022.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética Balanço Energético Nacional - Relatório Síntese, 2020. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-521/Relatório Síntese BEN 2020-ab 2019_Final.pdf. Acessado em: 24 de maio de 2022.

EPE. BEN 2021 Relatório Síntese. p. 1–73, 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2021>. Acesso em 23 de abril de 2022.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, Plano Decenal de Expansão de Energia 2030 / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-490/topico564/Minuta do Plano Decenal de Expansao de Energia 2030 PDE 2030.pdf>. Acesso em: 19 de junho de 2022.

EPE, empresa de pesquisa energética- Anuário Estatístico de Energia Elétrica. 2019. Acessado em: https://www.epe.gov.br/sites/pt/publicacoes/dadosabertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anu%C3%A1rio_2019_WEB_alterado.pdf. Acesso em: 12 de maio de 2022.

EPE, empresa de pesquisa energética -Anuário Estatístico de Energia Elétrica. 2020. Acessado em:

<https://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://www.epe.gov.br/sitespt/publicacoes/dadosabertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao160/topico168/Anu%C%A1rio%20Estat%C3%ADstico%20de%20Energia%20EI%C3%A9trica%202020.pdf>. Acesso em: 12 de maio de 2022.

FARIA, A. Crise hídrica. **ECO**A, Mato Grosso do Sul, 2021. Disponível em: <https://ecoa.org.br/estudo-crise-hidrica/>. Acesso em 18 de março de 2022.

FIESP. Mercado livre de energia elétrica. p. 1–16, São Paulo, 2016. Disponível em: <http://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://sitefiespstorage.blob.core.windows.net/uploads/2016/06/deinfra-mercado-livre-energia-eletrica.pdf>. Acesso em: 8 de junho de 2022.

GLOBAL ATLAS. PHOTOVOLTAIC POWER POTENCIAL, 2022. Disponível em: <https://globalsolaratlas.info/download/brazil>. Acesso em: 12 de julho de 2022.

GIELEN, D. et al. The role of renewable energy in the global energy transformation. **Energy Strategy Reviews**, v. 24, n. June 2018, p. 38–50, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X19300082>. Acessado em 16 de maio de 2022.

GREENPEACE. **Relatório revolução energética**, p. 1–96, 2016. Acessado em: https://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://www.greenpeace.org/static/planet4-brasil-stateless/2018/07/Relatorio_RevolucaoEnergetica2016_completo.pdf. Acesso em: 19 de maio de 2022.

JACOBSON, Mark Z. 100% clean, renewable energy and storage for everything. Cambridge University Press, 2020. Disponível em: <https://www.cambridge.org/highereducation/books/100-clean-renewable-energyandstorageforeverything/26E962411A4A4E1402479C5AEE680B08#overview>. Acesso em 14 de junho de 2022.

LAMPIS, A., BERMANN, C. Narrativas de Política Pública e Governança da Energia Distribuída no Brasil. v. 25, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/9gJr5tRkqLw6zvgxttdT5hL/?format=pdf&lang=p>. Acesso em 27 de abril de 2022.

LAVEZZO, C. A. L. Fontes de Energia. 2016. Centro Universitário Amparense, Amparo, 2016. Disponível em: https://portal.unisepe.com.br/unifia/wp-content/uploads/sites/10001/2018/06/012_fontes_energia.pdf. Acesso em: 5 maio 2022

LAVEZZO, C. A. L. Artigo de Publicação para a revista eletrônica Gestão em Foco, **UNIFIA**, p. 25, 2016. Disponível em: chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://portal.unisepe.com.br/unifia/wp-content/uploads/sites/10001/2018/06/012_fontes_energia.pdf. Acesso em 23 de abril de 2022.

LOPES; N. C. F. D. C. M.S. Y. Geração Distribuída de Energia: Desafios e Perspectivas em Redes de Comunicação. **Minicursos XXXIII Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos**, 2015. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://sbrc2015.ufes.br/wp-content/uploads/livro-texto-Minicursos.pdf>. Acesso em: 17 de maio de 2022.

LUCON, J. G. O. Energias renováveis: um futuro sustentável. Revista USP, São Paulo, n. 72, p 6-15, dezembro/fevereiro 2006-2007. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/13564/15382>. Acesso em 18 abril de 2022.

LUCINDA, F. S. Energia Diante a Crise Energética Brasileira. p. 82, 2015. Universidade de Brasília, Brasília, 2015. Disponível em: https://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://bdm.unb.br/bitstream/10483/15033/1/2015_FelipeSilvaLucinda.pdf. Acesso em 3 de maio de 2022.

LUIZ B. S., SILVA T. S. "Energia fotovoltaica: um retrato da realidade brasileira", Artigo Científico in: INOVAE - ISSN: 2357-7797, São Paulo, Vol.5, N.2, JULDEZ, 2017 - p. 26-40. 2017. Disponível em: <https://revistaseletronicas.fmu.br/index.php/inovae/article/view/1670/1267>. Acesso em: 23 de junho de 2022.

MERCEDES, S. S. P., APARECIDA J., DE YSASA P L. Uma revisão histórica do planejamento do setor elétrico brasileiro. Revista USP, n. 104, p. 13-36, 2015. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/106750>. Acesso em 23 de junho de 2022.

MONTE, B.; BASSANI, C. A questão da hidrelétrica como fonte de Energia essencial no modelo atual de sustentabilidade : o caso de. p. 1–23, 2011. Disponível em: https://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.inovarse.org/artigos-por-edicoes/VII-CNEG-2011/T11_0355_1508.pdf. Acesso em: 19 de abril de 2022.

OLIVEIRA, A. P. Aplicação do método de análise hierárquica AHP para a seleção de tecnologias limpas na geração de energia em uma termelétrica a carvão mineral. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/14647/DIS_PPGEP_2017_OLIVEIRA_ANDRESSA.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 23 de junho de 2022.

OLIVEIRA, M. F. DE. Metodologia científica: um manual para a realização de pesquisas em Administração. **Metodologia Científica**, p. 1–73, Universidade Federal de Goiás, Goiás, 2011. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/567/o/Manual_de_metodologia_cientifica_-_Prof_Maxwell.pdf. Acesso em: 21 de maio de 2022.

RODRIGUES, R. Geração eólica evitou racionamento e apagões em 2021. **Canal energia**, São Paulo. Disponível em: <https://www.canalenergia.com.br/noticias/53193218/geracao-eolica-evitou-racionamento-e-apagoes-em-2021>. Acesso em 12 abril de 2022.

RODRIGUES, R. Medidas contra crise hídrica vão causar um rombo de R\$ 140 bilhões. **Canal energia**, São Paulo. Disponível em: <https://www.canalenergia.com.br/noticias/53194257/medidas-contracrise-hidrica-vao-causar-um-rombo-de-r140-bilhoes>. Acesso em 12 abril de 2022.

ROSA, R. O.-, A. Panorama Da Energia Solar Fotovoltaica No Brasil. **Revista Brasileira de Energia Solar Ano**, v. 7, p. 140–147, 2016. Disponível em: <https://rbens.org.br/rbens/article/view/157>. Acesso em: 13 de abril de 2022.

SANTOS, F. A. C. M. DOS; SANTOS, F. M. S. M. DOS. Geração distribuída versus centralizada. **Revista do Instituto Politécnico de Viseu n°**, v. 35, p. 1–15, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ipv.pt/handle/10400.19/350>. Acesso em 22 de maio de 2022.

SANTOS, H. S. Recursos energéticos distribuídos. **FGV Energia**, p. 661–814, Rio de Janeiro 2021. Disponível em: <https://fgvenergia.fgv.br/publicacao/caderno-de-recursos-energeticos-distribuidos>. Acesso em 15 de março de 2022.

SHARA, AL P. Crise hídrica abre oportunidade para fontes renováveis de energia. **Canal Energia**, 2021. Disponível em: <https://www.canalenergia.com.br/artigos/53194824/crise-hidrica-abre-oportunidade-para-fontes-renovaveis-de-energia>. Acesso em 18 abril de 2022.

SIFFERT FILHO, N. F. S., et al. O BNDES e a questão energética e logística da Região Sul. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2014. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/3022/2/O%20BNDES%20e%20a%20quest%c3%a3o%20energ%c3%a9tica%20e%20logistica_4_P.pdf. Acesso em: 10 de junho de 2022.

SILVA L. S., ASSUNÇÃO R. F., SOBRINHO D. C. R., FREITAS E. S., ASSUNÇÃO W. R. Avaliação de Custo Benefício da Utilização de Energia Fotovoltaica. *Revista de Ciência e Tecnologia*. V.5 n.9, 2019. Disponível em: <https://revista.ufrr.br/rct/article/view/5405>. Acesso em 12 de junho de 2022.

SILVA, R. M, Energia solar no Brasil: dos incentivos aos desafios, Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, fevereiro/2015 (Texto para Discussão nº 166). 2015. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/textos-para-discussao/td166>. Acesso em: 23 de junho de 2022.

THYMOS ENERGIA. A Sustentabilidade da distribuição por meio de operadores de sistemas de distribuição. São Paulo, 2021. Disponível em: https://thymosenergia.com.br/wpcontent/uploads/2021/11/20211124_thymos_energia_dso_white_paper.pdf. Acesso em: 22 de junho de 2022.

TOLMASQUIM, M. T.; GUERREIRO, A.; GORINI, R. Matriz energética Brasileira: Uma prospectiva. **Novos Estudos CEBRAP**, n. 79, p. 47–69, 2007. Disponível em:

http://old.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0101-33002007000300003&lng=es&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em 15 de maio de 2022.

VARÃO, D. F. S. *et al.* Demanda de Energia. **arXiv**, v. 1, n. 9, p. 28–49, 2020.

Disponível em:

<https://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-458/DEA%2013-15%20Demanda%20de%20Energia%202050.pdf>. Acesso em 16 de maio de 2022.

WAENGA, A. F. C.; PINTO, D. A. F. Impactos da Geração Distribuída Fotovoltaica no Sistema de Distribuição de Energia Elétrica. p. 105, 2016. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/9955>. Acesso em: 17 de maio de 2022.

ANEXO A- ARTIGO COMPLETO



Universidade Federal do Pampa - Campus Bagé
Curso de Engenharia de Energia
Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso

ANÁLISE DA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA COM ÊNFASE NA DESCENTRALIZAÇÃO

FERNANDES, A. J. M., SILVA, S. N.

¹Universidade Federal do Pampa, Curso de Engenharia de Energia
E-mail: amunikefernandes.aluno@unipampa.edu.br

RESUMO

A energia elétrica é um dos pilares do desenvolvimento de um país ou uma região em quase todas as áreas, com isso suportar e garantir energia elétrica de forma ininterrupta, com menor custo de produção e utilizando melhor os recursos renováveis existentes é um dos desafios para o setor energético brasileiro. Uma matriz energética diversificada viabiliza estudos com a finalidade de analisar as melhores formas de produção de energia, melhorar a eficiência na produção, garantir uma melhor sustentabilidade do setor e, conseqüentemente, reduzir impactos ambientais causados por eles. No ano de 2021, ocorreu uma das maiores crises hídricas dos últimos 90 anos e impactando diretamente no setor energético brasileiro enfatizando ainda mais a necessidade de novos recursos energéticos. Entre as fontes de produção energia elétrica renovável, a solar fotovoltaica tem conquistado cada vez mais espaço no mercado Brasileiro, tanto no modo centralizado de geração de energia, por meio das usinas solares, mas também da forma descentralizada, através da geração distribuída, que permite a qualquer indivíduo, ter seu próprio sistema gerador de energia, interligado à rede de distribuição de sua localidade, ou até mesmo fazer o consumo da energia gerada de forma remota. Baseado nestes aspectos, no presente analisou-se a matriz energética brasileira e propôs-se um projeto fotovoltaico residencial descentralizado como estudo de caso. Os resultados permitiram observar que mesmo com uma representatividade reduzida entre as demais matrizes de energia elétrica no Brasil, o segmento fotovoltaico demonstra um grande crescimento nos últimos 10 anos. Atualmente no Brasil existe mais de 1.360.950 unidades

consumidoras contempladas com sistemas solares e 1.073.240 sistemas conectados na rede, e se seguir nesse ritmo de crescimento esses valores podem aumentar em 3 vezes em um período de 5 anos. Sobre o estudo de caso, projetou-se um sistema com capacidade de 13,63 kWp. O retorno do investimento estimado foi de 4 anos e meio para um investimento de R\$74.799,52. Essa viabilidade econômica foi possível pela redução de custos à unidade consumidora seguindo as diretrizes da resolução normativa nº 482/2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Palavras-chave: Matriz energética. Crise hídrica. Energias renováveis. Descentralização da oferta energética. Energia solar.

ABSTRACT

Electrical energy is the pillar of the development of a country or a region in almost all areas, given this, supporting and guaranteeing electrical energy without interruption, with a lower cost of production, and better utilization of renewable resources is one of the many challenges for the Brazilian energy sector. The objective of the diverse electrical matrix is to analyze better ways to produce energy, improve the efficiency in production, guarantee better sustainability in the sector, and consequently, reduce the environmental impact caused by it. In 2021, one of the biggest hydric crises occurred within the last 90 years and directly impacted the Brazilian energy sector, emphasizing the need for new energetic resources. From the sources of production for renewable electrical energy, the solar photovoltaic has taken up more market share each time in Brazil. Both the centralized model of energy generated, for the solar plant, but also in the decentralized form, through distributed generations, permitted any person to have access to a system generating energy, interconnected to the network distributed in their locality, or until the consumption of generated energy is reached remotely. Based on these aspects, this study analyzes the Brazilian energy matrix and proposes a photovoltaic project decentralized for residences specifically through case studies. The results showed that despite the low representation of photovoltaic projects compared to other electric energy matrices in Brazil, the photovoltaic projects demonstrated significant growth in the last 10 years. Currently, in Brazil, there are more than 1,360,950 units consumed by solar systems and 1,073,240 systems connected to the grid, and if this growth rate continues, these values can multiple 3 times over a 5-year period. The case study projected a system with a capacity of 13.63 kWp. The time of

the return on investment is estimated to be 4.5 years which would cost R\$74,799.52. This economic viability was possible through the reduction of costs for each consumer unit following the order of resolution nº 482/2012 of the National Electric Energy Agency (ANEEL).

Keywords: Energy matrix. Hydric crisis. Renewable energies. Decentralization of energy. Solar energy.

1 INTRODUÇÃO

O setor energético brasileiro é cada vez mais dinâmico e passa por mudanças estruturais significativas em consequência das dimensões territoriais e do regime de chuva que é cada vez menos previsível (MERCEDDES *et al*, 2015).

O modelo elétrico brasileiro é predominantemente hídrico e sensível a períodos de estiagem. Dessa forma, podem ocorrer reduções dos níveis de armazenamento de água dos reservatórios e levar a períodos de racionamento. No contexto em questão, ganham notoriedade as gerações descentralizadas, principalmente de origem renovável, tais como a eólica e a solar (MERCEDDES *et al*, 2015).

Dentre as energias renováveis, se destaca a energia solar obtida por sistemas fotovoltaicos a qual depende exclusivamente da luz do sol. Esse destaque se deve principalmente a algumas vantagens relevantes em relação às demais energias renováveis (SILVA, 2015).

Uma destas vantagens é que sua implementação causa um impacto ambiental significativamente menor do que a implementação das usinas hidrelétricas, por exemplo, as quais tendem a mudar drasticamente o ecossistema em seus arredores. Outro ponto é que durante a geração, a planta fotovoltaica gera uma quantidade quase nula de ruídos e vibração, diferente da energia eólica (SILVA, 2015).

Deste modo, existe uma nova dinâmica em curso com a geração descentralizada de energia. Isso significa, por exemplo, geração de energia renovável através de painéis solares fotovoltaicos e turbinas eólicas espalhados por telhados e/ou dispersos em hectares de terras agrícolas em localidades isoladas (SILVA *et al*, 2019).

Baseado nestes aspectos, no presente analisou-se a matriz energética brasileira e propôs-se um projeto fotovoltaico residencial descentralizado como estudo

de caso. Para analisar a matriz energética, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, utilizando dados fornecidos por fontes oficiais como a ANEEL, EPE, ABSOLAR, MME além de artigos acadêmicos, teses e dissertações publicados nos últimos 10 anos. Após, seguiu-se para o projeto de geração fotovoltaica residencial e estudo de viabilidade financeira.

Os objetivos desse trabalho são analisar a matriz energética brasileira nos últimos 10 anos, propor estratégias de descentralização da oferta energética com ênfase na energia fotovoltaica, e propor um projeto de instalação descentralizado de energia fotovoltaica residencial.

2 METODOLOGIA

A metodologia empregada neste trabalho foi constituída de uma pesquisa exploratória e descritiva a qual teve como principal objetivo obter uma maior familiaridade com tema a ser pesquisado. Esse tipo de metodologia permite ao pesquisador obter um maior conhecimento sobre os fatos, fazendo com que o mesmo obtenha uma formulação mais precisa de problemas a fim de criar hipóteses e realizar novas pesquisa mais estruturadas (OLIVEIRA, 2011).

A pesquisa exploratória tem como principal objetivo desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo sempre em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores. No geral esses tipos de pesquisa são úteis para diagnosticar situações e explorar alternativas ou também descobrir novas ideias (CARLOS *et. al.*, 2002).

Já a pesquisa descritiva que será empregada nesse trabalho tem como principal finalidade a descrição de características ou fenômenos de uma determinada população. Nesse modelo busca-se descrever um fenômeno ou situação em detalhe, geralmente a pesquisa exploratória e descritiva assumem a forma de levantamento (OLIVEIRA, 2011).

Os meios de pesquisa utilizados foram bibliográficos documental, com a análise de dados, artigos, dissertações, anuários estatísticos, balanços energéticos, planos decenais e artigos científicos que abordam o tema, além de relatórios divulgados pelos órgãos públicos e ministérios, sempre analisando dados pertinentes ao estudo como dados geração e suas fontes.

A seguir, realizou-se um estudo de caso voltado para um projeto de instalação de painéis fotovoltaicos em uma residência.

O planejamento da pesquisa feita nesse trabalho foi baseado na metodologia de Denardin (2016), como mostra o fluxograma da Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma da metodologia de estudo



Fonte: Autor (2022)

E para a realização desses projetos foi necessário seguir algumas etapas descritas na Figura 2.

Figura 2 - Etapas para elaboração de projeto solar



Fonte: Autor (2022)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Energia solar fotovoltaica

O potencial energético brasileiro é muito alto em comparação com os demais países ou continentes como, por exemplo, a Europa. Analisando o potencial solar no Brasil, a menor irradiação do país é verificada no litoral norte do estado de Santa Catarina, na ordem de 1500 kWh/m² de irradiação global anual na superfície horizontal. Já a maior irradiação já é verificada no estado de Bahia, sendo na ordem de 2350 kWh/m² de irradiação global horizontal anual (ROSA, 2016).

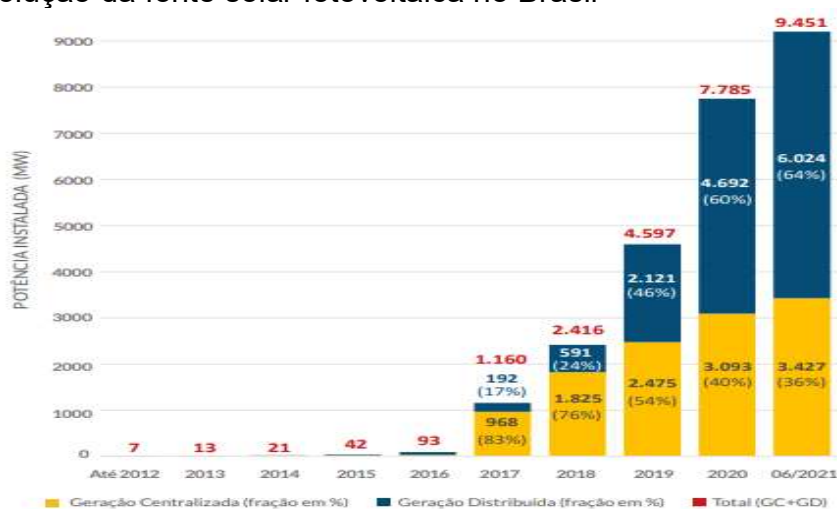
No entanto, a média de irradiação diária ao longo do ano em qualquer parte do território brasileiro irá variar de 4,1 a 6,5 kWh/m (ROSA, 2016) Para poder deixar explícito o grande potencial do Brasil em energia solar deve ser feita a comparação com países que são referência mundial na produção de energia solar como a Alemanha que possui de 2,5 a 3,5 kWh/m² de média diária, tendo altos índice de irradiação o potencial de energia fotovoltaica no Brasil é elevado como mostra a Figura 3 (ROSA, 2016).

Figura 3 - Potencial de energia fotovoltaica no Brasil



A prova desse grande potencial pode ser notada na Figura 4, que mostra a evolução da fonte solar fotovoltaica nos últimos anos (Agência Nacional de Energia Elétrica /ABSOLAR, 2021).

Figura 4 - Evolução da fonte solar fotovoltaica no Brasil



Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica/ ABSOLAR (2021)

Essa crescente no setor solar fotovoltaico traz resultados como 99,9% de todas as conexões de micro e minigeração distribuída são da fonte solar e mais de 1.360.950 unidades consumidoras contempladas com sistema solar e 1.073.240 sistemas conectados na rede além de outros benefícios apresentados na Figura 5 (ABSOLAR, 2022).

Figura 5 - Benefícios da fonte solar ao Brasil

Dados acumulados desde 2012.



Mais de **16,4 GW** operacionais.



Mais de **R\$ 87,1 bilhões** em novos investimentos.



Mais de **492,4 mil** novos empregos gerados.



Mais de **R\$ 23,5 bilhões** em arrecadação de tributos.

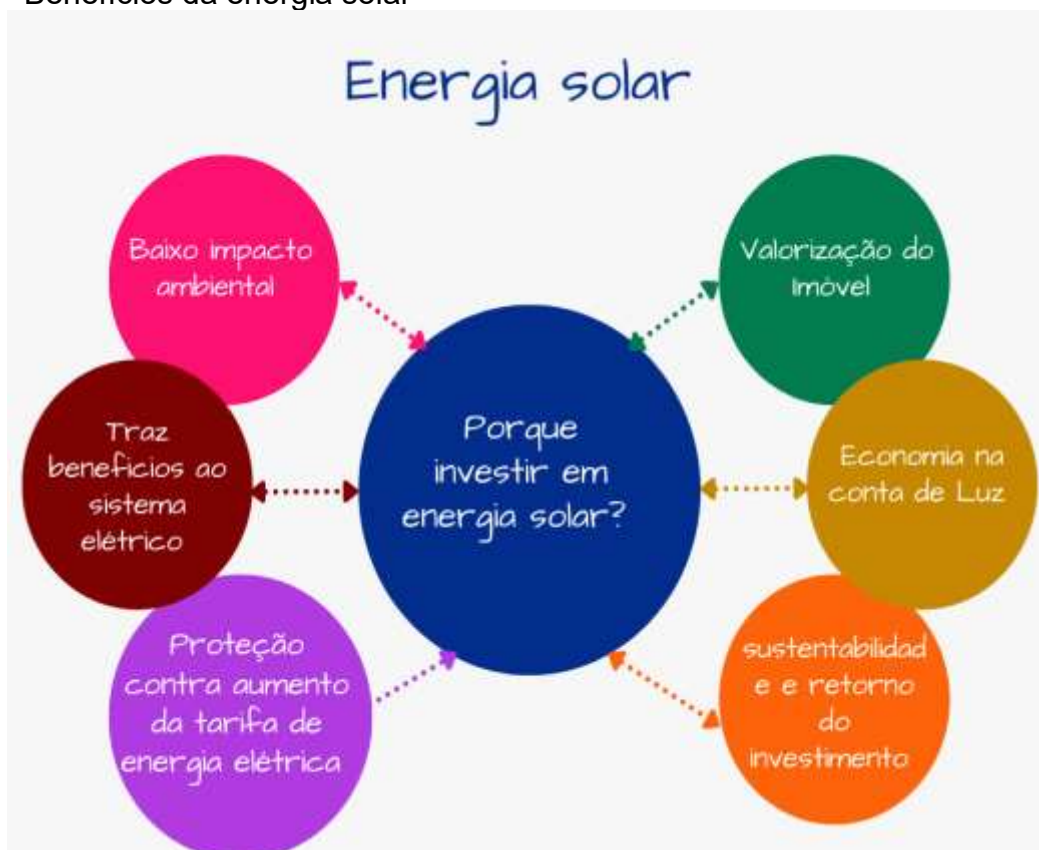


Mais de **24,6 milhões** de toneladas de CO₂ evitadas.

Fonte: Absolar (2022)

Além dos benefícios ao país o investimento em energia solar fotovoltaica traz benefícios diretamente ao consumidor como mostra a Figura 6.

Figura 6 - Benefícios da energia solar

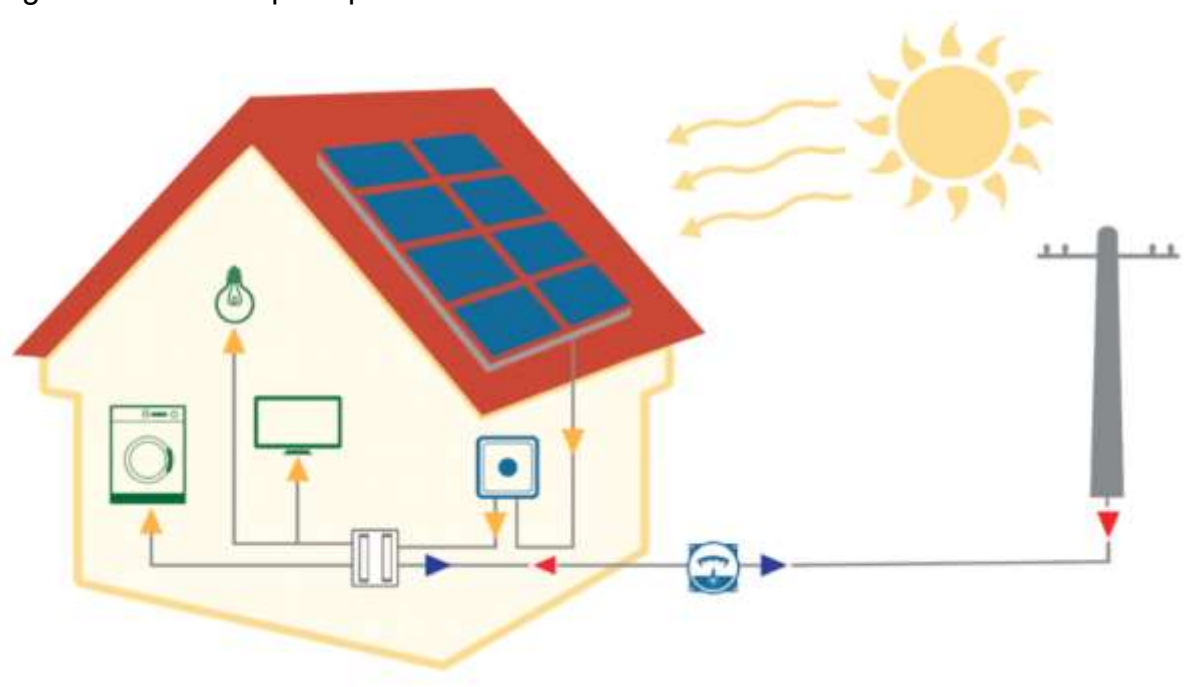


Fonte: Autor (2022)

3.2 Modelo de projeto desenvolvido

O modelo de projeto que será apresentado no trabalho como resultado foi desenvolvido durante o período de estágio, em uma empresa de energia solar, na função de projetista na qual se desenvolvia projetos de microgeração residencial como mostra a Figura 7, que é uma ilustração de um modelo de projeto já instalado.

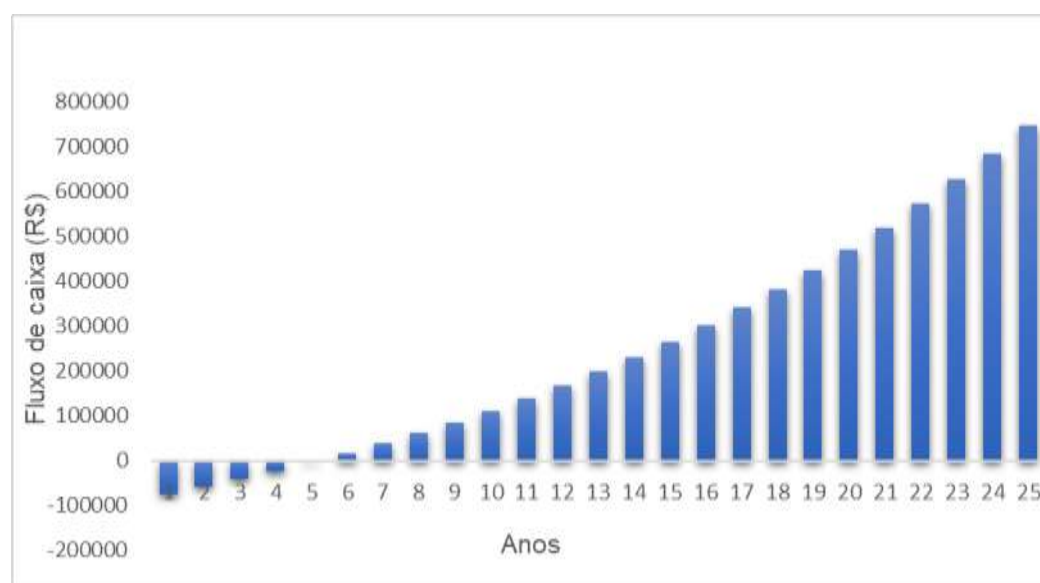
Figura 7- Estrutura principal de um sistema conectado à rede



Fonte: Absolar (2022)

Com o projeto elaborado foi possível elaborar cálculos de *payback* como mostra a Figura 8.

Figura 8 - *Payback*



Fonte: Autor (2022)

O gráfico representado na Figura 25, representa o cálculo de fluxo de caixa com o objetivo de calcular o *payback* do projeto de 13,63 kWp e um total de 26 módulos, e um valor investido de R\$ 74.799,52 obtendo um *payback* de aproximadamente quatro anos e meio, sendo que foi considerado no total de 25 anos, que é a vida útil dos painéis solares, comprovando assim a eficiência de energia solar fotovoltaica, a sua sustentabilidade e o retorno de investimento que foi apresentado na Figura 20, como sendo um dos motivos para investir em energia solar.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido às mudanças climáticas e à constante mudança de temperatura, e às crises hídricas frequentes é necessário refletir sobre as nossas ações em relação a poluição e impactos ambientais gerados pelo mesmo. E a produção de energia utilizando recursos não renováveis, como petróleo e carvão é um dos fatores que contribui para gerar impactos ambientais. Então uma análise da matriz energética a longo prazo é uma das melhores formas de projetar um futuro energético mais sustentável, gerando menos impactos sobre o meio ambiente. Através dessa análise foi possível observar um grande potencial para produção de energia utilizando recursos renováveis como, por exemplo energia solar, eólica, biomassa etc. Notou-se que o Brasil pode sim manter a sua produção baseada somente em fontes renováveis se forem feitos investimentos para tal.

Foi possível através desse trabalho propor estratégias de descentralização, apresentando assim as suas vantagens tanto para o sistema como para o consumidor, e tendo em vista que o país tem uma dependência de produção de energia a partir de hidrelétricas, e tem sofrido muito com crises hídricas nos últimos anos, fazendo com que sempre haja aumento na tarifa de energia para o consumidor. Então propor estratégias de descentralização é um caminho que pode ser adotado, visto que Brasil possui um grande potencial nomeadamente de geração distribuída.

E das estratégias de descentralização foi adotada no trabalho foi energia solar fotovoltaica, pois existe um grande potencial espalhado por todo território nacional, estima-se que a média de irradiação diária ao longo de qualquer parte do território nacional varia de 4,1 a 6,5 KWh/m. Com isso os investimentos no setor têm aumentado com o tempo e a prova disso é o aumento no número de sistemas

conectados na rede nos últimos anos, sendo que em 2021 já havia 1.073.240 sistemas conectados na rede (micro e minigeração). Segundo dados ANEEL e Absolar a fonte solar teve um aumento de 7.785 MW para 9.451MW de 2020 para 2021. Analisando esse crescimento foi proposto um projeto residencial de 13,63 kWp o qual obteve um *payback* de 4 anos e meio, para um investimento de R\$ 74.799,52, comprovando assim que é viável o investimento em energia solar como fonte alternativa, pois o consumidor passa a ter autonomia na produção de energia, além de economia na conta de energia, obtendo, assim, o retorno do seu investimento.

5 REFERÊNCIAS

ABSOLAR. Energia Solar Fotovoltaica no Brasil o Infográfico ABSOLAR. São Paulo, 2021. Disponível em:

<https://www.absolar.org.br/wpcontent/uploads/2021/09/2021.09.10-Infografico-ABSOLAR-no-35.pdf>. Acesso em: 07 de junho 2022.

ABSOLAR. Energia Solar Fotovoltaica no Brasil o Infográfico ABSOLAR. São Paulo, 2022. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>. Acesso em: 14 de julho 2022.

DENARDIN, M. D´A. Geração descentralizada de energia fotovoltaica no estado do Rio Grande do Sul. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2016. Disponível em:<http://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/http://tede.upf.br/jspui/bitstream/tede/1401/2/2016MatheusDavilaDenardin.pdf>. Acesso em 4 de março de 2022.

GLOBAL ATLAS. PHOTOVOLTAIC POWER POTENCIAL, 2022. Disponível em: <https://globalsolaratlas.info/download/brazil>. Acesso em: 12 de julho de 2022.

OLIVEIRA, M. F. DE. Metodologia científica: um manual para a realização de pesquisas em Administração. Metodologia Científica, p. 1–73, Universidade Federal de Goiás, Goiás, 2011. Disponível em:

https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/567/o/Manual_de_metodologia_cientifica_-_Prof_Maxwell.pdf. Acesso em: 21 de maio de 2022.

MERCEDES, S. S. P., APARECIDA J., DE YSASA P L. Uma revisão histórica do planejamento do setor elétrico brasileiro. Revista USP, n. 104, p. 13-36, 2015.

.Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/106750>. Acesso em 23 de junho de 2022.

ROSA, R. O.-, A. Panorama Da Energia Solar Fotovoltaica No Brasil. **Revista Brasileira de Energia Solar Ano**, v. 7, p. 140–147, 2016. Disponível em: <https://rbens.org.br/rbens/article/view/157>. Acesso em: 13 de abril de 2022.

SILVA, R. M, Energia solar no Brasil: dos incentivos aos desafios, Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, fevereiro/2015 (Texto para Discussão nº 166). 2015. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/textos-para-discussao/td166>. Acesso em: 23 de junho de 2022.

SILVA L. S., ASSUNÇÃO R. F., SOBRINHO D. C. R., FREITAS E. S., ASSUNÇÃO W. R. Avaliação de Custo Benefício da Utilização de Energia Fotovoltaica. Revista de Ciência e Tecnologia. V.5 n.9, 2019. Disponível em: <https://revista.ufrr.br/rct/article/view/5405>. Acesso em 12 de junho de 2022

ANEXO B - Cálculo de *payback*

Tabela 2 - Cálculo de *payback*

Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Receita		16192,44	17163,99	18193,83	19285,46	20442,58	21669,14	22969,29	24347,44	25808,29	27356,79	28998,19	30738,09	32582,37	34537,31	36609,55	38806,12	41134,49	43602,56	46218,72	48991,84	51931,35	55047,23	58350,06	61851,07
Investimento (I0)	74799,52																								
Manutenção		80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Fluxo de caixa (FCL)	-74799,52	16272,44	17243,99	18273,83	19365,46	20522,58	21749,14	23049,29	24427,44	25888,29	27436,79	29078,19	30818,09	32662,37	34617,31	36689,55	38886,12	41214,49	43682,56	46298,72	49071,84	52011,35	55127,23	58430,06	61931,07
correção monetária de investimento		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fluxo de caixa (payback)	-74799,52	-58527,08	-41283,1	-23009,3	-3643,81	16878,77	38627,91	61677,19	86104,64	111992,9	139429,7	168507,9	199326	231988,4	266605,7	303295,2	342181,4	383395,8	427078,4	473377,1	522449	574460,3	629587,5	688017,6	749948,7
Inflação no período		5%				Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho	Julho	Agosto	setembro	Outubro	Novembr	Dezembro								
correção valor de energia anual (I0)		6%		Consumo (W)	2047	1854	1696	2071	1356	1406	1434	1393	1309	1852	1671	1879									
taxa de atratividade		12%		Total							18612														
VPL	R114 715,31	R39 915,79																							
TIR		23%																							
Custo Total (R\$)		74.799,52																							
Tarifa Grupo B (R\$)		0,87																							
Potencia do contrato (KWp)		13,63																							
Numero de Módulos		26																							

Fonte: Autor (2022)