

CENTRO PAULA SOUZA
Etec CORONEL FERNANDO FEBELIANO DA COSTA
Técnico em Administração

Alice de Souza

Ana Carolina dos Santos

Camila Marizza

Daniella Lemos Cardoso Pinto

Felipe Brier

**Projeto Supernova: Placas Solares Recicláveis como Alternativa
Sustentável e Acessível na Transição Energética**

Piracicaba

2025

Alice de Souza

Ana Carolina dos Santos

Camila Marizza

Daniella Lemos Cardoso Pinto

Felipe Brier

TÍTULO: subtítulo

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso técnico em administração da Etec Coronel Fernando Febeliano da Costa, orientado pela professora Alda com requisito parcial para obtenção do título de técnico em administração.

Piracicaba

2025

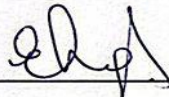
Alice de Souza
Ana Carolina dos Santos
Camila Marizza
Daniella Lemos
Felipe Brier

PROJETO SUPERNOVA
Placas fotovoltaicas feitas de material reciclado

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Administração da Etec Cel. Fernando Febeliano da Costa, orientado pela Prof^a Alda Martins Teixeira de Souza como requisito parcial para obtenção do título de técnico em Administração.

Data de aprovação: 29/11/2025

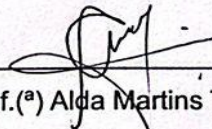
FOLHA DE APROVAÇÃO BANCA EXAMINADORA



Prof.^(a) Eliana Helena Gonçalves da Silva
Etec Coronel Fernando Febeliano da Costa



Prof.^(a) Daiane Aparecida Bueno
Etec Coronel Fernando Febeliano da Costa



Prof.^(a) Alda Martins Teixeira de Souza
Etec Coronel Fernando Febeliano da Costa

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho a todos que caminharam ao nosso lado durante essa jornada acadêmica e contribuíram, direta ou indiretamente, para a concretização deste projeto.

Às nossas famílias, pelo amor incondicional, pelo apoio constante e por acreditarem em nosso potencial mesmo quando nós mesmos duvidamos. Sem o suporte emocional, os conselhos sinceros e a compreensão diante das nossas ausências e cansaços, não teríamos chegado até aqui. Este trabalho também é de vocês.

Aos nossos amigos e colegas de curso, que tornaram a caminhada mais leve com risadas, trocas de ideias, incentivos e, muitas vezes, apenas por estarem ali nos momentos em que mais precisávamos. A convivência com vocês foi essencial para o nosso crescimento pessoal e acadêmico.

Aos nossos professores e orientadores, que nos guiaram com sabedoria, paciência e comprometimento. Agradecemos por compartilharem seu conhecimento, por acreditarem em nosso projeto e por nos desafiarem a pensar de forma crítica, ética e transformadora.

Dedicamos também este trabalho a todos que acreditam no poder da educação, da ciência e da inovação como ferramentas de mudança social e ambiental. A todos os profissionais e pesquisadores que, diariamente, lutam por um futuro mais justo, sustentável e acessível — em especial no campo da transição energética.

E, por fim, dedicamos este TCC a nós mesmos, enquanto grupo, pela parceria, pela persistência, pelo esforço coletivo e pela capacidade de superar os desafios com respeito, colaboração e propósito comum. Que este seja apenas o início de muitas outras realizações que ainda virão.

AGRADECIMENTOS

Nós, integrantes do grupo, expressamos nossa mais sincera gratidão a todas as pessoas e instituições que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

Agradecemos, primeiramente, a Deus, por nos conceder força, saúde e sabedoria durante todo o processo de desenvolvimento deste projeto. Em cada desafio superado, sentimos Sua presença nos guiando.

Às nossas famílias, que sempre estiveram ao nosso lado, oferecendo apoio emocional, incentivo e compreensão nos momentos de ausência e dedicação intensa ao trabalho. Essa conquista também é de vocês.

Registramos nossa gratidão a professora Alda, por sua orientação atenta, pelos ensinamentos valiosos e pela disponibilidade constante em contribuir para o aprimoramento do nosso projeto. Sua participação foi essencial para o amadurecimento da nossa proposta.

Agradecemos aos professores e colegas do curso, que compartilharam conhecimentos, experiências e momentos de colaboração ao longo da nossa jornada acadêmica. Cada contribuição somou para nosso crescimento pessoal e profissional.

À Etec Coronel Fernando Febeliano da Costa, nosso reconhecimento pela estrutura, apoio e oportunidades oferecidas durante todo o curso, que foram fundamentais para a realização deste trabalho.

Por fim, agradecemos a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram com palavras de apoio, ideias, críticas construtivas e incentivo. Este trabalho é resultado de um esforço coletivo, guiado pelo compromisso com a inovação, a sustentabilidade e o conhecimento.

EPÍGRAFE

“Semear ideias ecológicas e plantar sustentabilidade é ter a garantia de colhermos um futuro fértil e consciente.”

- Sivaldo Filho

RESUMO

O projeto Supernova tem como missão desenvolver e comercializar placas solares inovadoras, cuja principal característica é a reciclabilidade, oferecendo uma alternativa sustentável e eficiente para a geração de energia limpa. Em um cenário de crescente demanda por soluções energéticas ecológicas, o projeto visa não apenas democratizar o acesso à energia solar, mas também contribuir para a redução significativa do impacto ambiental causado pelos resíduos de equipamentos solares convencionais, que têm uma vida útil limitada e podem gerar lixo eletrônico nocivo.

Além disso, a proposta busca integrar um modelo de negócios que favoreça a economia circular, reduzindo a necessidade de matérias-primas novas e diminuindo os custos de produção ao longo do tempo. Através da reciclagem e reuso de componentes das placas solares, o projeto almeja mitigar problemas como a escassez de recursos naturais e a poluição gerada pelos sistemas solares tradicionais.

Este trabalho realiza uma análise detalhada da viabilidade técnica, econômica e ambiental do projeto Supernova, destacando seu potencial impacto positivo em diversos aspectos, especialmente no que se refere aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU. O projeto contribui diretamente para a ODS 7 (Energia Acessível e Limpa), ao promover a acessibilidade à energia solar e sua utilização de forma mais eficiente. Além disso, está alinhado com a ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis), ao fomentar a reciclagem de materiais e a redução de desperdícios na indústria solar.

A análise abrange também a avaliação de potenciais mercados e parcerias estratégicas, considerando as tendências globais de transição energética e os avanços tecnológicos no setor. Por fim, o projeto Supernova representa uma solução inovadora que não apenas atende às demandas do mercado por energia limpa, mas também fortalece o compromisso com a sustentabilidade e a preservação do meio ambiente, promovendo uma transformação no setor energético.

Palavras-chave: Energia solar, reciclagem, transição energética, sustentabilidade, placas solares.

ABSTRACT

The Supernova project is committed to developing and commercializing innovative solar panels, whose main feature is recyclability, offering a sustainable and efficient alternative for clean energy generation. In a context of growing demand for eco-friendly energy solutions, the project aims not only to democratize access to solar energy but also to contribute significantly to the reduction of environmental impact caused by waste from conventional solar equipment, which has a limited lifespan and can generate harmful electronic waste.

In addition, the proposal seeks to integrate a business model that promotes the circular economy, reducing the need for new raw materials, and decreasing production costs over time. Through the recycling and reuse of solar panel components, the project aims to mitigate problems such as the scarcity of natural resources and the pollution generated by traditional solar systems.

This work presents a detailed analysis of the technical, economic, and environmental feasibility of the Supernova project, highlighting its potential positive impact in several aspects, especially regarding the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs). The project directly contributes to SDG 7 (Affordable and Clean Energy) by promoting access to solar energy and its more efficient use. It is also aligned with SDG 12 (Responsible Consumption and Production), by encouraging the recycling of materials and waste reduction in the solar industry.

The analysis also includes an assessment of potential markets and strategic partnerships, considering global trends in energy transition and technological advances in the sector. Ultimately, the Supernova project represents an innovative solution that not only meets market demands for clean energy but also strengthens the commitment to sustainability and environmental preservation, promoting a transformation in the energy sector.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Painel solar feito de material reciclado é o futuro da energia solar	8
Figura 2: A reciclagem de painéis solares já é uma prioridade	10
Figura 3: Como reciclar painéis solares no México?	11
Figura 4: Reciclagem de painéis é desafio ambiental para energia solar	12
Figura 5: Políticas públicas: o que são, para que servem e exemplos	15
Figura 6: Como os painéis solares são reciclados?	18
Figura 7: Organização das Nações Unidas (ONU)	19
Figura 8: Como os painéis solares são reciclados?	20
Figura 9: Formando Cidadãos Conscientes para um futuro sustentável	22
Figura 10: Reciclagem de Módulos Fotovoltaicos. É possível?	23
Figura 11: Como os painéis solares são reciclados?	27
Figura 12: Análise SWOT	33
Figura 13: CANVAS	35
Figura 14: Mapa de empatia	38
Figura 15: 5W2H	40
Figura 16: Matriz BCG	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.	8
ONU – Organização das Nações Unidas.	9
ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.	9
MKT – Marketing.	9
PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos.	12
ROI – Retorno sobre investimento.	12
CNN – Cable News Network.	12
ONGS– Organizações Não Governamentais.	13
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica.	14
TCC – Trabalho de Conclusão de Curso.	16
IRENA – Agência Internacional de Energia Renovável.	19
IEA – Agência Internacional de Energia.	22
WEEE – Diretiva de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos.	27
ACV – Análise de ciclo de vida.	31
SWOT - Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats.	38
5W2H – What, Why, Who, When, Where, How.	45
BCG - Boston Consulting Group	47

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	8
Objetivo Geral.....	8
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
Conceito de MKT.....	9
SITUAÇÃO PROBLEMA.....	9
JUSTIFICATIVA.....	9
ODS 7.....	9
ODS 12.....	9
ODS 13.....	9
METODOLOGIA.....	10
Análise de Mercado e Viabilidade Tecnológica.....	11
Análise Ambiental e Social.....	12
Avaliação de Políticas Públicas.....	13
REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
Gerenciamento de Resíduos.....	15
Energia solar como alternativa sustentável.....	16
Importância da transição energética sustentável.....	17
DESENVOLVIMENTO.....	18
Educação Ambiental e Consciência Cidadã.....	21
Transição Energética e a Ascensão da Energia Solar.....	22
Impactos da Transição Energética.....	23
Desafios da Transição Energética.....	23
Gestão do Ciclo de Vida das Placas Fotovoltaicas.....	25
O Projeto Supernova: Inovação Tecnológica e Inclusão Energética.....	26
Sustentabilidade Corporativa e Responsabilidade Ambiental.....	26
Energia Solar como Instrumento de Justiça Ambiental e Social.....	27
Legislações no mundo para reciclagem de módulos fotovoltaicos.....	27
Materiais que compõem as placas solares.....	27
Separação dos materiais.....	28
A Vida Útil e a Reciclagem dos Painéis Solares.....	29
Descarte e reciclagem de painéis solares.....	29
Tecnologias de reciclagem de painéis solares.....	29
Reciclagem de painéis solares à base de silício.....	30
Reciclagem de painéis solares de filme fino.....	30

Benefícios econômicos da reciclagem de painéis solares	31
RESULTADOS ESPERADOS.....	32
Viabilidade Tecnológica.....	32
Impacto Ambiental.....	32
Impacto Social	32
Impacto Econômico	33
Alinhamento com os ODS	33
ANÁLISE DOS RESULTADOS	34
Análise Técnica	34
Análise Ambiental.....	34
Análise Social e Econômica.....	35
ANÁLISE DE GRÁFICOS	35
Gráfico 1 – Faixa etária dos respondentes	36
Gráfico 2 – Gênero dos respondentes	36
Gráfico 3 – Fontes de energia sustentável conhecidas	37
Gráfico 4 – Energia sustentável e meio ambiente	37
Gráfico 5 – Impactos na qualidade e custo de vida	38
Gráfico 6 – Expansão da utilização da energia sustentável	38
Gráfico 7 – Incentivo governamental	39
Gráfico 8 – Tipo de incentivo considerado mais eficaz	39
Gráfico 9 – Interesse em implementar energia sustentável no dia a dia	40
Gráfico 10 – Barreiras para adoção	41
FERRAMENTAS.....	41
Análise Swot.....	41
CANVAS	43
Mapa da Empatia	46
5W2H.....	49
Matriz BCG	51
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	53
REFERÊNCIAS.....	54

A crescente demanda por soluções energéticas sustentáveis tem impulsionado o desenvolvimento de tecnologias que atendam às necessidades de consumo sem agravar os impactos ambientais. Nesse cenário, a energia solar desponta como uma alternativa promissora para a transição energética global. Contudo, o alto custo das tecnologias ainda representa uma barreira para o acesso democrático à energia limpa.

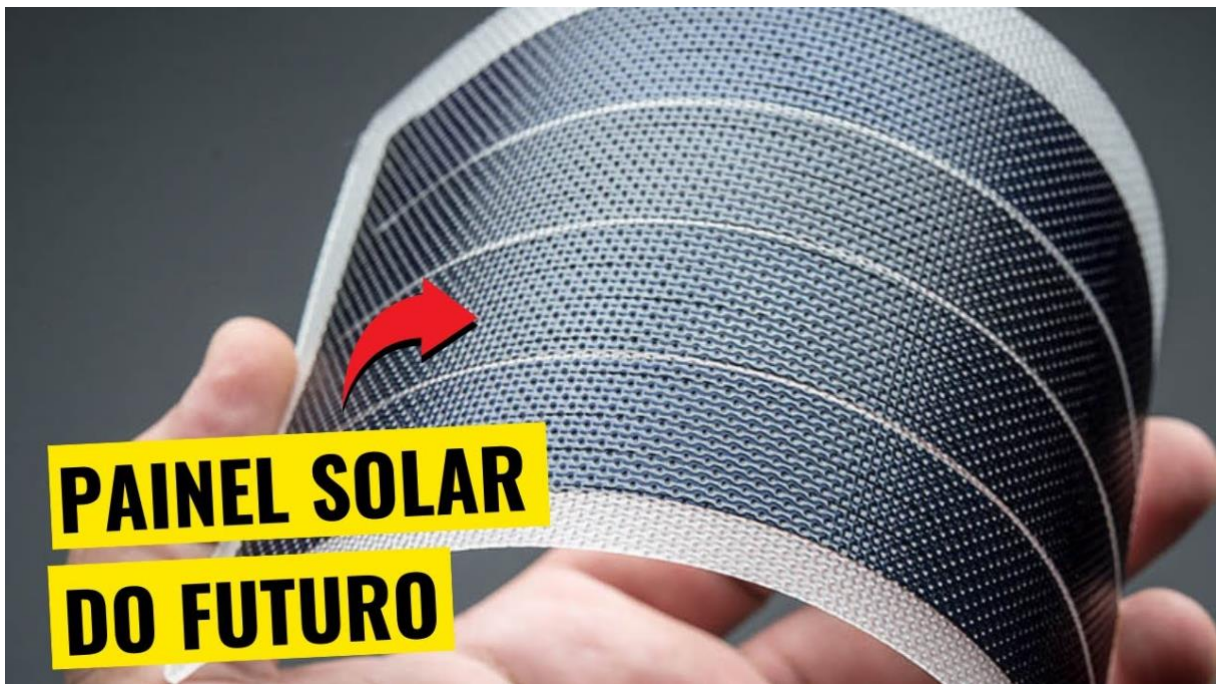
Com o objetivo de democratizar o uso da energia solar e reduzir os resíduos tecnológicos, o projeto Supernova propõe a criação e comercialização de placas solares recicláveis, oferecendo uma solução inovadora, acessível e ecologicamente responsável. A proposta visa alcançar residências, pequenos negócios e comunidades em situação de vulnerabilidade energética, aliando sustentabilidade ambiental e inclusão social.

Ao propor o desenvolvimento de placas solares mais acessíveis e com menor impacto ambiental ao final de seu ciclo de vida, o projeto contribui diretamente para a redução do uso de energia não renovável, a mitigação das mudanças climáticas e o enfrentamento do acúmulo de lixo eletrônico. Trata-se, portanto, de uma iniciativa estratégica no contexto da transição energética justa.

Objetivo Geral

Analisar de que forma a criação e comercialização de placas solares recicláveis pode contribuir para a democratização do acesso à energia limpa, redução do impacto ambiental e promoção da sustentabilidade no setor energético.

Figura 1: Painel solar feito de material reciclado é o futuro da energia solar



FONTE: MANUAL DA ENERGIA SOLAR (3 de fevereiro de 2021)

2. Objetivos Específicos

- Investigar os principais problemas ambientais relacionados ao uso de fontes não renováveis e ao descarte inadequado de painéis solares;
- Apresentar soluções tecnológicas e econômicas para a produção e reaproveitamento de placas solares recicláveis;
- Avaliar o potencial de impacto social e ambiental da tecnologia proposta pelo modelo Supernova;
- Verificar o alinhamento da proposta com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, especialmente o ODS 7 – Energia Limpa e Acessível, ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis e ODS 13 – Ação contra a Mudança Global do Clima.

2.1 Conceito de MKT

Analisar como a criação de placas solares recicláveis pode viabilizar o uso de energia solar por um público mais amplo, ao mesmo tempo em que minimiza o impacto ambiental do descarte de resíduos tecnológicos, promovendo inovação sustentável e inclusão energética.

3. Situação-Problema

O atual modelo de produção e descarte de tecnologias energéticas, especialmente painéis solares, enfrenta diversos desafios: alto custo, baixa taxa de reciclagem e falta de políticas públicas eficazes para reaproveitamento de resíduos tecnológicos. Paralelamente, milhões de pessoas ainda não têm acesso à energia limpa, enquanto o planeta sofre com os efeitos das mudanças climáticas e da exploração intensiva de recursos não-renováveis

4. Justificativa

A proposta Supernova se justifica por sua relevância ambiental, econômica e social. Do ponto de vista ambiental, contribui para reduzir o descarte inadequado de tecnologias e a emissão de gases de efeito estufa. Socialmente, amplia o acesso à energia renovável, promovendo justiça energética. Economicamente, incentiva a inovação e o desenvolvimento de novos modelos de negócio sustentáveis.

O projeto está alinhado à Agenda 2030 da ONU, contribuindo especialmente para os seguintes Objetivos de Desenvolvimento Sustentável:

- **ODS 7 – Energia Limpa e Acessível:** ao promover o acesso a tecnologias energéticas mais baratas e sustentáveis.
- **ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis:** ao estimular práticas de reciclagem e reaproveitamento de materiais tecnológicos.
- **ODS 13 – Ação contra a Mudança Global do Clima:** ao reduzir a dependência de fontes fósseis e promover soluções de baixo carbono.

Figura 2: A reciclagem de painéis solares já é uma prioridade



FONTE: PORTAL ENERGIA (2 de Novembro de 2023)

Dessa forma, a proposta destaca-se como uma alternativa inovadora e viável para o desenvolvimento sustentável e o enfrentamento das emergências climáticas atuais.

5. Metodologia

A metodologia a ser empregada neste estudo será de natureza aplicada, com abordagem quantitativa e qualitativa, buscando compreender e analisar as implicações do desenvolvimento e comercialização de placas solares recicláveis para a democratização do acesso à energia limpa, a redução do impacto ambiental e a promoção da sustentabilidade no setor energético. A pesquisa será dividida em três etapas principais: análise de mercado e viabilidade tecnológica, análise ambiental e social, e avaliação de políticas públicas relacionadas ao tema. Na análise de mercado e viabilidade tecnológica, será avaliada a aceitação do mercado consumidor, a análise de custos envolvidos na produção das placas solares recicláveis, bem como os potenciais inovações tecnológicas que poderiam otimizar sua produção em larga escala. A análise ambiental focará na redução da pegada de carbono, na redução de resíduos tecnológicos e no impacto da reciclagem dos componentes das placas solares, levando em consideração os benefícios a longo prazo dessa tecnologia. A parte social da pesquisa investigará como o uso de placas solares recicláveis pode contribuir para a inclusão energética, especialmente em comunidades que enfrentam dificuldades no acesso a fontes de energia limpa e sustentável, promovendo um modelo de energia mais justo e acessível. Já na avaliação de políticas públicas, serão analisadas as regulamentações atuais e futuras que possam apoiar ou dificultar a adoção em massa de sistemas fotovoltaicos

recicláveis, considerando ainda propostas de incentivos fiscais, subsídios e normativas que favoreçam tanto a produção quanto o uso de tecnologias sustentáveis dentro do setor energético. A pesquisa também se concentrará em como as políticas públicas podem ser adaptadas ou criadas para potencializar o impacto do projeto, incentivando a transição para um modelo energético mais sustentável e acessível.

Figura 3: Como reciclar painéis solares no México?



FONTE: SUNCORE (21 de outubro de 2020)

5.1 Análise de Mercado e Viabilidade Tecnológica

A primeira fase da pesquisa consistirá em realizar um levantamento detalhado sobre as tecnologias existentes para a produção de placas solares recicláveis, além de uma análise de mercado para avaliar a aceitação dessa nova tecnologia, seu custo de produção e os potenciais canais de distribuição. Será importante também identificar os materiais alternativos que podem ser utilizados para substituir componentes tradicionais dos painéis solares, como vidro reciclado, polímeros biodegradáveis e metais reaproveitados, que possam garantir a mesma eficiência energética sem comprometer a sustentabilidade. Nesse sentido, será necessário realizar uma investigação minuciosa sobre as inovações materiais que estão sendo testadas em laboratórios e indústrias, além de analisar as parcerias com fornecedores de materiais reciclados que possam se integrar ao processo de produção de maneira eficiente e econômica. Para essa análise, serão consultados relatórios técnicos e estudos de caso de empresas e pesquisas focadas na inovação em tecnologias fotovoltaicas recicláveis, bem como os principais desafios que envolvem a adaptação dos processos produtivos para incorporar materiais recicláveis sem perda significativa de desempenho.

A pesquisa incluirá também entrevistas com engenheiros e especialistas do setor de energia solar e reciclagem, além de visitas a fábricas que já estão implementando tecnologias sustentáveis e práticas de economia circular na produção de painéis solares. Essas entrevistas e visitas visam obter uma compreensão aprofundada sobre as barreiras tecnológicas e as

possíveis soluções inovadoras que possam viabilizar a produção em larga escala de painéis solares recicláveis, mantendo a competitividade de custo em relação às alternativas tradicionais. Também será considerado o impacto das novas regulamentações ambientais e padrões de mercado que estão influenciando o setor, bem como os incentivos fiscais e subsídios governamentais para práticas de produção sustentável.

Além disso, será conduzida uma análise de mercado focada na aceitação do consumidor e na disposição das empresas em adotar essa tecnologia. Será realizado um levantamento sobre as preferências dos consumidores, os canais de comercialização mais eficazes e o potencial de crescimento do mercado de painéis solares recicláveis em diferentes segmentos, como residências, empresas de pequeno porte e comunidades em regiões remotas. A viabilidade econômica da produção também será um ponto-chave da análise, levando em consideração custos de fabricação, custos de transporte, instalação e manutenção, além de avaliar o retorno sobre investimento (ROI) tanto para os consumidores quanto para os produtores. Com base nessas informações, será possível criar um panorama do mercado e entender as barreiras de entrada para a adoção em larga escala dessa nova tecnologia.

Figura 4: Reciclagem de painéis é desafio ambiental para energia solar



FONTE: PROJETO COLABORA (7 de julho de 2021)

5.2 Análise Ambiental e Social

A segunda etapa do estudo irá focar nos impactos ambientais da produção e descarte de painéis solares convencionais e recicláveis. Para isso, será conduzido um levantamento dos principais resíduos gerados pela fabricação e uso dos módulos fotovoltaicos, com especial atenção para o descarte inadequado de componentes como vidro, metais pesados e substâncias tóxicas, que, quando não reciclados corretamente, podem causar contaminação dos solos e da água, além de gerar riscos à saúde humana. Serão analisados também os impactos ambientais

da extração de matérias-primas essenciais para a fabricação dos módulos solares, como o silício, o telúrio e o cobre, cujo processo de mineração frequentemente envolve grandes danos ecológicos, incluindo desmatamento, poluição e emissões de gases de efeito estufa. Neste ponto, será possível comparar a pegada ecológica da produção de painéis solares convencionais com a produção de modelos recicláveis, com ênfase na redução de impactos negativos associados à extração e ao descarte de materiais.

Além disso, será realizada uma pesquisa de campo com comunidades em situação de vulnerabilidade energética, com o objetivo de entender as barreiras e as necessidades locais em relação ao acesso à energia solar. Será investigado o nível de conscientização sobre as soluções energéticas sustentáveis, a percepção sobre a energia solar como uma alternativa viável e o potencial de aceitação de tecnologias mais acessíveis e recicláveis. Também será explorada a viabilidade de implementar soluções baseadas em placas solares recicláveis nessas áreas, levando em consideração a infraestrutura local, os custos de instalação e manutenção, além de aspectos culturais e econômicos que possam influenciar a adoção de energia solar.

A pesquisa de campo será conduzida por meio de entrevistas com moradores locais, líderes comunitários, representantes de ONGs e profissionais do setor de energia, além de observação direta das condições de acesso à energia nessas comunidades. Será dada especial atenção às questões de energia acessível, onde a falta de acesso à eletricidade e a dependência de fontes não renováveis geram impactos negativos em diversos aspectos da vida cotidiana, como saúde, educação e segurança.

A análise social também incluirá a avaliação do impacto potencial do projeto em termos de inclusão social, com ênfase em como a implementação de uma tecnologia mais acessível e ecologicamente responsável pode melhorar a qualidade de vida das populações beneficiadas. A proposta de painéis solares recicláveis não só visa a mitigação de impactos ambientais, mas também a promoção da justiça energética, contribuindo para a equidade no acesso à energia limpa e a redução das desigualdades sociais. Serão analisados os benefícios econômicos locais, como a geração de empregos na instalação e manutenção de sistemas solares, além da possibilidade de estímulo a um mercado de trabalho verde, capacitando comunidades para a gestão e a reciclagem dos painéis solares no futuro. Com isso, espera-se que o projeto Supernova seja um motor de transformação social e ambiental, promovendo uma solução que seja simultaneamente sustentável e inclusiva.

5.3 Avaliação de Políticas Públicas

A terceira etapa envolverá uma revisão crítica das políticas públicas atuais voltadas para a promoção de energia renovável, a gestão de resíduos tecnológicos e o incentivo à inovação sustentável. A pesquisa investigará como o governo e as instituições reguladoras podem apoiar a implementação do projeto Supernova, por meio de incentivos fiscais, subsídios à produção e programas de educação e conscientização ambiental. A análise será focada em identificar quais são as políticas existentes que favorecem a adoção de tecnologias limpas, bem como as lacunas que ainda precisam ser preenchidas para garantir uma transição energética justa e eficaz. Além disso, serão analisadas as regulamentações que incentivam a implementação de soluções sustentáveis no setor energético, como incentivos à pesquisa e ao desenvolvimento de novas tecnologias fotovoltaicas recicláveis.

Será dado um destaque especial ao papel da logística reversa no contexto das políticas públicas, especialmente no que diz respeito à reciclagem de módulos fotovoltaicos. O estudo investigará como as leis e regulamentações sobre gestão de resíduos tecnológicos, como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) no Brasil, podem ser ampliadas ou ajustadas para incluir dispositivos que incentivem a reciclagem e o reaproveitamento dos componentes dos painéis solares. Isso inclui avaliar o suporte a sistemas de coleta, transporte e reaproveitamento de módulos solares, além de identificar possíveis incentivos para empresas que adotam práticas de economia circular, como o desenvolvimento de painéis solares recicláveis.

Serão realizadas entrevistas com formuladores de políticas públicas e representantes de órgãos reguladores, como a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e o Ministério do Meio Ambiente, para compreender suas perspectivas sobre o apoio a soluções inovadoras e sustentáveis no setor de energia. As entrevistas também buscarão entender como o governo pode auxiliar as empresas no processo de transição para tecnologias mais sustentáveis e como as políticas de incentivo fiscal podem tornar a energia solar mais acessível para a população de baixa renda.

Além disso, será realizada uma análise comparativa das melhores práticas adotadas por outros países que estão na vanguarda da transição energética e da economia circular, como Alemanha, Japão e países escandinavos. Estes países possuem políticas robustas de incentivo à energia renovável e à reciclagem de resíduos tecnológicos, incluindo módulos fotovoltaicos, e podem servir de modelo para a implementação de soluções semelhantes no contexto brasileiro. A ideia é identificar os aspectos que poderiam ser adaptados ou aplicados na realidade local para promover a adoção em larga escala de tecnologias solares recicláveis.

Essa análise das políticas públicas também buscará identificar oportunidades para o fortalecimento do setor energético renovável, com foco em políticas que favoreçam a redução do custo de produção, a melhoria da eficiência das tecnologias solares e o aumento da conscientização ambiental, tanto entre empresas quanto consumidores. A implementação de programas de educação e treinamento sobre os benefícios da energia solar e as melhores práticas de descarte e reciclagem também será um foco, considerando seu impacto na mudança de comportamento da população em relação ao consumo energético e à sustentabilidade. Com isso, a terceira etapa buscará criar um panorama completo das condições políticas e regulatórias que podem facilitar ou dificultar o avanço do projeto Supernova e, por extensão, da adoção de placas solares recicláveis como uma alternativa sustentável e acessível para a população.

Figura 5: Políticas públicas: o que são, para que servem e exemplos



FONTE: CNN BRASIL (18 de Abril de 2023)

6. Referencial teórico

6.1 Gerenciamento dos resíduos.

“A crescente quantidade de módulos fotovoltaicos desativados nos Estados Unidos levou a uma discussão sobre opções e oportunidades de gestão. Opções de gerenciamento para os painéis que chegaram ao final da via útil incluem reutilização, reciclagem e recuperação de recursos. A disposição de módulos fotovoltaicos aumenta a carga sobre a capacidade do aterro sanitário no país, enquanto a reconstrução para reutilização e opções de reciclagem para recuperar materiais valiosos fornecem ao mercado secundário oportunidades e benefícios auxiliares” (WECKEND et al., 2016).

Essa citação é diretamente ligada ao problema central do TCC, pois estudos apontam que a destinação inadequada de placas solares pode sobrecarregar aterros. Em pesquisas aplicadas, como as de gestão de resíduos nos EUA e na Europa, a reciclagem de módulos fotovoltaicos já se mostrou uma alternativa viável, reduzindo impactos ambientais e fomentando o mercado secundário de materiais.

“A reciclagem de módulos fotovoltaicos pode recuperar materiais de alto valor (por exemplo, silício, índio, prata, telúrio e cobre) para uso na fabricação nacional ou para venda no mercado de commodities. Uma recuperação nacional autossuficiente desses recursos pode reduzir a dependência de importações estrangeiras e aliviar as restrições de recursos. Além disso, a recuperação desses materiais também pode reduzir resíduos, os impactos ambientais e a energia total necessária para minerar, transportar e refinar materiais virgens e fabricar novos módulos fotovoltaicos” (CURTIS et al., 2021).

Essa teoria já foi utilizada em estudos que avaliam a viabilidade econômica da reciclagem de placas solares, mostrando que a recuperação de metais preciosos reduz custos industriais e fortalece a independência energética de países. Em TCCs semelhantes, essa visão sustenta a ideia de que a reciclagem não é apenas ambientalmente correta, mas também financeiramente estratégica.

6.1 Energia solar como alternativa sustentável

“A crescente demanda por energia elétrica no mundo traz consigo a busca por opções de fontes alternativas frente aos combustíveis fósseis, como a energia solar, cuja geração está atrelada ao efeito fotovoltaico, observado pela primeira vez por Edmond Becquerel” (1839) (PRADO, 2018).

Essa citação contextualiza o surgimento da energia solar, essencial para embasar o TCC. Estudos anteriores usaram essa fundamentação histórica para justificar a importância da energia fotovoltaica como alternativa sustentável frente ao uso de combustíveis fósseis.

“Entende-se por sustentabilidade “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades” (WCDE, 1987) Já a definição do termo sustentabilidade corporativa ainda não é bem claro por este estar associado a termos presentes no meio empresarial como responsabilidade social, responsabilidade social corporativa ou cidadania corporativa.” (ANDRADE, 2017).

Essa definição serve como base para discutir o impacto das empresas que investem em reciclagem de placas solares. Trabalhos anteriores aplicaram essa visão para demonstrar que companhias que adotam práticas de reciclagem conseguem alinhar lucratividade à responsabilidade socioambiental.

“Nesse contexto, ambientalistas e ONGs, desenvolveram ações com o intuito de frear os danos causados ao planeta, todavia, a sociedade ainda absorvia lentamente a consciência da necessidade de cuidar do meio ambiente (ALIGLERI, 2009). Por outro lado, pesquisadores da área buscavam provar que desenvolvimento econômico sustentável é possível, e pode até mesmo gerar lucro para a empresa. Na literatura pode-se encontrar obras com relatos sobre práticas de sustentabilidade que geram receita e até reduzem custos para as organizações”. (ANDRADE, 2017) .

Esse trecho já foi utilizado em estudos de gestão ambiental para mostrar que a reciclagem de módulos fotovoltaicos não só evita danos ambientais, mas também cria oportunidades de lucro e redução de custos, algo comprovado por experiências em países que estruturaram cadeias de reaproveitamento de painéis solares.

“O conceito de desenvolvimento sustentável trata de um novo olhar sobre a maneira da sociedade se relacionar com o ambiente, garantindo a continuidade da vida no planeta indefinidamente”. (ANDRADE, 2017). Trabalhos acadêmicos sobre placas solares recicladas utilizam essa definição para reforçar a ideia de que a reciclagem prolonga o ciclo de vida dos módulos e reduz os impactos ambientais, contribuindo para a sustentabilidade global.

“Por fim falaremos sobre a energia solar, que dentre as fontes de energias renováveis, origina praticamente todas as outras fontes de energéticas na Terra. De acordo com Pinho e Galdino (2014, p. 47) [13], a energia proveniente do Sol é a fonte mais abundante e inesgotável na escala terrestre de tempo, tanto como fonte de calor como de luz. Deste modo, é possível através da radiação solar obter energia indireta, mediante a aplicação de coletores ou concentradores solares, ou energia direta, por meio de energia solar fotovoltaica.” (MARIANO, 2022).

Essa base já foi usada em TCCs que destacam o potencial da energia solar no Brasil. No caso das placas recicladas, esse argumento fortalece a justificativa de investir em reaproveitamento, já que a demanda por módulos solares tende a crescer exponencialmente.

“O efeito fotovoltaico é definido como a transformação da energia contida na irradiação solar em energia elétrica. Esse fenômeno foi observado pela primeira vez por um físico francês Edmond Becquerel em 1839, quando este descobriu uma tensão resultante da ação da irradiação solar sobre um eletrodo metálico imerso em uma solução química”. (MARIANO, 2022).

Estudos anteriores usaram essa explicação para fundamentar a parte técnica da geração de energia solar. Em TCCs sobre reciclagem de placas, essa base ajuda a mostrar a importância de manter a eficiência dos módulos, mesmo após processos de reaproveitamento.

“A radiação solar é a forma de transferência de energia advinda do Sol, através da propagação de ondas eletromagnéticas” (MARIANO, 2022). Esse conceito foi explorado em pesquisas para reforçar a ciência por trás da energia solar. Em relação ao TCC, ele serve para fundamentar a importância de preservar a captação dessa radiação mesmo em módulos reciclados.

“É fonte de energia limpa, pois não polui e não prejudica o ecossistema; renovável; abundante e permanente. O aproveitamento dessa importante fonte de energia, especialmente em um país como o Brasil, com bons índices de insolação em qualquer parte do território, tanto como fonte de calor (energia solar térmica) quanto fonte de luz (energia solar fotovoltaica), é uma das alternativas energéticas mais promissoras.” (PEREIRA, 2014).

Estudos anteriores utilizaram essa citação para destacar o Brasil como um dos países com maior potencial de crescimento na energia solar. No contexto da reciclagem, isso reforça a necessidade de estruturar um sistema sustentável de reaproveitamento de placas, já que a expansão do setor inevitavelmente aumentará o descarte.

6.2 Importância da transição energética sustentável

“A necessidade de estabelecer a relação entre cidadania e meio ambiente está expressa no direito do indivíduo ter um meio ambiente saudável e no dever que cada um tem de defender a preservação e o equilíbrio dos recursos naturais e da biodiversidade...” (PEREIRA, 2014)

Essa visão já foi aplicada em estudos que tratam a reciclagem de módulos fotovoltaicos como uma prática de cidadania ambiental, em que a sociedade e as empresas assumem o compromisso com a preservação.

“É necessária a busca por energias alternativas, por fontes que não sejam tão poluidoras. É preciso reduzir a quantidade de lixo, evitar o desmatamento de florestas, a exploração excessiva de recursos naturais e a contaminação das fontes de água.” (PEREIRA, 2014).

Essa citação foi usada em trabalhos que defendem a reciclagem como solução para reduzir lixo tecnológico e resíduos tóxicos. No TCC, ela se conecta diretamente ao objetivo de reciclar placas solares para minimizar impactos ambientais.

7. Desenvolvimento

A crescente demanda por soluções energéticas sustentáveis tem motivado avanços significativos na pesquisa e no desenvolvimento de tecnologias que atendam às necessidades da sociedade contemporânea sem comprometer o equilíbrio ambiental. Nesse cenário, a energia solar emerge como uma das principais alternativas para a transição energética, por tratar-se de uma fonte limpa, renovável e de ampla disponibilidade. No entanto, a ampla adoção dessa tecnologia ainda enfrenta entraves importantes, entre os quais se destacam o elevado custo de aquisição dos sistemas fotovoltaicos e a problemática relacionada ao descarte dos painéis ao final de sua vida útil.

Figura 6: Como os painéis solares são reciclados?



FONTE: ENERGIA SOLAR SHOP (20 de março de 2020)

A composição dos painéis solares envolve materiais como vidro, alumínio, plásticos e metais pesados, cujo descarte inadequado pode causar impactos ambientais severos, incluindo contaminação do solo e da água, além da geração de resíduos de difícil decomposição. Embora esses equipamentos possuam uma longa vida útil, estimada em cerca de 25 anos, a inexistência de políticas públicas efetivas para sua reciclagem e reaproveitamento agrava a problemática do lixo eletrônico, configurando um desafio ambiental de proporções crescentes.

Neste contexto, o projeto Supernova apresenta-se como uma proposta inovadora voltada à criação e comercialização de placas solares recicláveis. A iniciativa visa viabilizar o acesso à energia solar por meio do desenvolvimento de tecnologias ambientalmente responsáveis e economicamente acessíveis. Ao propor o uso de materiais recicláveis na fabricação dos painéis, o projeto busca reduzir o impacto ambiental gerado pelo descarte de componentes eletrônicos, ao mesmo tempo em que promove a inclusão energética de comunidades em situação de vulnerabilidade socioeconômica.

A proposta destaca-se por seu caráter multidimensional, ao integrar aspectos ambientais, sociais e econômicos. Ambientalmente, a utilização de materiais reciclados contribui para a

mitigação dos impactos associados à extração de matérias-primas e à disposição final inadequada de resíduos tecnológicos. Socialmente, a redução dos custos de produção pode ampliar significativamente o acesso à energia solar em regiões com baixa infraestrutura energética, promovendo equidade e justiça energética. Sob a perspectiva econômica, o projeto estimula a inovação, fomenta a economia circular e viabiliza novos modelos de negócio sustentáveis, com potencial para geração de emprego e renda.

O alinhamento da proposta com a Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU) reforça sua relevância no cenário global. O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 7 – Energia Limpa e Acessível, propõe garantir o acesso universal, confiável, sustentável e moderno à energia, sendo diretamente contemplado pela proposta Supernova. Da mesma forma, o ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis é atendido por meio do incentivo à reutilização de materiais e ao reaproveitamento de recursos tecnológicos, promovendo práticas sustentáveis ao longo de toda a cadeia produtiva. Por fim, o ODS 13 – Ação Contra a Mudança Global do Clima é contemplado pela redução da dependência de fontes fósseis e pela contribuição para uma matriz energética de baixo carbono.

Figura 7: Organização das Nações Unidas (ONU)



FONTE: INFOESCOLA (17 de maio de 2017)

Do ponto de vista tecnológico, a produção de painéis solares recicláveis requer inovações que permitam manter a eficiência energética dos sistemas fotovoltaicos, mesmo com a substituição de materiais tradicionais por alternativas recicladas ou recicláveis. Diversos estudos e iniciativas têm demonstrado a viabilidade técnica dessa substituição, especialmente

com o uso de vidro reciclado, polímeros biodegradáveis e metais reaproveitados. A simplificação dos processos de montagem e desmontagem dos painéis também contribui para facilitar sua manutenção e eventual descarte, ampliando a sustentabilidade do produto ao longo de seu ciclo de vida.

De acordo com o programa de sistemas fotovoltaicos da Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA), até 2050 os painéis fotovoltaicos poderão atingir 78 megatons em todo o planeta. No entanto, reciclando e recuperando, 2.000 milhões de painéis poderiam ser produzidos novamente.

Isso significa que, se um processo correto de reciclagem de painéis fotovoltaicos for realizado, a produção de energia solar implicaria um processo ainda mais sustentável e ecológico.

Até o momento, dois processos são utilizados para a reciclagem de painéis solares: térmico e mecânico.

Reciclagem térmica: A técnica de reciclagem padrão é baseada no tratamento térmico e envolve a queima dos plásticos para separar as células do vidro. Isso é aproximadamente 80% do painel. Em seguida, diferentes processos químicos são realizados para remover a camada anti-reflexa, se houver, e separar os contatos de metal. As borrachas de silicone também podem ser reutilizadas. Este material pode ser reciclado até quatro vezes.

Reciclagem mecânica: A segunda técnica de reciclagem usada é mecânica. Consiste em moer todo o painel transparente de sua estrutura e depois trabalhar com processos químicos. É triturado para extrair os materiais e depois processado para obter materiais secundários. Ambos os processos são realizados em usinas de reciclagem.

Figura 8: Como os painéis solares são reciclados?



FONTE: ENERGIA SOLAR SHOP (20 de março de 2020)

Além disso, a proposta Supernova pode contribuir significativamente para o desenvolvimento de políticas públicas voltadas à gestão dos resíduos tecnológicos. A partir da institucionalização de incentivos fiscais, subsídios à produção de tecnologias limpas e programas de educação ambiental, é possível consolidar um ecossistema favorável à adoção massiva de soluções como a apresentada neste projeto. Tal perspectiva é particularmente importante em países em desenvolvimento, onde a lacuna no acesso à energia ainda representa um obstáculo ao progresso socioeconômico.

Em síntese, ao propor uma alternativa de baixo custo, reciclável e tecnicamente viável para a geração de energia solar, o projeto Supernova representa uma resposta concreta aos desafios contemporâneos do setor energético. Sua concepção integra inovação tecnológica, responsabilidade ambiental e justiça social, configurando-se como uma solução estratégica no contexto da transição energética justa e da construção de um futuro sustentável.

O livro *Ecocidadão*, de Denise Scabin Pereira e Regina Brito Ferreira, trata da urgente necessidade de integrar a educação ambiental à prática cotidiana da cidadania, destacando o papel central do indivíduo na construção de um mundo mais sustentável. Com uma abordagem clara e acessível, os autores abordam questões como consumo responsável, preservação ambiental, reciclagem e reaproveitamento de materiais, além de promoverem o uso de fontes alternativas de energia, como a solar e a eólica, para a mitigação dos danos ambientais. O livro não apenas educa sobre práticas individuais sustentáveis, mas também propõe um engajamento ativo dos cidadãos na proteção do meio ambiente e no combate aos problemas causados pelo modelo de produção linear, que gera desperdícios e sobrecarga dos ecossistemas.

7.1 Educação Ambiental e Consciência Cidadã

A educação ambiental tem um papel fundamental na construção de uma sociedade mais consciente e responsável em relação ao meio ambiente. Em um contexto onde a degradação dos ecossistemas se intensifica, torna-se urgente promover a conscientização dos cidadãos sobre seus direitos e deveres ambientais. A sensibilização da população é essencial para que cada indivíduo compreenda sua responsabilidade na preservação dos recursos naturais e na promoção de um futuro sustentável.

Pesquisadores e especialistas da área ambiental apontam que o conceito de cidadania vai além dos direitos civis e políticos, incluindo também o dever de proteger a biodiversidade e adotar práticas que reduzam os impactos negativos das atividades humanas. A educação ambiental, nesse sentido, atua como um instrumento transformador, estimulando o engajamento social, a participação ativa em causas ambientais e a construção de uma cultura voltada à sustentabilidade.

Figura 9: Educação ambiental: Formando Cidadãos Conscientes para um futuro sustentável



FONTE: MAXIMIZE EDUCAÇÃO (28 de outubro de 2024)

7.2 Transição Energética e a Ascensão da Energia Solar

A transição energética é um processo global que visa substituir a dependência de combustíveis fósseis por fontes de energia renováveis e sustentáveis, como a solar e a eólica. Esse movimento não só tem como objetivo a redução das emissões de gases de efeito estufa, mas também busca aumentar a eficiência energética, descarbonizar setores como o transporte e a indústria, e fortalecer a infraestrutura de energia. A transição energética é uma estratégia fundamental para limitar o aumento da temperatura global abaixo de 1,5°C, conforme estipulado pelo Acordo de Paris.

Avanços na Energia Renovável

A transição energética tem sido acompanhada de avanços significativos, especialmente no campo das energias renováveis. Em 2022, cerca de 83% da capacidade elétrica adicionada globalmente provinha de fontes renováveis, com destaque para a energia solar e eólica. A capacidade instalada de energia renovável no mundo passou de 753 gigawatts (GW) em 2000 para mais de 3.146 GW em 2022, refletindo um crescimento acelerado nas últimas duas décadas.

A energia solar lidera esse crescimento, com a instalação de novos painéis solares atingindo 1.000 GW em 2023, o que é suficiente para abastecer cerca de 300 milhões de residências. A energia eólica também tem mostrado resultados expressivos, especialmente na China, que é responsável por mais de 30% da capacidade instalada global.

Redução de Custos e Competitividade

Um dos principais fatores que tem impulsionado a transição energética é a significativa redução dos custos das tecnologias renováveis. Desde 2010, o custo da energia solar caiu mais de 80%, enquanto o custo da energia eólica terrestre diminuiu cerca de 60%. Essas quedas de

preços tornaram as energias renováveis economicamente competitivas com os combustíveis fósseis, especialmente em regiões com grande potencial para geração solar e eólica.

Descarbonização dos Setores Industrial e de Transporte

A eletrificação de setores como o transporte e a indústria é outro pilar importante da transição energética. O número de veículos elétricos no mundo, por exemplo, passou de 2 milhões em 2016 para mais de 27 milhões em 2023. Esse crescimento foi impulsionado por políticas de incentivo à adoção de veículos elétricos e pelo banimento gradual de carros movidos a gasolina e diesel em diversos países, como na Europa e na China.

No setor industrial, o hidrogênio verde tem ganhado destaque como uma alternativa de baixo carbono. Países como Alemanha, Japão e Coreia do Sul estão investindo fortemente no desenvolvimento de tecnologias que possibilitem o uso do hidrogênio em indústrias pesadas e no transporte de longo alcance.

7.3 Impactos da Transição Energética

Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa

A substituição dos combustíveis fósseis por energias renováveis tem um impacto direto na redução das emissões de CO₂. A Agência Internacional de Energia (IEA) estima que, desde 2000, as energias renováveis evitaram a emissão de cerca de 7 bilhões de toneladas de CO₂. Além disso, a transição energética é considerada uma das principais ferramentas para atingir a neutralidade de carbono até 2050.

Geração de Empregos Verdes

A expansão das energias renováveis também tem gerado um número crescente de empregos, principalmente em áreas como instalação de painéis solares, manutenção de parques eólicos e pesquisa em novas tecnologias verdes. De acordo com a IRENA, o setor de energias renováveis já emprega mais de 12 milhões de pessoas no mundo, com perspectivas de crescimento até 2030.

Diversificação Econômica

A transição energética tem gerado novas oportunidades econômicas, principalmente para países que, tradicionalmente, dependem da importação de combustíveis fósseis. A produção local de energia limpa, por meio de parques solares e eólicos, pode melhorar a segurança energética e reduzir a dependência de mercados internacionais voláteis.

A crescente conscientização sobre os impactos ambientais dos combustíveis fósseis e a urgência em garantir segurança energética para as futuras gerações têm acelerado o avanço das energias renováveis. Nesse contexto, a energia solar se destaca como uma das fontes mais promissoras para uma matriz energética sustentável no século XXI. Dados da Agência Internacional de Energia (IEA, 2020) mostram que o setor solar fotovoltaico está em rápida expansão, impulsionado pela busca por energia limpa e pela queda nos custos de produção e instalação.

7.4 Desafios da Transição Energética

Infraestrutura e Armazenamento de Energia

Apesar dos avanços, a transição energética ainda enfrenta desafios significativos. A intermitência da geração de energia solar e eólica exige soluções para armazenamento de energia em larga escala. O investimento em tecnologias de baterias e em sistemas de armazenamento de longo prazo é essencial para garantir a confiabilidade e a acessibilidade da energia renovável. Além disso, a modernização das redes elétricas para suportar a integração das fontes renováveis é um desafio crescente.

Dependência de Combustíveis Fósseis

Embora as energias renováveis estejam crescendo rapidamente, os combustíveis fósseis ainda representam cerca de 80% da matriz energética global. Países como China, Índia e Estados Unidos, que dependem fortemente de carvão, petróleo e gás, enfrentam desafios econômicos e políticos para acelerar a transição. O setor de carvão, em particular, continua a ser um grande emissor de CO₂ e responde por cerca de 40% das emissões globais desse gás.

Equidade e Transição Justa

Um dos maiores desafios da transição energética é garantir que ela ocorra de maneira justa. As comunidades que dependem da indústria de combustíveis fósseis, como as regiões produtoras de carvão e petróleo, podem enfrentar perdas de emprego e impactos econômicos negativos. Para mitigar esses efeitos, é fundamental implementar políticas públicas de apoio e capacitação para os trabalhadores que migram para setores mais sustentáveis.

O Futuro da Transição Energética

O futuro da transição energética depende de ações coordenadas e de investimentos robustos em tecnologias verdes, infraestrutura e políticas públicas. Para atingir a neutralidade de carbono até 2050, será necessário acelerar ainda mais o crescimento das energias renováveis, melhorar a eficiência energética e desenvolver soluções inovadoras, como o hidrogênio verde e o armazenamento de energia.

Estudos indicam que a capacidade de energia solar e eólica precisa triplicar até 2030 para que o mundo tenha uma chance real de atingir as metas do Acordo de Paris. Além disso, é crucial ampliar o financiamento climático, especialmente para apoiar os países em desenvolvimento, que enfrentam desafios adicionais para implementar a transição energética.

A crescente conscientização sobre os impactos ambientais das fontes fósseis e a urgência em garantir segurança energética para as futuras gerações aceleraram o avanço das energias renováveis. Nesse contexto, a energia solar se destaca como uma das fontes mais promissoras para uma matriz energética sustentável no século XXI. Dados da Agência Internacional de Energia (IEA, 2020) mostram que o setor solar fotovoltaico está em rápida expansão, impulsionado pela busca por energia limpa e pela queda nos custos de produção e instalação.

Figura How to be an Eco-Friendly Creative



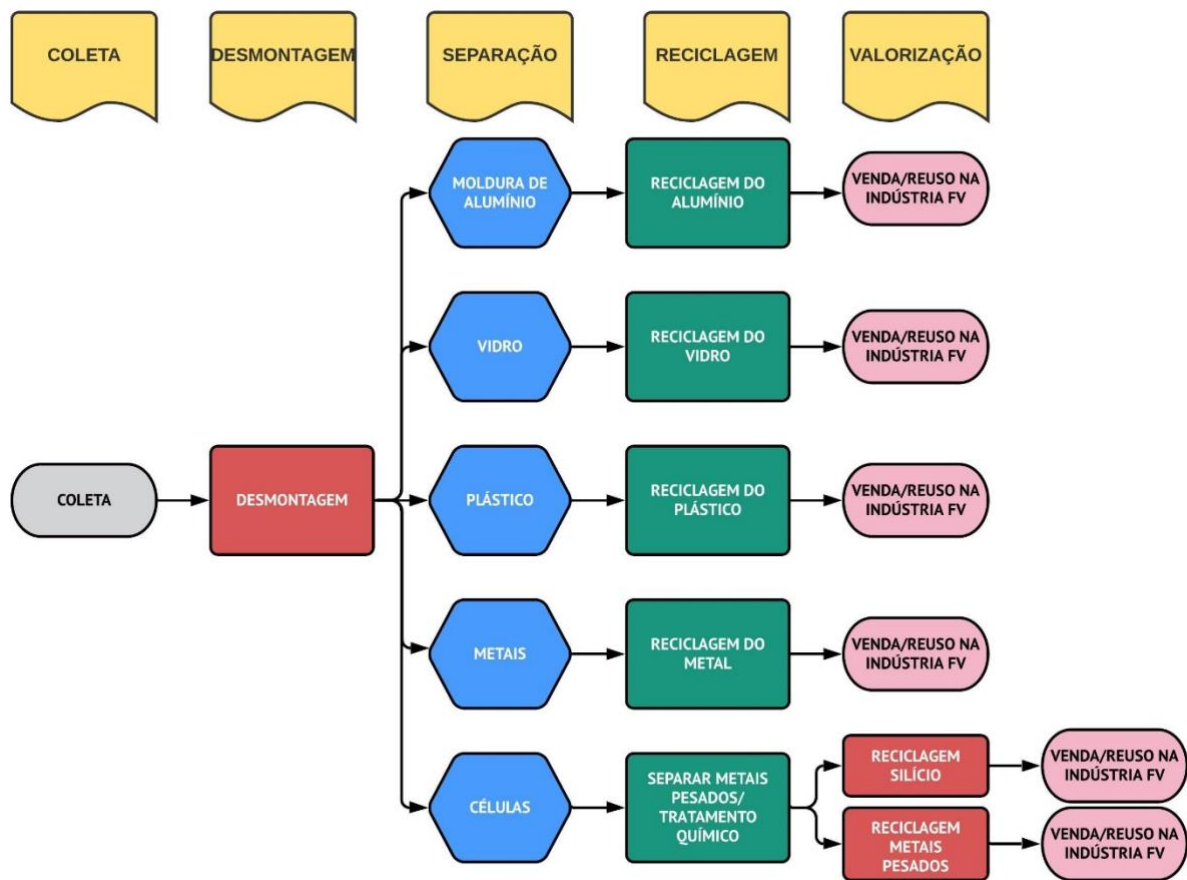
FONTE: CREATIVEPRO NETWORK (11 de abril de 2024)

A energia solar fotovoltaica se destaca por sua versatilidade e capacidade de geração descentralizada. De acordo com estudos de especialistas no campo, ela é uma das fontes mais abundantes e inesgotáveis de energia disponíveis na Terra. A radiação solar pode ser convertida em eletricidade ou calor através de tecnologias específicas. A geração de energia a partir do efeito fotovoltaico, um fenômeno descoberto no século XIX, apresenta uma solução eficaz para a diversificação da matriz energética, ao mesmo tempo que contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa.

7.5 Gestão do Ciclo de Vida das Placas Fotovoltaicas

Apesar de ser uma tecnologia limpa, a energia solar apresenta desafios relacionados aos materiais utilizados em seus sistemas, como silício, vidro, alumínio, telúrio, índio e prata. A extração desses recursos e o descarte inadequado podem gerar impactos ambientais significativos. A logística reversa, que envolve a coleta, reciclagem e reaproveitamento dos materiais dos painéis solares desativados, surge como uma solução eficaz para mitigar esses impactos. A reutilização de componentes e a reciclagem não só preservam os recursos naturais, mas também contribuem para a diminuição dos resíduos eletrônicos nos aterros sanitários.

Figura 10: Reciclagem de Módulos Fotovoltaicos. É possível?



FONTE: ENERGES (31 de agosto de 2020)

7.6 O Projeto Supernova: Inovação Tecnológica e Inclusão Energética

Dentro desse cenário de desafios e soluções, o projeto Supernova se destaca como uma inovação essencial. Seu objetivo é o desenvolvimento e a comercialização de placas solares recicláveis, com o intuito de reduzir os impactos ambientais causados pelo descarte inadequado de equipamentos eletrônicos e democratizar o acesso à energia solar, especialmente em comunidades vulneráveis. O projeto visa unir dois pilares fundamentais da sustentabilidade: o uso de fontes de energia renováveis e o reaproveitamento de materiais recicláveis.

O diferencial do projeto está na implementação do conceito de economia circular. Ao utilizar materiais reciclados como vidro, polímeros biodegradáveis e metais reaproveitados, o projeto contribui para a redução do desperdício e para a melhoria da eficiência na produção de painéis solares. Além disso, seu design modular facilita a desmontagem e reutilização das partes, garantindo a sustentabilidade do produto ao longo de seu ciclo de vida.

7.7 Sustentabilidade Corporativa e Responsabilidade Ambiental

O conceito de sustentabilidade corporativa tem ganhado crescente relevância nos últimos anos, com as empresas sendo desafiadas a adotar práticas responsáveis em relação ao meio ambiente, à sociedade e à economia. O projeto Supernova reflete essa tendência ao integrar

inovação tecnológica e responsabilidade social, contribuindo também para a transição energética. Empresas que investem em soluções sustentáveis, como a produção de placas solares recicláveis, podem não apenas melhorar sua reputação e reduzir custos operacionais, mas também abrir novos mercados e gerar oportunidades de emprego e renda, especialmente em regiões de alta vulnerabilidade social.

7.8 Energia Solar como Instrumento de Justiça Ambiental e Social

A proposta do projeto Supernova se alinha diretamente ao conceito de justiça social e ambiental, buscando a inclusão energética por meio de fontes renováveis e limpas. No caso deste projeto, a energia solar não é apenas uma alternativa ambientalmente positiva, mas também se torna um vetor de transformação social. Ao promover o acesso à energia solar em comunidades com pouca infraestrutura energética, o projeto contribui para a melhoria da qualidade de vida de populações marginalizadas, proporcionando o acesso a serviços essenciais como saúde, educação e comunicação.

7.9 Legislações no mundo para reciclagem de módulos fotovoltaicos

Atualmente, como vimos, existem soluções para a reciclagem dos módulos fotovoltaicos, quando esses chegam ao fim de sua vida útil.

Em alguns locais do mundo já existe uma legislação específica para o tema.

Pela legislação da União Europeia, os fabricantes são responsáveis por garantir que os seus módulos fotovoltaicos sejam reciclados de forma adequada quando os mesmos se tornarem inutilizáveis.

- No Japão, Índia e Austrália, os requisitos de reciclagem estão em andamento.
- Já nos Estados Unidos não tem uma regra geral. Com exceção de uma lei estadual em Washington, o país não tem legislação de reciclagem de energia solar.
- No Brasil esse processo está em andamento, algumas empresas estão buscando se consolidar no mercado para que o processo se inicie de fato, inspirados nas experiências internacionais.
- Mas assim como nos Estados Unidos, ainda não temos uma legislação própria para reciclagem de energia solar, apenas a política de resíduos sólidos.

7.10 Materiais que compõem as placas solares

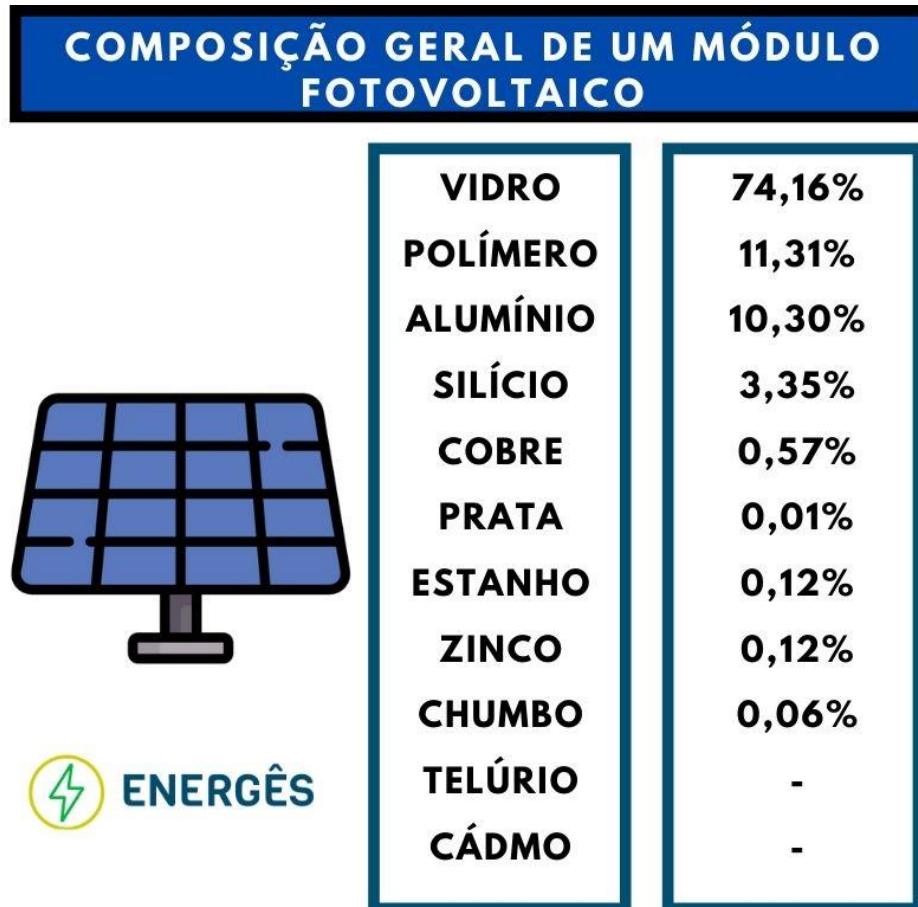
Um módulo fotovoltaico de 72 células tem cerca de 23kg.

Cerca de 97% do módulo fotovoltaico pode ser reciclado, atualmente.

O material com peso predominante é o vidro que corresponde por cerca de 74% do peso total.

Polímeros plástico são 11% do peso, alumínio são 10%, silício são 3% e ainda pode haver em um módulo: cobre (Cu), prata (Ag), estanho (Sn), zinco (Zn) e chumbo (Pb), com menos de 1% cada.

Figura 11: Reciclagem de Módulos Fotovoltaicos. É possível?



FONTE: ENERGÊS (31 de agosto de 2020)

A prata, por exemplo, é um material nobre com alto valor no mercado, cotada por cerca de R\$52/kg, já o cobre R\$22/kg e o alumínio R\$6,9/kg.

Comumente são 2,3 gramas de prata, 131 gramas de cobre e 2,37 quilos de alumínio

7.11 Separação dos materiais

A principal etapa da reciclagem é a de separação. Os materiais recebidos passam por uma triagem inicial. Após essa avaliação inicial, o primeiro passo é a retirada mecânica do quadro de alumínio exterior junto com os conectores e a caixa de junção. Em seguida, os módulos vão para o processo de remoção do vidro.

O que sobra depois da retirada do vidro, do alumínio e do plástico, é incinerado e tratado quimicamente para a separação de outros metais. Os materiais coletados mais comumente são: alumínio, vidro, prata, cobre, plástico e silício

Este é um exemplo de processo, mas na reciclagem temos basicamente 3 principais métodos são eles:

- Mecânico: Em que é feita trituração e separação principalmente do vidro;
- Químico: Onde é feita a separação dos metais pesados, podendo ser feita a recuperação das células fotovoltaicas;
- Térmico: Utilizado para os retirar os polímeros.

Após a coleta e separação, os materiais são enviados para seus devidos compradores, que são empresas de reciclagem e beneficiamento dos materiais puros, que transformarão os materiais coletados em matérias primas com as características necessárias para cada tipo de indústria a que se destinam.

Podemos dizer que os métodos de reciclagem dos módulos fotovoltaicos ainda estão sendo desenvolvidos, mas já existem algumas plantas em funcionamento no mundo próprias para esse processo, a primeira deles foi construída na França

7.12 A Vida Útil e a Reciclagem dos Painéis Solares

Uma das principais dúvidas de quem considera investir em energia solar é: quanto tempo duram os painéis solares? De acordo com estudos e com as garantias oferecidas pela maioria dos fabricantes, a vida útil média dos painéis fotovoltaicos é de aproximadamente 30 anos.

Durante esse período, é natural que ocorra uma leve redução na eficiência dos painéis. Estima-se que, nos primeiros 10 a 12 anos de funcionamento, a perda de eficiência não ultrapasse 10%, chegando a um máximo de 20% após 25 anos. No entanto, na prática, diversos relatos mostram que essa perda pode ser ainda menor, ficando entre 6% e 8% após 25 anos de uso.

Com base nisso, é possível afirmar que a vida útil dos painéis solares pode ser superior à estimativa inicial. Painéis de alta qualidade podem funcionar por até 40 anos, embora com uma performance gradualmente reduzida. Mesmo assim, continuam sendo uma fonte viável de geração de energia por um longo período.

7.13 Descarte e reciclagem de painéis solares

Do ponto de vista regulatório, os resíduos provenientes de painéis solares ainda são, em sua maioria, classificados como resíduos comuns. A exceção ocorre na Diretiva de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (WEEE), em que os painéis são considerados como lixo eletrônico.

Diante disso, os fabricantes de módulos fotovoltaicos têm obrigações legais a cumprir, especialmente no que diz respeito a padrões de descarte responsável e reciclagem, a fim de minimizar o impacto ambiental dos equipamentos ao final de sua vida útil. A crescente preocupação ambiental levou à criação de tecnologias específicas para reciclagem solar, em colaboração com instituições governamentais e o setor privado.

Sem essas iniciativas, estima-se que até 2050 o mundo acumularia cerca de 60 milhões de toneladas de resíduos fotovoltaicos em aterros sanitários. Como as células fotovoltaicas contêm substâncias potencialmente tóxicas, esse descarte inadequado comprometeria a sustentabilidade da energia solar. Por isso, a ideia de que os painéis solares não podem ser reciclados é incorreta.

7.14 Tecnologias de reciclagem de painéis solares

A reciclagem dos painéis solares ainda está em expansão e depende de infraestrutura adequada e avanços tecnológicos. Algumas tecnologias já alcançam até 96% de eficiência na recuperação de materiais, com expectativas de melhoria contínua.

Figura 8: Como os painéis solares são reciclados?



FONTE: ENERGIA SOLAR SHOP (20 de março de 2020)

7.15 Reciclagem de painéis solares à base de silício

Os painéis fotovoltaicos mais comuns, feitos à base de silício, passam por um processo que se inicia com a desmontagem para separação de alumínio e vidro. Cerca de 95% do vidro e a maior parte dos metais externos podem ser reaproveitados.

O restante do material é aquecido a 500 °C em uma unidade térmica, permitindo a evaporação do plástico encapsulante. Esse plástico, por sua vez, é reaproveitado como fonte de energia térmica para o próprio processo. Após o aquecimento, os componentes de silício são separados; 80% podem ser reutilizados diretamente, e o restante é refinado para novos usos.

7.16 Reciclagem de painéis solares de filme fino

Já os painéis de filme fino exigem uma abordagem mais intensiva. Primeiro, são triturados e moídos até que os componentes internos se soltem. A mistura resultante é composta por materiais sólidos e líquidos. Um sistema de parafuso rotativo separa essas fases, permitindo o tratamento individual.

Os líquidos passam por precipitação e desidratação, separando os metais semicondutores — dos quais, em média, 95% são recuperados. Já os sólidos passam por uma triagem vibratória para remoção de materiais leves e, ao final, são lavados, recuperando até 90% do vidro.

7.17 Benefícios econômicos da reciclagem de painéis solares

A expansão da reciclagem de painéis solares trará impactos positivos significativos à economia. Para isso, é essencial que o Brasil desenvolva uma infraestrutura nacional de

reciclagem fotovoltaica capaz de lidar com os grandes volumes de resíduos que surgirão nas próximas décadas.

Além de contribuir para a preservação ambiental, a reciclagem solar será responsável por:

- Criação de empregos verdes, ligados à gestão e processamento dos resíduos;
- Geração de valor econômico recuperável: estima-se que até 2050, o reaproveitamento de materiais permitirá a produção de cerca de 2 bilhões de novos painéis solares sem a necessidade de extração de novas matérias-primas;
- Capacidade instalada adicional: com os materiais reciclados, será possível gerar aproximadamente 630 GW de energia, reforçando o papel da energia solar na matriz energética global.

7.18 Benefícios econômicos da reciclagem de painéis solares

Diante da proposta do projeto Supernova, que visa a criação e comercialização de placas solares recicláveis com foco na democratização do acesso à energia limpa e na promoção da sustentabilidade, a escolha de um meio de transporte adequado é um aspecto estratégico fundamental para garantir a eficiência logística e o alinhamento com os princípios ambientais da iniciativa. Nesse contexto, torna-se essencial adotar modais de transporte que contribuam para a redução das emissões de carbono, otimizem os custos operacionais e viabilizem o alcance de comunidades em diferentes regiões, especialmente aquelas em situação de vulnerabilidade energética.

O transporte terrestre, especialmente por meio de veículos elétricos ou híbridos, surge como uma alternativa viável e coerente com os objetivos do projeto, pois combina acessibilidade com menor impacto ambiental, além de permitir a distribuição direta em áreas urbanas e rurais. Em regiões mais distantes ou de difícil acesso, pode-se considerar o uso de transportes modulares ou compartilhados, que facilitam o deslocamento sustentável e reduzido em termos de pegada ecológica. Para longas distâncias, o transporte ferroviário também desponta como uma opção sustentável, sendo conhecido por sua alta capacidade de carga e menores índices de emissão por tonelada transportada, quando comparado ao transporte rodoviário tradicional.

Além disso, o projeto poderá se beneficiar de parcerias logísticas com empresas que já adotam práticas sustentáveis em sua cadeia de distribuição, como o uso de biocombustíveis, energia renovável nos centros de distribuição e sistemas de rastreamento inteligente, que otimizam rotas e reduzem desperdícios. A integração entre diferentes modais – rodoviário, ferroviário e, eventualmente, hidroviário – também pode ser explorada como uma estratégia para ampliar o alcance do projeto de forma sustentável e economicamente eficiente.

Portanto, a escolha de um meio de transporte sustentável para a distribuição das placas solares recicláveis é mais do que uma etapa logística: trata-se de uma extensão dos valores do próprio projeto Supernova. Ao optar por soluções logísticas alinhadas à sustentabilidade, o projeto reforça seu compromisso com a redução dos impactos ambientais em todas as etapas de sua cadeia produtiva, contribuindo ainda mais para a construção de um modelo energético justo, acessível e verdadeiramente sustentável.

8. Resultados Esperados

Com base nas etapas descritas, espera-se que a pesquisa proporcione uma visão abrangente e bem fundamentada sobre a viabilidade do projeto Supernova sob diferentes perspectivas. Cada um dos pontos listados pode fornecer insights valiosos para a implementação bem-sucedida dessa tecnologia sustentável no Brasil. Vamos detalhar como a pesquisa pode responder a cada uma dessas questões:

8.1. Viabilidade Tecnológica

A pesquisa irá investigar as alternativas mais promissoras para substituir materiais tradicionais por recicláveis em placas solares, como vidro reciclado, polímeros biodegradáveis e metais reaproveitados. A viabilidade tecnológica será avaliada com base em:

Eficiência dos Materiais Substitutos: Análise de como os novos materiais influenciam a eficiência energética dos sistemas fotovoltaicos. Por exemplo, a substituição do vidro convencional por vidro reciclado pode afetar a resistência, a durabilidade e a capacidade de captura de luz dos painéis solares.

Avanços Tecnológicos: Identificação de inovações tecnológicas em reciclagem e desenvolvimento de novos materiais, como filmes finos ou outros componentes mais sustentáveis, que podem preservar ou até aumentar a eficiência dos sistemas fotovoltaicos.

Desafios de Produção: Avaliação da complexidade e dos custos envolvidos na adaptação das fábricas para produzir essas alternativas sustentáveis, sem comprometer a competitividade dos painéis solares no mercado.

8.2. Impacto Ambiental

A análise dos impactos ambientais se concentrará nos seguintes aspectos:

Redução de Resíduos Tecnológicos: A produção e a reciclagem de placas solares recicláveis podem reduzir significativamente a quantidade de resíduos tecnológicos gerados pela indústria fotovoltaica. A pesquisa analisará como o ciclo de vida de um painel solar reciclável pode ser otimizado para reduzir o descarte de materiais, como vidro e metais pesados, que apresentam risco ambiental.

Diminuição da Extração de Matérias-Primas: Com o aumento da utilização de materiais recicláveis, a dependência de recursos naturais, como silício e telúrio, pode ser reduzida. A pesquisa buscará quantificar o impacto dessa redução, mostrando como a reciclagem pode diminuir a pressão sobre os ecossistemas e os processos de mineração.

Mitigação dos Impactos da Indústria Fotovoltaica: A reciclagem pode ajudar a mitigar os danos ecológicos causados pela produção de painéis solares convencionais. Isso inclui a redução de emissões de carbono, a diminuição do consumo de água e a preservação de habitats naturais afetados pela extração de matérias-primas.

8.3. Impacto Social

O impacto social será um dos pontos centrais da pesquisa, com foco em como a implementação de placas solares recicláveis pode contribuir para a inclusão energética em comunidades de baixa renda e regiões com infraestrutura limitada:

Acessibilidade Energética: A comercialização de placas solares recicláveis pode resultar em uma queda nos preços dos sistemas fotovoltaicos, tornando a energia solar mais acessível para

populações que atualmente não têm acesso à energia limpa, como em comunidades isoladas ou rurais.

Criação de Oportunidades Locais: A pesquisa também analisará como a instalação e manutenção de sistemas solares recicláveis podem gerar empregos locais, contribuindo para a inclusão social e o empoderamento econômico das comunidades.

Educação e Conscientização: Além de promover a acessibilidade à energia, o projeto pode atuar na educação ambiental, capacitando as comunidades para o uso responsável e sustentável da energia solar.

8.4. Impacto Econômico

A viabilidade econômica do projeto Supernova será um aspecto crucial para determinar seu sucesso a longo prazo. A pesquisa investigará:

Redução de Custos: A introdução de placas solares recicláveis pode reduzir o custo de produção e, conseqüentemente, o preço final dos sistemas fotovoltaicos, tornando-os mais acessíveis tanto para consumidores individuais quanto para empresas. A pesquisa abordará como a economia de escala e os avanços tecnológicos podem contribuir para a diminuição do custo final.

Benefícios para a Economia Local: A produção e a distribuição de placas solares recicláveis podem gerar novos modelos de negócios sustentáveis e estimular o crescimento econômico nas regiões envolvidas. A criação de novos postos de trabalho nas indústrias de reciclagem e energias renováveis também será explorada.

Modelos de Negócios Sustentáveis: A pesquisa avaliará como a introdução de tecnologias sustentáveis pode fomentar o surgimento de novos modelos de negócios, como o leasing de sistemas solares, serviços de instalação e manutenção, e a possibilidade de comercialização de créditos de carbono gerados pela adoção de soluções de energia limpa.

8.5. Alinhamento com os ODS

O projeto Supernova pode desempenhar um papel crucial no avanço de vários Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente os ODS 7, 12 e 13. A pesquisa explorará como o projeto contribui para cada um desses objetivos:

ODS 7 - Energia Limpa e Acessível: O projeto tem o potencial de aumentar a oferta de energia solar acessível para populações de baixa renda e regiões com infraestrutura deficiente, promovendo uma maior inclusão energética e garantindo o acesso universal à energia limpa.

ODS 12 - Consumo e Produção Responsáveis: Ao promover a reciclagem e o uso de materiais sustentáveis na produção de painéis solares, o Supernova contribui para a redução de resíduos e para a adoção de práticas mais responsáveis de consumo e produção dentro da indústria fotovoltaica.

ODS 13 - Ação Contra a Mudança Global do Clima: A utilização de placas solares recicláveis pode ajudar a reduzir as emissões de gases de efeito estufa, tanto pela redução de resíduos quanto pelo aumento da geração de energia limpa. A pesquisa avaliará a quantidade de CO₂ que poderia ser evitada com a adoção em larga escala dessa tecnologia.

9. Análise dos Resultados

A análise dos resultados será conduzida de forma abrangente, integrando dados qualitativos e quantitativos para proporcionar uma visão holística sobre a viabilidade e o impacto do projeto Supernova. A pesquisa será dividida em três partes principais para garantir que todos os aspectos cruciais da tecnologia e sua implementação sejam devidamente analisados. A seguir, detalho cada uma das etapas da análise:

9.1. Análise Técnica

A análise técnica será responsável por avaliar os dados coletados sobre a produção de placas solares recicláveis, com foco em aspectos como eficiência, desempenho e viabilidade de fabricação. Esta parte da análise incluirá:

Comparação de Eficiência: Serão comparadas as placas solares recicláveis com as convencionais em termos de desempenho, como a capacidade de conversão de energia solar em eletricidade. Serão usados dados laboratoriais e testes de campo para medir a eficiência dos painéis recicláveis sob diversas condições climáticas e de instalação.

Desempenho a Longo Prazo: A durabilidade das placas recicláveis será analisada em comparação com os painéis solares convencionais. Fatores como resistência a intempéries, degradação do material ao longo do tempo e necessidades de manutenção serão considerados para avaliar a viabilidade do uso a longo prazo de sistemas fotovoltaicos recicláveis.

Viabilidade de Produção e Custos: A pesquisa também avaliará a complexidade e os custos envolvidos na fabricação de placas solares recicláveis em comparação com os painéis tradicionais. Serão analisados os custos de matéria-prima, as tecnologias de produção necessárias, os investimentos em infraestrutura e os custos de adaptação das fábricas para essa nova linha de produção.

9.2. Análise Ambiental

A **análise ambiental** focará nos benefícios ecológicos trazidos pela adoção de tecnologias fotovoltaicas recicláveis, bem como a comparação com os impactos ambientais da tecnologia convencional. Alguns dos principais aspectos a serem analisados incluem:

Redução da Pegada de Carbono: Será avaliado como a introdução de placas solares recicláveis pode reduzir a pegada de carbono associada à produção e ao ciclo de vida de um painel solar. A comparação envolverá tanto as emissões de gases de efeito estufa geradas durante a fabricação quanto as emissões evitadas com o uso de energia solar em vez de fontes fósseis.

Redução de Resíduos Tecnológicos: A pesquisa quantificará a quantidade de resíduos que podem ser evitados com a reciclagem de componentes dos painéis solares, como vidro, metal e silício, além de analisar a eficiência dos processos de reciclagem em termos de recuperação de materiais e redução de rejeitos. Serão comparados os resultados obtidos com as tecnologias de reciclagem em operação com a disposição inadequada dos materiais.

Uso de Materiais Recicláveis: Será feita uma avaliação sobre a sustentabilidade dos materiais utilizados nas placas solares recicláveis, como vidro reciclado, polímeros biodegradáveis e metais reaproveitados. A análise considerará não apenas os benefícios ambientais diretos, mas também os impactos associados à obtenção e processamento desses materiais reciclados.

Impacto no Ciclo de Vida: A pesquisa incluirá uma análise de ciclo de vida (ACV) para comparar os impactos ambientais dos sistemas fotovoltaicos recicláveis versus os tradicionais. Esta análise incluirá todas as fases do ciclo de vida, desde a extração de matérias-primas até o fim da vida útil dos painéis.

9.3. Análise Social e Econômica

A análise social e econômica terá como objetivo avaliar o impacto da tecnologia nas comunidades e na economia em geral. Ela se concentrará em dois aspectos principais: a acessibilidade social e os benefícios econômicos. A análise será subdividida em:

Acessibilidade da Tecnologia em Comunidades Vulneráveis: A pesquisa avaliará como as placas solares recicláveis podem facilitar o acesso à energia renovável em comunidades de baixa renda e regiões com infraestrutura energética limitada. Isso envolverá uma análise das barreiras existentes, como custos iniciais, falta de infraestrutura de distribuição e capacitação técnica para a instalação. A pesquisa também considerará a viabilidade de criar modelos de financiamento acessíveis, como subsídios ou sistemas de pagamento por uso.

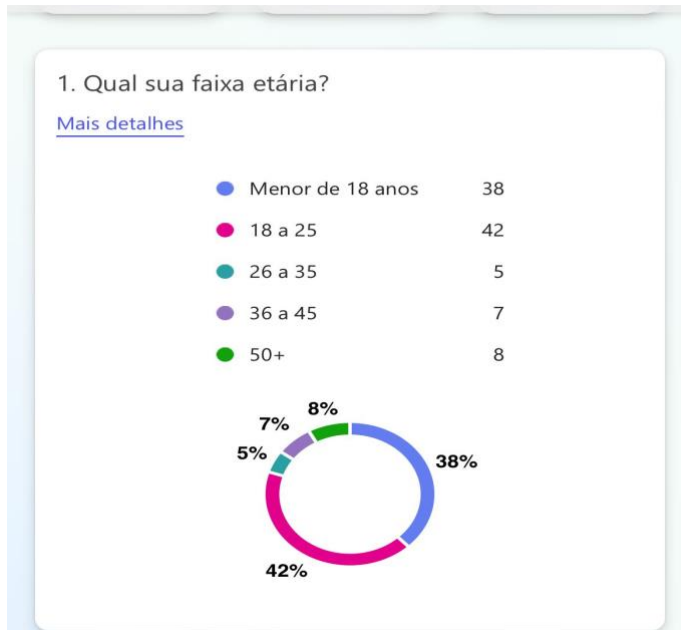
Geração de Empregos e Inclusão Social: Será analisado o impacto potencial do projeto Supernova na criação de empregos nas áreas de instalação, manutenção e reciclagem de painéis solares. A análise considerará como a criação de novos postos de trabalho pode contribuir para a inclusão social e o empoderamento econômico das comunidades envolvidas. Além disso, será examinado o potencial do projeto em fomentar a educação e o treinamento de profissionais locais para a indústria de energias renováveis.

Benefícios Econômicos Locais: A pesquisa investigará como a adoção de placas solares recicláveis pode estimular a economia local. Serão analisados os efeitos de um mercado ampliado de energia solar sobre a economia local, com ênfase em novos modelos de negócios, como a instalação de sistemas solares em larga escala e a prestação de serviços associados (manutenção, vendas de sistemas solares e consultoria). Também será investigado o impacto sobre os consumidores, como a redução do custo de aquisição e a economia de longo prazo com o uso de energia solar.

Impacto Econômico de Modelos de Economia Circular: A pesquisa buscará identificar como o modelo de economia circular, baseado na reutilização e reciclagem de materiais, pode gerar novos incentivos econômicos, como a comercialização de créditos de carbono, a venda de materiais reciclados e a criação de novos produtos derivados da reciclagem de painéis solares.

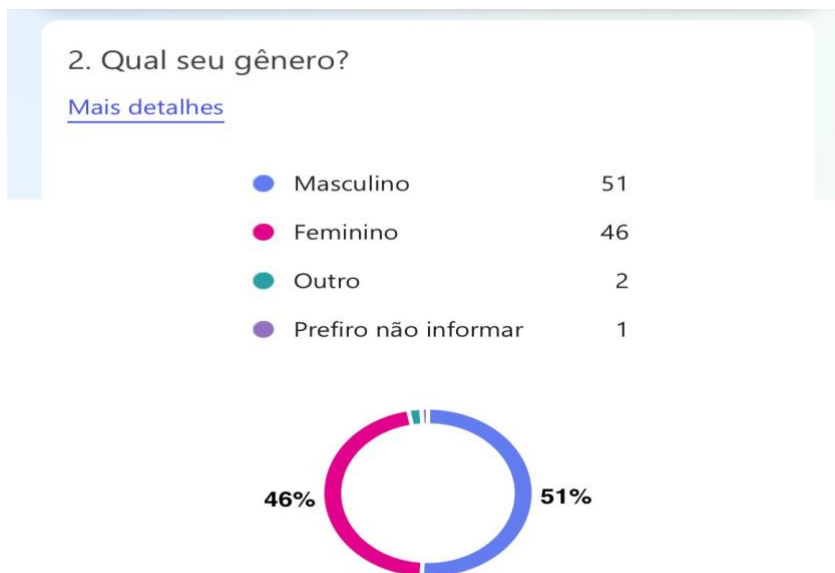
ANÁLISE DOS GRÁFICOS

Gráfico 1 – Faixa etária dos respondentes



A pesquisa mostra que a maioria dos participantes está concentrada entre 18 e 25 anos (42%) e menores de 18 anos (38%), revelando uma predominância de um público jovem. Esse dado é relevante, pois indica que as novas gerações estão mais engajadas em temas relacionados à sustentabilidade e abertas a adotar tecnologias inovadoras, como as placas solares recicláveis do Projeto Supernova. Além disso, a participação de faixas acima de 36 anos, ainda que menor, reforça que a preocupação com energia limpa já se expande para diferentes perfis etários, consolidando um mercado em potencial.

Gráfico 2 – Gênero dos respondentes



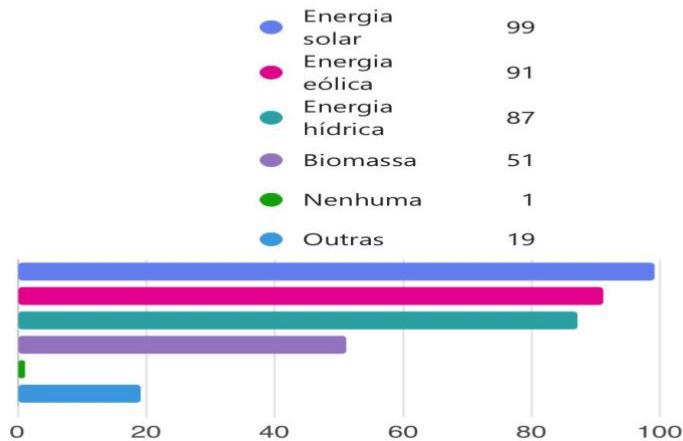
Os dados indicam um equilíbrio entre gêneros: 51% masculino e 46% feminino, com pequena participação de outras identidades. Esse equilíbrio é positivo, pois demonstra que a preocupação com energia sustentável não está restrita a um grupo específico, mas distribuída

de maneira homogênea. Isso amplia a aceitação social do projeto e reforça seu caráter inclusivo.

Gráfico 3 – Fontes de energia sustentável conhecidas

3. Das fontes de energia sustentável abaixo, quais você conhece?

[Mais detalhes](#)

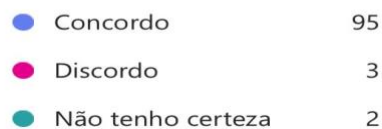


A energia solar é a mais conhecida (99 pessoas), seguida da eólica (91) e hídrica (87). Isso evidencia que o público já associa a sustentabilidade à energia solar, o que fortalece a estratégia do Projeto Supernova. Entretanto, o conhecimento menor sobre biomassa (51) e outras fontes (19) mostra a necessidade de campanhas educativas, que podem ser um diferencial do projeto ao integrar inovação tecnológica com conscientização ambiental.

Gráfico 4 – Energia sustentável e meio ambiente

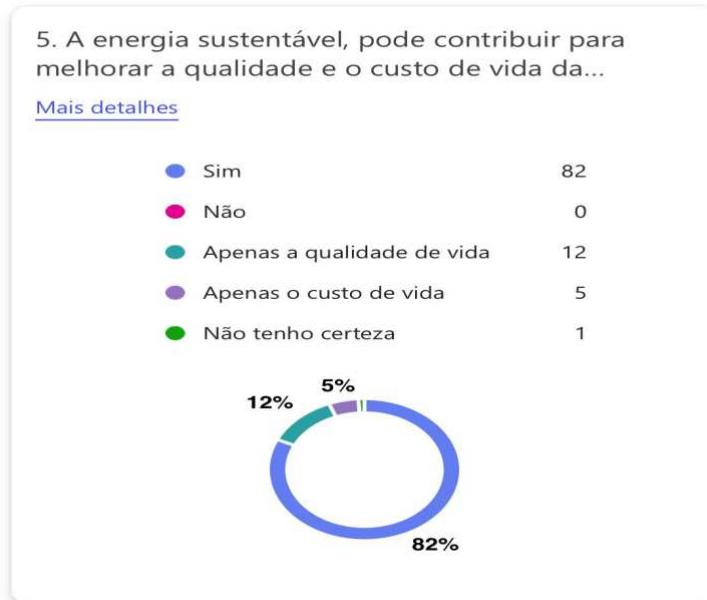
4. Em relação ao meio ambiente, você acredita que a energia sustentável tem uma ampla...

[Mais detalhes](#)



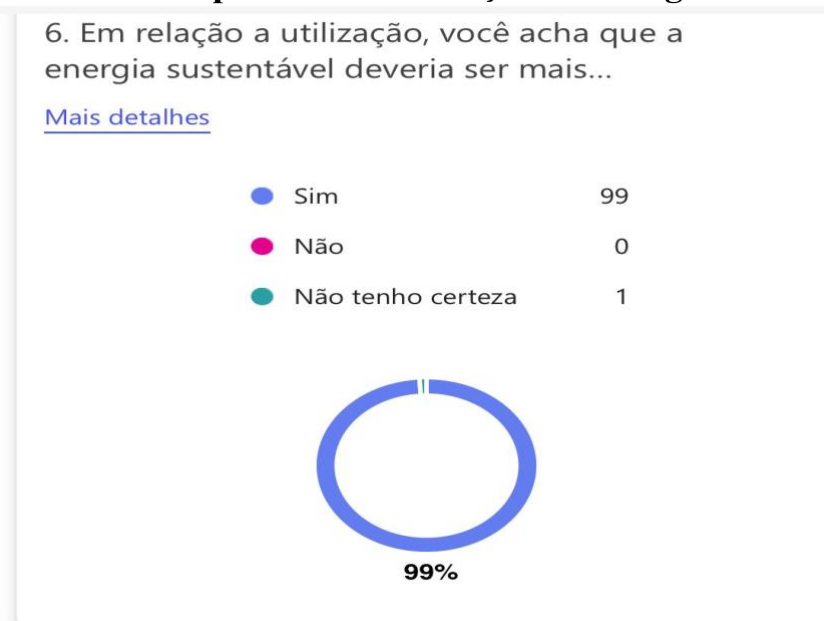
A esmagadora maioria (95%) concorda que a energia sustentável tem impacto positivo no meio ambiente. Esse dado reforça a pertinência do projeto, pois o Supernova está diretamente alinhado ao ODS 7 (Energia Acessível e Limpa) e ao ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis). A aceitação social já existente pode facilitar a inserção de produtos inovadores no mercado.

Gráfico 5 – Impactos na qualidade e custo de vida



82% dos respondentes acreditam que a energia sustentável pode melhorar simultaneamente a qualidade e o custo de vida, enquanto 12% enxergam impacto apenas na qualidade de vida e 5% apenas no custo. Esses dados indicam que o consumidor percebe a energia limpa como um investimento que traz benefícios múltiplos, o que está diretamente ligado ao diferencial competitivo do Projeto Supernova ao propor placas solares recicláveis e de menor impacto ambiental.

Gráfico 6 – Expansão da utilização da energia sustentável



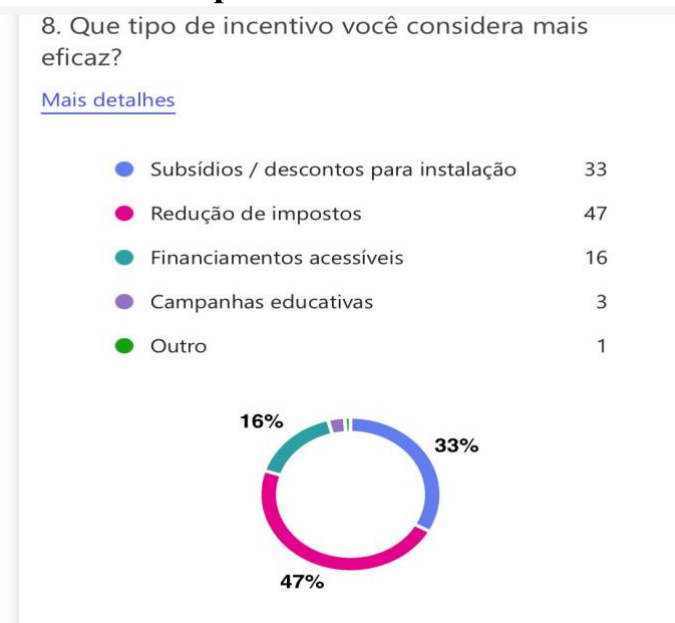
Quase a totalidade dos participantes (99%) acredita que a energia sustentável deveria ser mais utilizada. Esse resultado legitima o Projeto Supernova como uma resposta a uma demanda social evidente, mostrando que a população está disposta a aceitar soluções que ampliem o acesso à energia limpa.

Gráfico 7 – Incentivo governamental



98% dos respondentes acreditam que o governo deveria oferecer mais incentivos para a adoção de energia sustentável. Essa percepção reforça a importância de políticas públicas integradas ao setor privado. O Projeto Supernova pode se posicionar como um aliado estratégico, oferecendo soluções tecnológicas que se beneficiem desses incentivos e, ao mesmo tempo, reforçando a agenda sustentável do país.

Gráfico 8 – Tipo de incentivo considerado mais eficaz



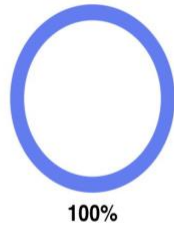
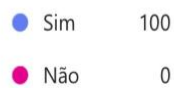
Os incentivos mais valorizados são redução de impostos (47%) e subsídios/descontos para instalação (33%). Isso indica que a principal barreira é o custo inicial, e políticas que aliviem esse peso teriam maior impacto. O Projeto Supernova pode explorar essa visão ao destacar

que suas placas solares recicláveis reduzem custos a longo prazo e podem se alinhar a programas de incentivo já existentes ou futuros.

Gráfico 9 – Interesse em implementar energia sustentável no dia a dia

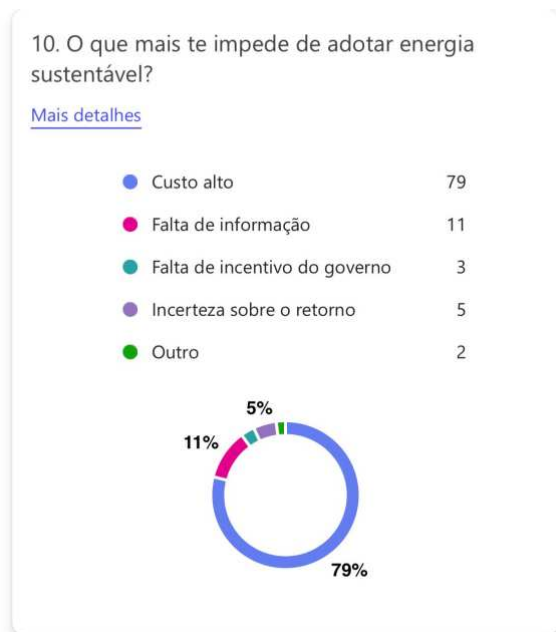
9. Você gostaria de implementar a energia sustentável no seu dia a dia?

[Mais detalhes](#)



Os dados mostram que 100% dos respondentes declararam interesse em adotar energia sustentável em sua rotina, sem nenhum apontamento contrário. Esse resultado expressa não apenas um elevado nível de conscientização ambiental, mas também uma predisposição coletiva para aderir a práticas mais responsáveis no consumo de energia. Para o Projeto Supernova, esse dado é extremamente relevante, pois evidencia um mercado altamente receptivo e em busca de soluções acessíveis e viáveis. Isso reforça a importância de desenvolver placas solares recicláveis e economicamente competitivas, capazes de transformar esse interesse em ação concreta, contribuindo tanto para a democratização da energia solar quanto para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Gráfico 10 – Barreiras para adoção



O custo elevado (79%) é o principal fator que impede a adoção da energia sustentável, seguido da falta de informação (11%). Essa constatação é crucial para o TCC, pois mostra que o Projeto Supernova não deve apenas oferecer uma tecnologia inovadora, mas também comunicar com clareza suas vantagens econômicas e ambientais. Além disso, reforça a importância de campanhas educativas, mencionadas no resumo como parte da estratégia de economia circular e conscientização.

11. FERRAMENTAS

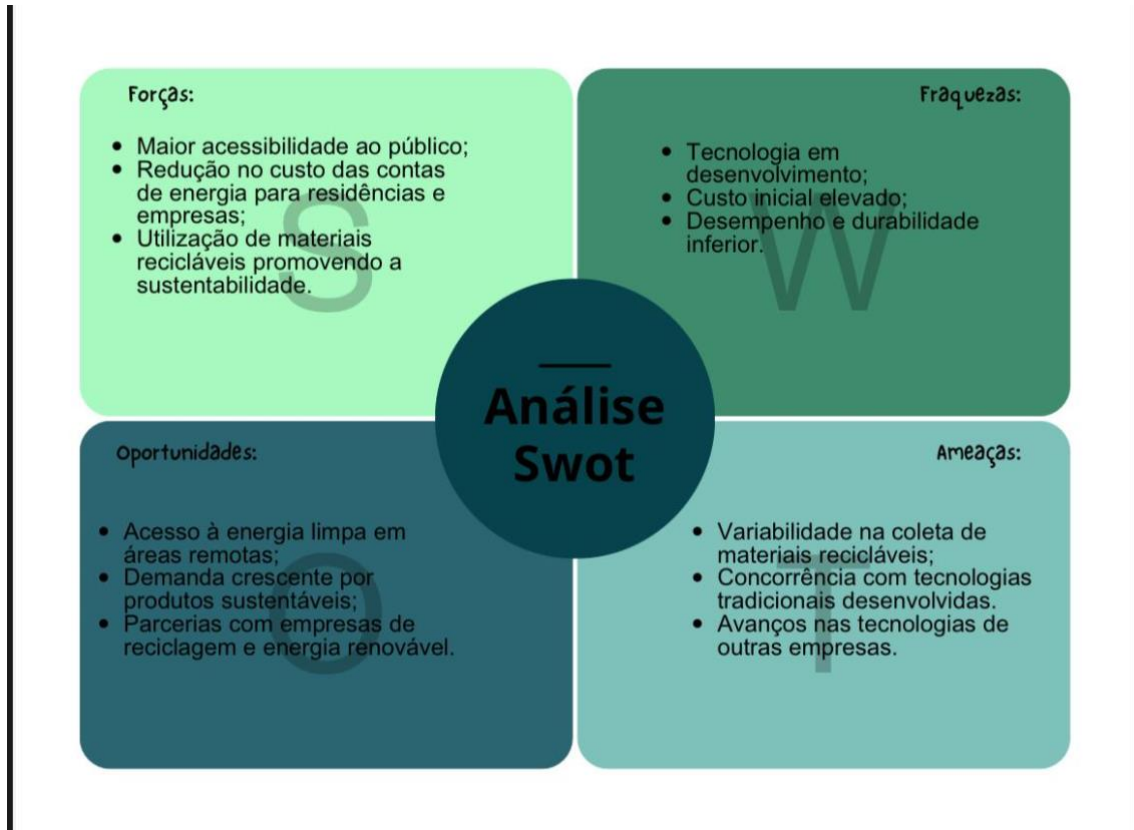
11.1 Análise Swot

A Análise SWOT é uma ferramenta de planejamento estratégico utilizada para entender melhor a situação de uma empresa, projeto ou até mesmo de uma pessoa em relação ao ambiente em que está inserida. O objetivo principal dessa análise é identificar os pontos fortes e fracos da organização, assim como as oportunidades e ameaças presentes no ambiente externo.

A sigla SWOT vem do inglês:

- S (Strengths) – Forças: são os aspectos positivos internos, ou seja, aquilo que a empresa faz bem, como ter uma boa equipe, produtos de qualidade ou uma marca consolidada no mercado.
- W (Weaknesses) – Fraquezas: são os aspectos negativos internos, como falta de recursos financeiros, baixa produtividade, falhas nos processos ou má reputação.
- O (Opportunities) – Oportunidades: são fatores externos positivos que a empresa pode aproveitar para crescer, como tendências de mercado, mudanças tecnológicas favoráveis ou novas demandas do consumidor.
- T (Threats) – Ameaças: são fatores externos que podem prejudicar a empresa, como aumento da concorrência, instabilidade econômica, mudanças nas leis ou crises no setor.

Essa análise é muito útil para que uma organização possa traçar estratégias mais conscientes e eficazes. Ao conhecer suas forças, pode usá-las para aproveitar melhor as oportunidades e se proteger das ameaças. Ao reconhecer suas fraquezas, pode trabalhar para superá-las ou minimizá-las, por isso implementamos ela no nosso projeto.



Ao realizarmos a análise SWOT, conseguimos ter uma visão mais clara sobre o nosso projeto: o que temos de mais forte, onde ainda precisamos melhorar, quais caminhos promissores podemos seguir e quais fatores externos podem nos desafiar. Essa reflexão foi fundamental para compreendermos melhor o nosso próprio potencial.

Nosso projeto traz uma proposta que consideramos muito relevante: tornar o acesso à energia solar mais fácil e acessível, especialmente para pessoas e comunidades que hoje não conseguem pagar por essa tecnologia. Utilizando materiais recicláveis, conseguimos não só reduzir custos, mas também contribuir ativamente com a sustentabilidade do planeta, reaproveitando resíduos e transformando-os em algo útil e inovador.

Além disso, um dos principais benefícios do nosso produto é a possibilidade de reduzir as contas de energia em casas e empresas, o que é algo extremamente atrativo, principalmente diante do constante aumento no custo da eletricidade.

No entanto, sabemos que ainda enfrentamos alguns desafios importantes. Um deles é o fato de que a tecnologia ainda está em fase de desenvolvimento. Isso significa que, neste momento, o desempenho e a durabilidade das nossas placas podem ser inferiores se comparadas às opções tradicionais já consolidadas no mercado.

Outro ponto que precisa ser considerado é o custo inicial de desenvolvimento. Mesmo usando materiais recicláveis, ainda precisamos investir em testes, adaptações e melhorias, o que pode dificultar uma produção em larga escala por enquanto.

Apesar dessas limitações, as oportunidades que enxergamos são muitas. Vivemos um momento em que a sociedade está cada vez mais voltada para soluções ecológicas, sustentáveis e socialmente responsáveis. E é justamente aí que o nosso projeto ganha força. Existe uma demanda crescente por produtos que respeitam o meio ambiente, e a nossa proposta conversa diretamente com essa realidade.

Um outro ponto muito positivo é a possibilidade de levar energia limpa a comunidades distantes, que muitas vezes ainda vivem sem acesso à rede elétrica. E claro, há também espaço para parcerias com empresas de reciclagem, cooperativas e organizações que atuam com energias renováveis, o que pode fortalecer nossa produção e ampliar nosso alcance.

Por outro lado, não podemos ignorar algumas ameaças externas. A coleta de materiais recicláveis, por exemplo, pode ser bastante instável — nem sempre conseguimos a quantidade e a qualidade necessária para manter a produção regular. Além disso, a concorrência com empresas que já dominam a tecnologia solar é um desafio real, já que muitas delas oferecem soluções com alta eficiência e presença consolidada no mercado. E, com o ritmo acelerado da inovação tecnológica, novas soluções surgem o tempo todo, o que exige que estejamos sempre atualizados e buscando melhorias constantes.

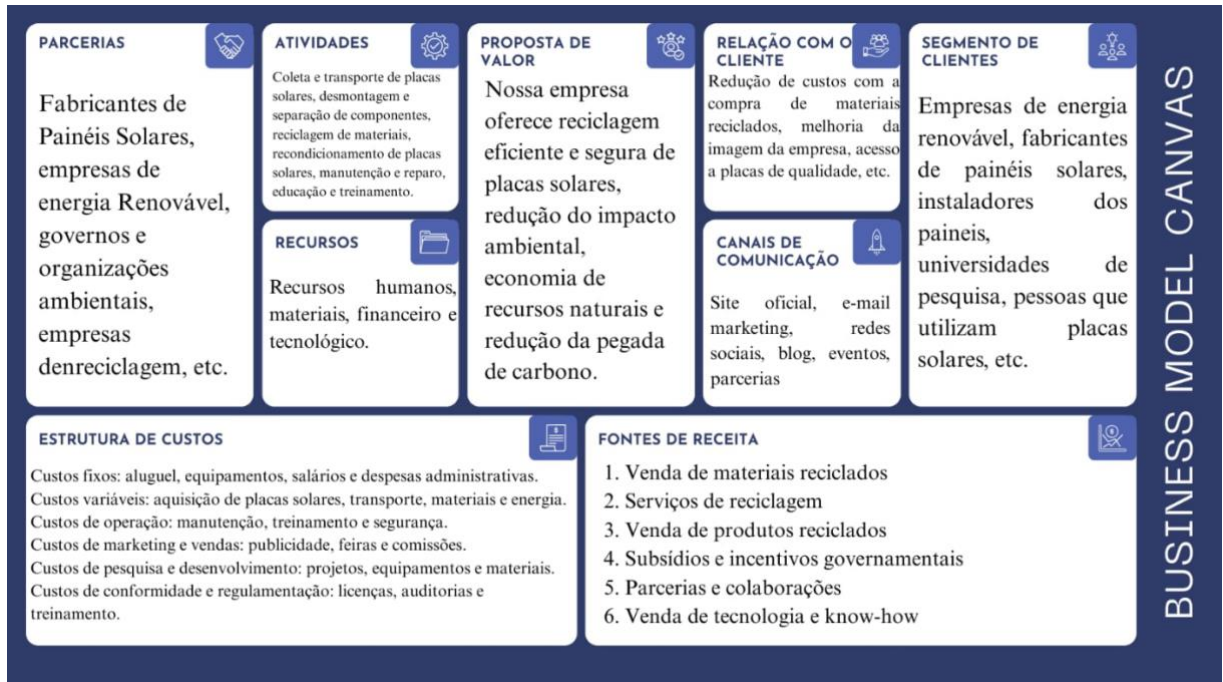
Em resumo, o que a análise SWOT nos mostra é que estamos trabalhando em um projeto com grande potencial de impacto ambiental e social. Temos a oportunidade de democratizar o acesso à energia solar e, ao mesmo tempo, reaproveitar materiais que iriam para o lixo, transformando problemas em soluções.

11.2. CANVAS

O Business Model Canvas é uma ferramenta visual que ajuda a planejar e organizar um negócio de forma prática e clara. Ele funciona como um quadro dividido em nove partes, onde você define os elementos principais da sua empresa ou projeto, como:

- Quem são seus clientes
- Qual valor você oferece a eles
- Quais atividades e recursos são necessários
- Como você vai se relacionar com os clientes
- Quais canais vai usar para chegar até eles
- Quais parcerias são importantes
- Como será sua estrutura de custos e fontes de receita

Implementamos essa ferramenta no nosso projeto de tcc para estruturar o nosso projeto entre as partes essenciais que compõem o processo de criação, na prática e análise de resultados



O nosso projeto de TCC é focado na reciclagem segura e eficiente de placas solares. Com a ajuda do Business Model Canvas, conseguimos organizar as principais partes que fazem o nosso projeto funcionar, entendendo como criar valor, entregar para quem precisa e fazer com que o negócio cresça de forma sustentável, trazendo benefícios tanto para o meio ambiente quanto para a economia e a sociedade.

Proposta de Valor:

A ideia principal do nosso trabalho é oferecer uma solução sustentável para o descarte e reaproveitamento das placas solares. Queremos transformar um problema ambiental sério - o descarte errado dessas placas - em uma chance de criar uma economia circular, onde nada se perde, tudo se transforma.

Com o nosso serviço, conseguimos reduzir o impacto ambiental, economizar recursos naturais, diminuir a emissão de carbono e aumentar a vida útil dos componentes solares. Além disso, ajudamos nossos parceiros a cortar custos e fortalecer a imagem deles no mercado como empresas que se preocupam com o meio ambiente.

Parcerias:

Para o nosso modelo dar certo, precisamos de parcerias estratégicas com vários atores do setor, como:

- Fabricantes de painéis solares, que podem ceder equipamentos usados ou danificados;
- Empresas de energia renovável, que ganham com a reutilização dos materiais;
- Órgãos governamentais e organizações ambientais, que apoiam e regulamentam o setor;
- Empresas de reciclagem, que ajudam na parte técnica e logística.

Essas parcerias tornam nosso trabalho mais eficiente e ampliam nossa capacidade de atuação.

Atividades principais:

Nosso dia a dia envolve várias tarefas importantes:

- Coleta e transporte das placas solares;
- Desmontagem e separação dos componentes;
- Reciclagem dos materiais;
- Recondicionamento das placas, quando possível;
- Manutenção e reparos;
- E também ações de educação e treinamento para parceiros e comunidades.

Tudo isso garante que o serviço seja de qualidade e confiável.

Recursos essenciais:

Para isso funcionar, precisamos contar com:

- Uma equipe qualificada e preparada;
- Infraestrutura adequada para o manuseio e armazenamento;
- Investimentos financeiros e tecnológicos, para equipamentos e pesquisa.

Relacionamento com clientes:

Queremos construir uma relação de confiança com nossos clientes, oferecendo:

- Economia na compra de materiais reciclados;
- Placas recondicionadas com garantia de qualidade;
- Um reforço na imagem da empresa como sustentável e responsável.

Essa relação ajuda a manter clientes fiéis e estimula indicações.

Canais de comunicação:

Usamos várias formas para nos comunicar e divulgar nosso trabalho:

- Site oficial e blog;
- E-mail marketing e redes sociais;
- Participação em eventos e parcerias para aumentar nosso alcance.

Manter uma comunicação clara e transparente é fundamental para mostrar os benefícios da reciclagem de placas solares.

Quem são nossos clientes:

Atendemos diferentes públicos relacionados à energia solar, como:

- Empresas de energia renovável;
- Fabricantes de painéis solares;
- Instaladores de sistemas solares;
- Universidades e centros de pesquisa;
- Consumidores finais que usam ou descartam placas solares.

Isso amplia nossas chances de negócio e receita.

Fontes de receita:

Nosso negócio gera receita de várias formas:

- Venda de materiais reciclados;

- Serviços de reciclagem para empresas;
- Venda de produtos reciclados e recondicionados;
- Incentivos e subsídios governamentais;
- Parcerias com organizações ambientais e privadas;
- Venda de tecnologia e know-how, com treinamentos e licenças.

Custos:

Temos custos em várias áreas:

- Fixos, como aluguel, equipamentos e salários;
- Variáveis, que incluem compra e transporte das placas, energia e materiais;
- Operacionais, como manutenção, treinamentos e segurança;
- Marketing e vendas, para divulgar o serviço;
- Pesquisa e desenvolvimento, para inovação;
- Regulamentação, como licenças e auditorias para garantir que tudo esteja dentro da lei.

Em resumo, esse modelo mostra que dá para unir inovação, sustentabilidade e um negócio que realmente funcione. Ao reciclar placas solares, ajudamos a cuidar do meio ambiente, ao mesmo tempo que criamos novas oportunidades de trabalho e desenvolvimento no setor de energia renovável.

Nosso diferencial não está só na tecnologia, mas também na forma integrada como pensamos o impacto social, ambiental e econômico. Com uma estrutura bem organizada, parcerias fortes e um propósito claro, temos um projeto com grande potencial para crescer e transformar a realidade.

11.3. Mapa da empatia

O Mapa da Empatia é uma ferramenta que usamos para entender melhor as pessoas que vão usar ou se interessar pelo nosso produto ou serviço. Ele ajuda a “entrar na cabeça” do nosso público, tentando imaginar o que essa pessoa sente, pensa, vê, escuta, fala e faz no dia a dia. O principal objetivo é enxergar o projeto ou o produto com os olhos do cliente, e não apenas com os nossos.

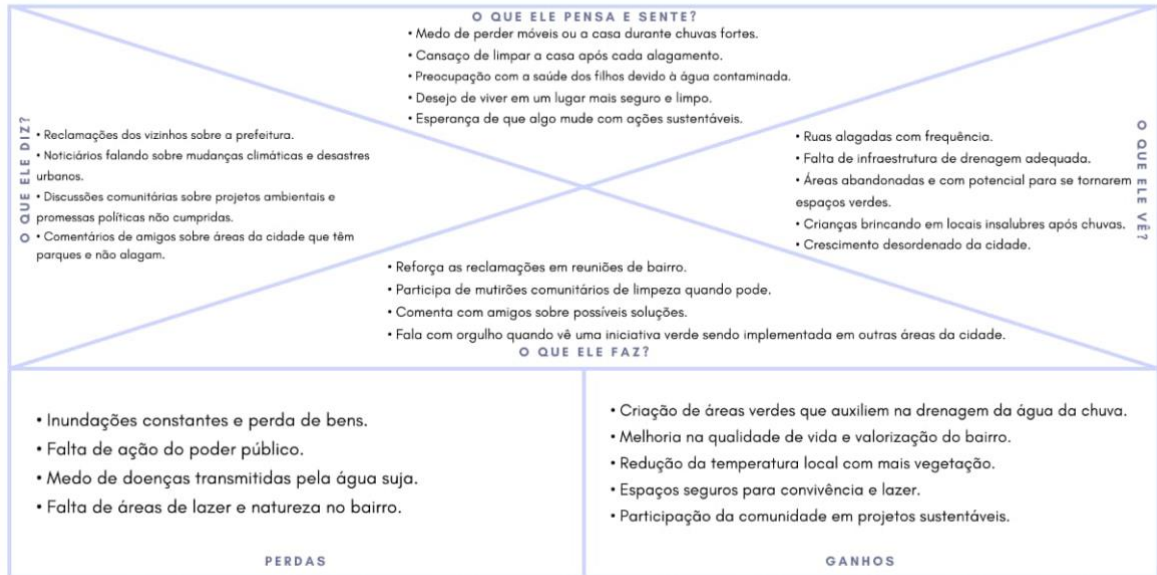
Com o Mapa da Empatia, a gente consegue responder perguntas importantes, como: o que essa pessoa vê ao redor dela? O que ela escuta de outras pessoas, como amigos ou nas redes sociais? O que ela pensa ou sente, mesmo que não fale em voz alta? Quais são suas frustrações, medos e dificuldades? E o que ela espera conquistar, quais são seus desejos?

Essa ferramenta é muito útil porque, muitas vezes, a gente pensa em soluções que achamos boas, mas que talvez não façam sentido para quem realmente vai usá-las. Quando usamos o mapa da empatia, conseguimos criar ideias mais humanas, mais próximas da realidade do público e mais eficientes.

No nosso caso, por exemplo, ao desenvolver um projeto de placas solares feitas com material reciclado, o mapa da empatia nos ajudaria a entender melhor quem são essas pessoas que se interessariam pelo produto. A gente pensaria em como elas se sentem em relação ao meio

ambiente, como lidam com o custo da energia elétrica, o que elas valorizam e também o que pode impedi-las de comprar ou apoiar essa ideia.

MAPA DA EMPATIA



PERSONA

Nome fictício: Mario Albuquerque

Idade: 42 anos

Profissão: Auxiliar de serviços gerais

Localização: Bairro periférico em área urbana frequentemente afetada por inundações

Situação: Vive em uma casa simples com dois filhos. Sofre frequentemente com alagamentos durante períodos de chuva intensa. Preocupada com a saúde da família e os prejuízos materiais causados.



Mario Albuquerque é um homem de 42 anos, auxiliar de serviços gerais, que vive em um bairro periférico de uma área urbana frequentemente afetada por inundações. Reside em uma casa simples com seus dois filhos e, em períodos de chuvas intensas, enfrenta constantes alagamentos. Essa realidade o preocupa profundamente, principalmente em relação à saúde da família e aos prejuízos materiais recorrentes.

Em termos emocionais, Mario sente-se inseguro e cansado diante da frequência das enchentes. Ele vive com o medo constante de perder seus móveis ou até mesmo sua casa durante as fortes chuvas. Além disso, demonstra exaustão física e emocional por precisar limpar repetidamente sua residência após cada alagamento. A preocupação com a saúde dos filhos, expostos à água contaminada, é uma constante em seu dia a dia. Apesar de tudo, Mario ainda mantém o desejo de viver em um lugar mais limpo e seguro, alimentando a esperança de que mudanças reais possam ocorrer por meio de ações sustentáveis.

Ao observar o ambiente ao seu redor, Mario enxerga um cenário urbano degradado. Ele se depara frequentemente com ruas alagadas, ausência de infraestrutura de drenagem adequada e terrenos abandonados que poderiam ser transformados em áreas verdes. Também presencia crianças brincando em locais insalubres após as chuvas, além de perceber o crescimento desordenado da cidade, sem planejamento ambiental.

As falas de Mario refletem tanto sua frustração quanto seu engajamento. Ele costuma reclamar à prefeitura, participar de debates comunitários e criticar promessas políticas não cumpridas. Em conversas com vizinhos, menciona experiências de outros bairros onde soluções sustentáveis foram bem-sucedidas, demonstrando interesse em replicar essas iniciativas em sua comunidade.

Mario é um cidadão participativo. Sempre que pode, participa de mutirões de limpeza e reforça suas reclamações em reuniões de bairro. Gosta de trocar ideias sobre possíveis soluções com os vizinhos e sente orgulho quando vê projetos sustentáveis sendo implementados em outras regiões da cidade.

Entretanto, sua vida é marcada por perdas significativas. Enfrenta inundações frequentes que resultam na perda de bens materiais. Sofre com a falta de ação do poder público diante dos problemas crônicos que afetam seu bairro. Vive sob o risco constante de doenças provocadas pelo contato com água suja e lamenta a ausência de espaços de lazer e de contato com a natureza na comunidade.

Apesar do contexto adverso, Mario vê possibilidades de mudança. Acredita que a criação de áreas verdes pode ajudar na drenagem das águas da chuva e que isso traria impactos positivos, como a melhoria da qualidade de vida, valorização do bairro, redução da temperatura local e o surgimento de espaços seguros para convivência. Além disso, ele valoriza o engajamento da comunidade em projetos sustentáveis e educativos, reconhecendo o poder da ação coletiva.

Mario Albuquerque representa milhares de brasileiros que vivem em áreas urbanas periféricas, sofrendo com os efeitos diretos das mudanças climáticas, da ausência de infraestrutura adequada e da negligência do poder público. Ao mesmo tempo, ele simboliza a força das comunidades e o desejo genuíno por um futuro mais sustentável, justo e seguro. Projetos de revitalização urbana, drenagem sustentável, educação ambiental e participação popular são caminhos possíveis para transformar essa realidade e garantir dignidade a pessoas como Mario e suas famílias.

11.4. 5W2H

A ferramenta 5W2H é uma metodologia bastante utilizada na administração e no planejamento estratégico para organizar ideias, estruturar ações e facilitar a tomada de decisões. O nome vem das iniciais de sete perguntas fundamentais em inglês: What, Why, Where, When, Who, How e How much. Em português, isso corresponde a: O que será feito?, Por que será feito?, Onde será feito?, Quando será feito?, Quem fará?, Como será feito? e Quanto vai custar?.

De forma prática, essa ferramenta ajuda a esclarecer todos os aspectos envolvidos em um projeto, tarefa ou plano de ação. Ela é muito útil porque obriga a pensar em todos os detalhes antes de colocar uma ideia em prática, por isso utilizamos a ferramenta.

5w2h						
o que?	por que?	quem?	onde?	quando?	como?	quanto?
Pesquisa e desenvolvimento	Desenvolver um produto eficiente com melhor qualidade e custo benefício	Cientistas e engenheiros elétricos	Laboratório/ oficina	02/25 a 02/26	Testes de materiais recicláveis, simulações computacionais, prototipagem rápida, estudos de eficiência energética.	R\$ 200.000,00
Compra de materiais	Montar o estoque e analisar o custo de produção	Equipe de logística	Escritório	03/26 a 05/26	Parcerias com cooperativas de reciclagem, negociação com fornecedores, análise de viabilidade financeira dos insumos.	R\$ 150.000,00
Confecção e teste do produto	Analisar o funcionamento e valor de produção	Cientistas e engenheiros elétricos	Laboratório/ oficina	06/26 a 01/27	Produção de protótipos, análise de durabilidade, testes de eficiência em diferentes condições climáticas.	R\$ 250.000,00
Promoção e venda	Conseguir clientes e divulgar a empresa	Equipe de marketing e vendas	Redes sociais, comerciais, outdoors, marketplaces, feiras de tecnologia sustentável	11/26 a 01/28	Marketing digital (redes sociais, anúncios pagos), participação em feiras de tecnologia sustentável, parcerias com empresas de energia renovável.	R\$ 80.000,00

O projeto tem como objetivo o desenvolvimento, produção e comercialização de um produto sustentável e eficiente, com foco na utilização de materiais recicláveis e tecnologias de baixo custo. Para isso, foi estruturado um plano de ação baseado na metodologia 5W2H, que permite organizar as etapas com clareza, definindo responsabilidades, prazos, recursos e estratégias.

A primeira etapa do projeto envolve pesquisa e desenvolvimento, com o intuito de criar um produto eficiente, de alta qualidade e com bom custo-benefício. Essa fase será conduzida por cientistas e engenheiros elétricos, em ambiente de laboratório e oficina, entre os dias 25 de fevereiro e 26 de fevereiro. As atividades incluem testes com materiais recicláveis, simulações computacionais, prototipagem rápida e estudos de eficiência energética. O investimento estimado para essa etapa é de R\$ 200.000,00.

Em seguida, será realizada a compra de materiais, etapa essencial para montar o estoque e analisar os custos de produção. Essa responsabilidade ficará a cargo da equipe de logística, atuando a partir do escritório entre os dias 26 de março e 26 de maio. A aquisição será feita por meio de parcerias com cooperativas de reciclagem, negociação com fornecedores e análise da viabilidade financeira dos insumos. O custo previsto para essa fase é de R\$ 150.000,00.

A terceira etapa corresponde à confecção e teste do produto, momento em que os protótipos serão produzidos e avaliados. Os testes visam garantir durabilidade, segurança e eficiência do produto em diferentes condições climáticas. Essa fase será novamente liderada pelos cientistas e engenheiros elétricos, em laboratório/oficina, no período de 26 de junho a 27 de janeiro. O orçamento destinado a essa etapa é de R\$ 250.000,00.

Por fim, será realizada a etapa de promoção e venda, com foco na divulgação da marca e captação de clientes. A equipe de marketing e vendas será responsável por executar ações em redes sociais, marketplaces, pontos comerciais, outdoors e feiras de tecnologia sustentável, entre os dias 26 de novembro e 28 de janeiro. As estratégias incluirão marketing digital (como

anúncios pagos), participação em eventos, e parcerias com empresas de energia renovável. O custo estimado para essa fase é de R\$ 80.000,00.

O investimento total do projeto está estimado em R\$ 680.000,00, distribuído entre as quatro etapas descritas acima. O plano foi pensado para garantir uma implementação eficiente, com foco em sustentabilidade, inovação e impacto positivo no mercado e no meio ambiente.

11.5. Matriz BCG

A Matriz BCG é uma ferramenta de análise estratégica muito utilizada pelas empresas para avaliar o portfólio de produtos ou unidades de negócio. Ela foi criada pelo Boston Consulting Group (daí vem o nome BCG) e tem como principal objetivo ajudar na tomada de decisões sobre onde investir, manter ou descontinuar recursos.

Basicamente, essa matriz analisa os produtos com base em dois critérios principais:

- Taxa de crescimento do mercado (se o setor está crescendo ou não), e
- Participação relativa de mercado (se a empresa tem uma posição forte ou fraca em relação aos concorrentes).

Com esses dois critérios, os produtos ou negócios são classificados em quatro quadrantes:

Estrela: São os produtos que têm alta participação de mercado em um setor que está crescendo rapidamente. Eles geralmente exigem muito investimento, mas também trazem bastante retorno. A ideia é mantê-los bem-posicionados para que, no futuro, virem vacas leiteiras.

Vaca Leiteira: Aqui estão os produtos com alta participação de mercado, mas em mercados que já não crescem tanto. Eles são estáveis e geram lucro consistente, por isso são considerados "financiadores" dos demais produtos. A estratégia é extrair o máximo de rendimento possível com o menor investimento.

Interrogação: Esses produtos estão em mercados em crescimento, mas ainda têm baixa participação de mercado. São os mais difíceis de gerenciar, porque exigem análise cuidadosa: vale a pena investir para transformá-los em estrelas ou é melhor abandoná-los?

Abacaxi: Produtos com baixa participação de mercado em mercados estagnados ou em declínio. Normalmente, não valem mais o investimento e muitas vezes são descontinuados, a menos que ainda tenham algum valor estratégico.

O grupo propôs o uso dessa ferramenta para que analisássemos de forma clara nossos produtos e de que forma seria vantajoso para a empresa manter todos os nossos planos.



A análise da Matriz BCG aplicada às placas solares sustentáveis permite identificar os pontos estratégicos do projeto, classificando cada prática de acordo com seu potencial de crescimento e participação de mercado. No quadrante das Estrelas, encontra-se a produção das placas solares, considerada uma atividade com alto crescimento e grande participação no mercado, uma vez que alia custo-benefício e inovação tecnológica, representando o núcleo central do projeto Supernova. Já no quadrante das Vacas Leiteiras, destaca-se o uso de materiais reciclados, pois o aproveitamento de insumos por preços acessíveis garante estabilidade de fornecimento e contribui para a sustentabilidade, permitindo retorno contínuo sem a necessidade de grandes investimentos adicionais.

No quadrante dos Pontos de Interrogação, observa-se o custo das placas em relação aos gastos e margem de lucro. Esse fator apresenta incertezas, pois embora haja potencial de acessibilidade ao consumidor final, depende de ajustes na precificação e no equilíbrio entre lucratividade e competitividade. Por fim, no quadrante dos Abacaxis, encontra-se a compra de placas defeituosas de empresas para manutenção e revenda. Apesar de possibilitar preços mais baixos, essa prática apresenta alto risco, devido à necessidade de reparos constantes, custos adicionais e à possível desconfiança do consumidor em relação à qualidade do produto.

Dessa forma, a matriz evidencia que o foco estratégico deve permanecer na produção inovadora e no uso de materiais reciclados, ao passo que os pontos de interrogação exigem estudos de viabilidade econômica e os abacaxis devem ser analisados com cautela, evitando comprometer a sustentabilidade e a credibilidade do projeto.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como alunos pesquisadores envolvidos neste projeto, compreendemos que a transição energética não se trata apenas da substituição de fontes fósseis por alternativas renováveis, mas de um processo muito mais amplo e complexo, que exige responsabilidade social, consciência ambiental e inovação tecnológica. Nesse sentido, o Projeto Supernova nos proporcionou a oportunidade de aprofundar a compreensão sobre o papel da ciência e da tecnologia na construção de um futuro mais justo, sustentável e acessível para todos.

A partir do desenvolvimento de placas solares recicláveis, o projeto demonstra que é possível integrar soluções inovadoras com práticas sustentáveis e economicamente viáveis. A análise da viabilidade técnica, social e ambiental desse modelo mostrou não apenas o seu potencial para ampliar o acesso à energia limpa em comunidades carentes, mas também sua capacidade de fomentar uma economia circular no setor fotovoltaico — algo ainda incipiente, mas extremamente necessário.

Ao longo da pesquisa, também ficou evidente a importância de alinhar iniciativas como está aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, em especial os ODS 7 (Energia Limpa e Acessível), ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis) e ODS 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima). Acreditamos que projetos com esse nível de compromisso podem representar um verdadeiro avanço na luta contra as desigualdades energéticas e os impactos ambientais negativos causados pelas cadeias produtivas tradicionais.

Mais do que um trabalho acadêmico, o Supernova nos desafiou a pensar de forma crítica e prática sobre os caminhos para uma transição energética justa. Ele nos mostrou que, com dedicação à pesquisa, responsabilidade e visão de futuro, é possível transformar ideias em soluções concretas que beneficiem a sociedade como um todo. Esperamos que este projeto sirva como inspiração para outras iniciativas que também busquem unir tecnologia, sustentabilidade e inclusão social.

Por fim, entendemos que a transição energética não será bem-sucedida se não for, também, uma transição justa. E acreditamos que o Supernova contribuiu significativamente para esse objetivo, ao apresentar uma alternativa real, replicável e sustentável para o futuro energético do Brasil e do mundo.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia 2050**. Brasília: MME, 2020.
- NAÇÕES UNIDAS. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 16 jun. 2025.
- SILVA, João A.; COSTA, Mariana F. **Sustentabilidade e inovação na indústria de energia solar**. Revista Brasileira de Energia Renovável, v. 10, n. 2, p. 45-59, 2024.
- IEA. International Energy Agency. *Renewable Energy Market Report*. Paris: IEA, 2020.
- FERNANDES, Bruna Scuracchio. Reciclagem e logística reversa de placas fotovoltaicas. Trabalho de Conclusão de Curso. Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 2023.
- OLIVEIRA, Elaíne Vieira de. PROCESSOS DE RECICLAGEM DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS DE PRIMEIRA GERAÇÃO – Universidade Federal do Ceará, 2021.
- MARIANO, Juliana D’Angelo; URBANETZ JUNIOR, Jair. Energia Solar Fotovoltaica – Princípios Fundamentais. 1. ed. Campinas: Atena Editora, 22 mar. 2022.
- ANDRADE, Darly Fernando. Sustentabilidade e Responsabilidade Social, Volume 3 1ª Edição, BH, 2017.
- ALCKMIN, Geraldo. Caderno da educação , ECOCIDADÃO, 3º Edição, SP, 2014.
- (IEA) Agência Internacional de Energia. World Energy, 2020.
- ANDRADE, J. Sustentabilidade corporativa: uma visão integradora. 2017.
- CURTIS, M. Reciclagem de materiais em painéis fotovoltaicos: uma abordagem ambientalmente responsável. Journal of Clean Energy, 2021.
- FERNANDES M. Gestão de resíduos tecnológicos: desafios e soluções. Revista Brasileira de Energia,, 2023.
- MARIANO, L. Fundamentos da energia solar fotovoltaica. Editora SolarTech, 2022.
- PINHO. A energia solar no Brasil: desafios e oportunidades. Editora Energias Renováveis. 2014.
- PRADO D. Tecnologias solares: uma análise comparativa. Journal of Renewable Energy, 2018.
- VIEIRA. Logística reversa no setor fotovoltaico: um estudo de caso. Journal of Sustainable Development, 2020.

