

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS ARARANGUÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE
DEPARTAMENTO DE ENERGIA E SUSTENTABILIDADE
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ENERGIA

Estevan Alves Michels

**STARTUPS E SOLUÇÕES NA ÁREA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: UM
ESTUDO DE EMPRESAS CATARINENSES**

Araranguá
2023

Estevan Alves Michels

STARTUPS E SOLUÇÕES NA ÁREA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: UM ESTUDO DE EMPRESAS CATARINENSES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Energia do Centro de Ciência, Tecnologias e Saúde da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Energia.

Orientadora: Profa. Dra. Kátia Cilene Rodrigues Madruga.

Araranguá

2023

Michels, Estevan Alves

Startups e soluções na área de energia solar fotovoltaica: um estudo de empresas catarinenses / Estevan Alves Michels ; orientador, Kátia Cilene Rodrigues Madruga, 2023.

23 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá, Graduação em Engenharia de Energia, Araranguá, 2023.

Inclui referências.

1. Engenharia de Energia. 2. Startups. 3. Energia Solar. 4. Santa Catarina. 5. Empreendedorismo. I. Madruga, Kátia Cilene Rodrigues. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia de Energia. III. Título.

Estevan Alves Michels

Startups e soluções na área de energia solar fotovoltaica: um estudo de empresas catarinenses

O presente Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso de Engenharia de Energia, foi avaliado e aprovado pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Kátia Cilene Rodrigues Madruga, Dra.
Universidade Federal de Santa Catarina

Paulo César Leite Esteves, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Luciano Lopes Pfitscher, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que essa é a versão original e final do trabalho e que foi julgado adequado para obtenção do título de Engenheiro/a de Energia.

Carla de Abreu D'Aquino, Dra.
Coordenadora do Curso

Kátia Cilene Rodrigues Madruga, Dra.
Orientadora ou Coorientadora

Estevan Alves Michels
Autor

Araranguá, 27.11.2023

STARTUPS E SOLUÇÕES NA ÁREA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: UM ESTUDO DE EMPRESAS CATARINENSES

RESUMO

Com aumentos nos custos de geração e distribuição de energia surge a necessidade de alternativas eficientes para o consumo elétrico de casas, comércios e indústrias. A energia solar pode ser uma solução rápida para diminuição dos mesmos. Entretanto, ao longo do seu ciclo de vida há diversos aspectos que devem ser considerados para obter-se o máximo de desempenho com o menor impacto social e ambiental. Com o aumento massivo da potência instalada no Brasil desde 2012 há uma série de desafios para serem considerados desde a fase de produção até o descarte dos materiais utilizados. As startups por meio da sua cultura empreendedora e inovadora contribuem para o rápido desenvolvimento do setor fotovoltaico. Impulsionadas por incubadoras e aceleradoras presentes no estado de Santa Catarina, elas têm apresentado resultados empolgantes frente ao atual cenário do setor. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi identificar e discutir as soluções propostas por startups catarinenses para desafios dentro da cadeia de valor desde a produção até o descarte do sistema de geração de energia solar fotovoltaica. O método utilizado foi a pesquisa descritiva. Os dados para análise foram coletados em plataformas e documentos públicos. Entre os principais resultados destaca-se que as startups possuem foco no desenvolvimento, uso e aplicação dos sistemas fotovoltaico, entretanto faltam empreendimentos orientados para tratar do descarte dos equipamentos utilizados. Conclui-se que as startups catarinenses deram os primeiros passos para a inovação no setor fotovoltaico e, portanto, há ainda espaço para o desenvolvimento de novas soluções que serão importantes para a transição energética eficiente e sustentável.

Palavras-chave: Startups, Energia Solar, Santa Catarina, Tecnologia e Empreendedorismo.

ABSTRACT

With the growth in the costs of energy generation and distribution comes the need for efficient alternatives for the energy consumption of homes, businesses, and industries. Solar energy can be a quick solution to reduce costs. However, throughout its life cycle there are several aspects that must be considered to obtain the maximum performance with the least social and environmental impact. With the massive increase in installed power in Brazil since 2012 there are a number of challenges to be considered from the production phase to the disposal of the materials used. Startups through their entrepreneurial and innovative culture contribute to the rapid development of the photovoltaic sector. Driven by incubators and accelerators present in the state of Santa Catarina, startups have presented exciting results in face of the current scenario of the sector. In this context, the objective of this work was to identify and discuss the solutions proposed by startups in Santa Catarina to challenges within the chain from production to disposal of the photovoltaic solar energy generation system and to analyze their future impacts. The method used was descriptive research. The data for analysis were collected from open platforms and public documents. Among the main results it is highlighted that startups have focused on the development, use and application of photovoltaic systems, however there is a lack of ventures oriented to address the disposal of used equipment. It is concluded that startups in Santa Catarina have taken the first steps towards innovation in the photovoltaic sector, and therefore there is still room for the development of new solutions that will be important for the efficient and sustainable energy transition.

Palavras-chave: Startups, Solar energy, Santa Catarina, Technology and Entrepreneurship.

1. INTRODUÇÃO

O empreendedorismo tem sido reconhecido como uma importante fonte de inovação e desenvolvimento econômico em diversos países. Em 2020, mais de 40% da população adulta em todo o mundo estava envolvida em algum tipo de atividade empreendedora. (SEBRAE, 2022)

No Brasil tem ocorrido um crescente interesse pelo empreendedorismo. Em 2020 o país atingiu o maior nível de empreendedorismo dos últimos 20 anos. Nesse ano 25% da população adulta brasileira estava envolvida em algum tipo de atividade empreendedora. (GLOBAL ENTREPRENEURSHIP MONITOR, 2020)

Nesse cenário, o mercado de startups tem experimentado um crescimento significativo, impulsionado pelo avanço tecnológico e pelas mudanças no comportamento dos consumidores. As *startups* definidas como empresas nascentes com modelos de negócio inovadores, repetíveis e escaláveis. (SEBRAE, 2022)

O Brasil conta atualmente com mais de 13 mil startups, concentradas principalmente nas regiões Sul e Sudeste do país. O cenário para esse mercado é bastante promissor, uma vez que elas têm sido capazes de atender as necessidades dos consumidores de forma mais ágil e eficiente do que as empresas tradicionais (SEBRAE, 2023).

Dados da Associação Brasileira de Startups (ABSTARTUPS) indicam que Santa Catarina é o estado brasileiro com o maior número de startups em operação, totalizando 1.301 empreendimentos. Além disso, o estado também lidera em termos de quantidade de investimentos recebidos, possuindo 41 startups que receberam aportes maiores que R\$ 4,8 milhões. Esses dados mostram a força e o potencial do ecossistema de startups no estado. Isso tem sido impulsionado pela presença de universidades de qualidade e pela alta capacitação dos empreendedores locais. (ABSTARTUPS, 2022)

Entre as *startups* catarinenses, verifica-se um crescimento no setor de energias renováveis, particularmente a energia solar. Atualmente há 192 startups que pretendem resolver questões energéticas no Brasil. As startups têm capacidade de auxiliar os setores públicos e privados na melhor utilização dos recursos energéticos e no aumento da demanda por fontes renováveis. Dentre essas startups, 100 têm o

foco em energia solar e os investimentos devem triplicar nos próximos dez anos para o país atingir as metas de neutralidade de carbono em 2050. (ACATE, 2021)

Desde 2017 há um forte incremento na potência instalada em energia fotovoltaica no país, sendo por meio de geração centralizada ou geração distribuída. Em setembro de 2023 a geração solar no total possuía 34.228 MW instalados. Isso representa 15,6% de toda a matriz elétrica brasileira. A energia solar já é maior que todas as fontes energéticas não-renováveis e com potencial de se tornar a maior fonte. (ABSOLAR, 2023)

O ciclo de vida de um sistema solar pode ser dividido em quatro fases: a fase de produção, de instalação, a de operação e a de descarte. Na fase de produção, ocorre a extração de matérias-primas, a fabricação dos componentes, a montagem dos módulos fotovoltaicos e o transporte desses materiais (LEAL, 2022).

Na fase de instalação, o sistema é montado e conectado à rede elétrica. Durante a fase de operação, ele funciona gerando eletricidade. Por fim, na fase de descarte, o sistema é retirado e desmontado, e os componentes devem ser encaminhados para reciclagem ou descarte. (LEAL, 2022).

Nesse cenário, percebe-se que nas distintas etapas do ciclo de vida, há espaço para criação de *startups* que possam solucionar problemas, como, por exemplo, na fase do descarte de materiais recicláveis e não recicláveis que fazem partes de sistemas solares. (GLOBAL ENTREPRENEURSHIP MONITOR, 2020, OPSTAL & SMEETS, 2022).

Nos anos de 2014 a 2017 o Brasil teve um aumento de 390% na quantidade dos sistemas solares instalados, enquanto Santa Catarina obteve 300% de aumento. Essa tendência de crescimento manteve-se promissora nos anos seguintes no país e no estado (SCHMITZ ; FUCHTER, 2019)

Diante desse panorama, justifica-se estudos que possam investigar soluções propostas pelas startups do estado de Santa Catarina para os desafios dentro da cadeia de produção e descarte de sistemas fotovoltaicos.

Consequentemente, o objetivo deste trabalho foi identificar e discutir as soluções propostas por startups catarinenses para os desafios dentro das distintas etapas da cadeia desde a produção até o descarte do sistema de geração de energia solar fotovoltaica.

A estrutura do estudo inclui introdução, metodologia, referencial teórico, resultados, análises e conclusão.

2. METODOLOGIA

O estudo tem caráter de pesquisa descritiva e exploratória e foi realizado por meio de revisão bibliográfica e documental bem como coleta de dados nas fontes disponíveis tais como associações nacionais de energia solar e de startups durante o ano de 2022 e 2023. (GIL, 2010).

2.1 Referencial Teórico

Nesta etapa foi realizada a revisão bibliográfica e documental do presente estudo. A revisão de literatura teve por objetivo fornecer uma base conceitual e empírica sobre as temáticas da investigação. Para esse propósito, foram coletados e analisados dados de artigos científicos bem como de relatórios técnicos e documentos públicos de organizações relacionadas ao setor energético e à empreendedorismo e startups tais como Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Associação Brasileira de Energia Solar (ABSolar) e Associação Brasileira de Startups (ABStartups).

2.2 Estrutura da cadeia de produção do setor fotovoltaico

Nesta parte foi descrito as fases e suas etapas do ciclo de vida no setor fotovoltaico desde as atividades de extração e coleta até o descarte.

2.3 Identificação de startups catarinenses e soluções propostas

Nessa etapa foram identificadas startups em operação no estado de Santa Catarina. Primeiramente, foram acessados os registros de startups catarinenses em operação por meio da plataforma da Associação Brasileira de Startups (ABSTARTUPS) e da Associação Catarinense de Tecnologia (ACATE). Chegou-se a uma amostragem de 1677 startups atuando em Santa Catarina.

Com uma grande quantidade de volume de startups cadastradas atuantes no estado e por haver empresas cadastradas em mais de um banco de dados acima mencionados foi necessário o uso de um filtro para identificar quais empresas constavam em mais de um banco de dados, para uma filtragem foi necessário cruzar

os Cadastro de Pessoas Jurídicas (CNPJ). Neste filtro chegou-se ao valor de 1507 startups que tenha registro no estado.

Posteriormente, foram analisadas as startups que operam no ciclo fotovoltaico. Para ser considerada no setor, a startup deve apresentar pelo menos uma solução que busque aprimorar, aperfeiçoar ou inovar em alguma atividade presente na cadeia de produção do setor fotovoltaico. Isso resultou em uma amostra composta por 12 empresas.

2.4. Análise das soluções propostas.

A partir dos dados institucionais disponibilizados pelas startups sobre seus modelos de negócios por meio das suas *webpages* e dados coletados em entrevistas publicadas sobre os empreendimentos, identificou-se em qual parte da cadeia de produção as soluções se enquadram e foram discutidas as perspectivas futuras.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Energia Solar Fotovoltaica no Brasil e em Santa Catarina

A história da energia solar no Brasil teve início na década de 1970, durante a crise do petróleo. Na época, o governo brasileiro decidiu incentivar a produção de energia renovável, incluindo a energia solar. Em 1982, foi criado o Programa Nacional de Energia Solar, através do decreto nº 87.079/1982 que tinha como objetivo promover a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias para a produção de energia solar. (BRASIL, 2023)

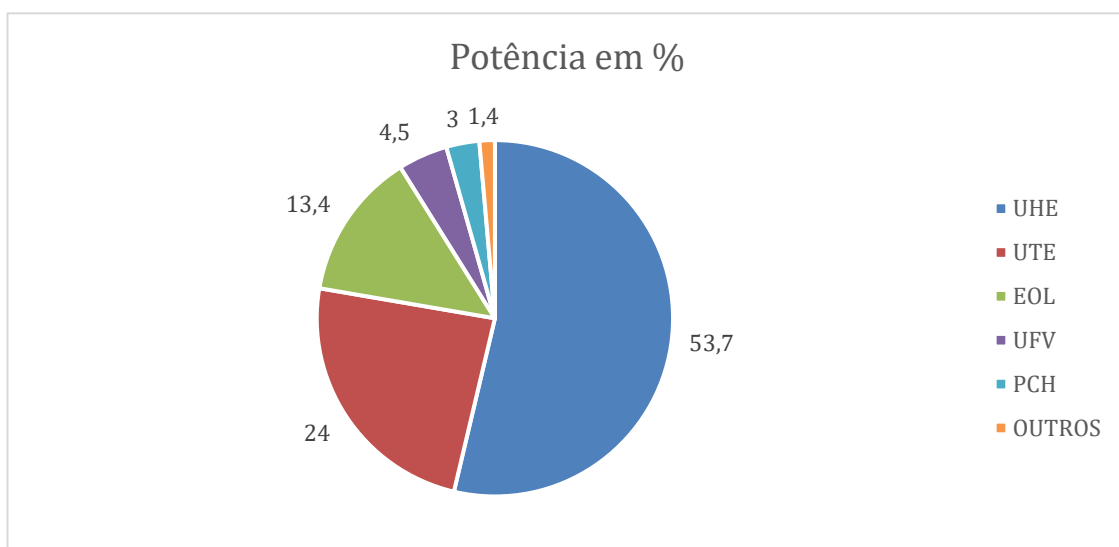
Apesar dos avanços, essa fonte de geração ainda não tinha um papel significativo na matriz energética do país. Em 2012 o governo federal lançou o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica através da Resolução Normativa (RN) Nº 482, que incentivou a instalação de sistemas fotovoltaicos em residências, empresas e propriedades rurais e posteriormente com a publicação do marco legal da geração distribuída através da Lei 14.300/2022. (ANEEL, 2022).

O mercado de geração de energia cresceu significativamente nas últimas décadas devido a vários fatores. A conscientização crescente sobre a

necessidade de fontes de energia renovável impulsionou a demanda por energia solar. A redução nos custos de painéis solares e sistemas fotovoltaicos tornou-a mais acessível e competitiva em comparação com fontes tradicionais de energia. Políticas públicas e incentivos governamentais, como leilões de energia e programas de geração distribuída, desempenharam um papel crucial no crescimento do mercado. Além disso, o apoio de instituições financeiras, por meio de linhas de financiamento específicas para projetos solares, facilitou o acesso ao capital necessário para investir nesse setor. (ABSOLAR, 2021).

Atualmente, a energia solar representa 4,49% da matriz elétrica nacional, conforme Figura 01:

Figura 01: Matriz Elétrica Nacional

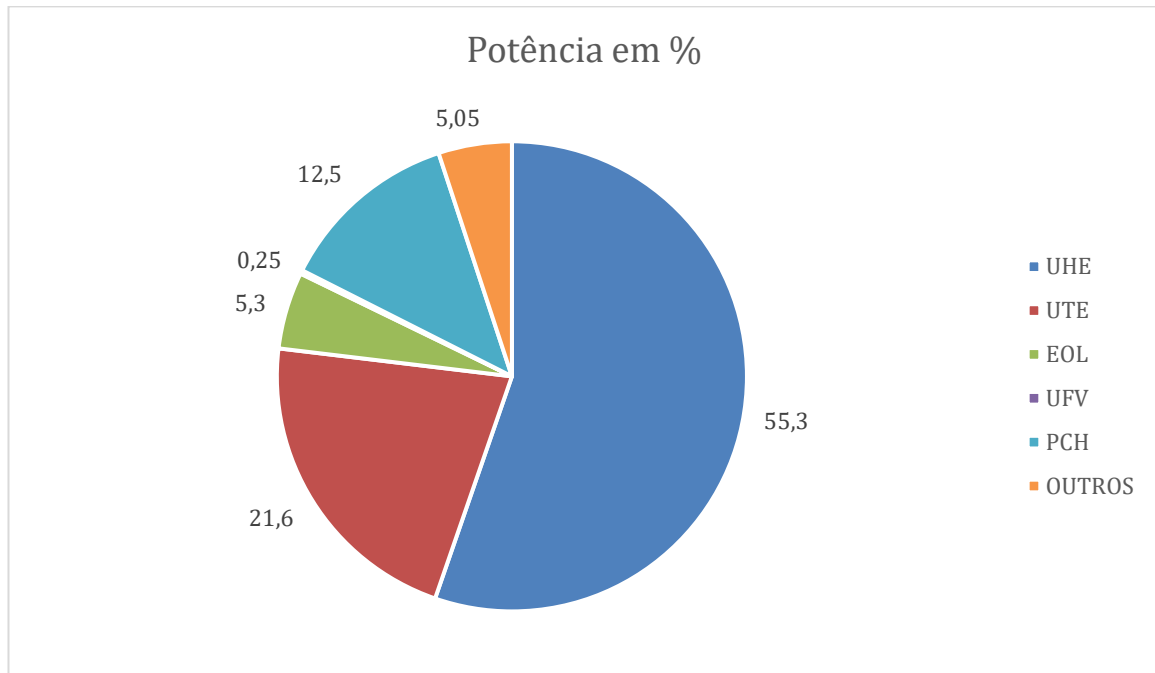


Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica

Este estudo destaca o estado de Santa Catarina no país. Através da Resolução Normativa (RN) N° 482/2012, a capacidade instalada de geração distribuída de energia solar no estado aumentou mais de 500 vezes entre 2016 e abril de 2023, crescendo de 2,6 MW para 1.419 MW. Esse aumento expressivo na adoção da tecnologia no estado é impulsionado por fatores como a redução de custos e incentivos governamentais. (ABSOLAR, 2023).

A Figura 02 apresenta a matriz energética catarinense. Nele é possível observar a representatividade de 0,25% da energia solar na totalidade da matriz elétrica de Santa Catarina.

Figura 02: Matriz Elétrica de Santa Catarina



Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica

3.2 Startups no Brasil e em Santa Catarina

Nos últimos anos, o Brasil tem visto um aumento expressivo no número de startups, impulsionado pela construção de um ecossistema empreendedor dinâmico que inclui incubadoras e aceleradoras. Além disso, instituições de ensino superior desempenham um papel fundamental nesse ecossistema, atuando como catalisadoras essenciais para o surgimento de novas ideias e o desenvolvimento de soluções inovadoras. (ABSTARTUPS, 2023).

Nesse cenário, o país alcançou a marca de 13.759 startups em 2021, o que representa um aumento de 20,7% em relação ao ano anterior. Além disso, o ecossistema de startups brasileiro tem atraído cada vez mais investidores e fundos de investimento, com um aumento de 28% nos aportes em 2020, totalizando US\$ 2,87 bilhões. (ABSTARTUPS, 2023)

Santa Catarina destaca-se acima da média nacional, ocupando o terceiro lugar no ranking nacional em eficiência de empresas de tecnologia. Nesse sentido, é relevante mencionar que Florianópolis, a capital catarinense, está ganhando reconhecimento como o "vale do silício brasileiro". Isso se deve à

concentração de incubadoras e campi das principais universidades do estado, como a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), a Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), a Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL), e centros empresariais. Esse conjunto de instituições está estreitamente ligado ao ecossistema de inovação catarinense, proposta pela ACATE, que possui onze pilares para o desenvolvimento do estado, incluindo o setor de energia. (ACATE, 2022).

No estado, o setor de energia tem sido impulsionado pelo crescimento e inovação das startups. Essas empresas emergentes desempenham um papel crucial no desenvolvimento e na adoção de soluções de energia sustentável. As startups catarinenses especificamente voltadas para a energia solar estão desenvolvendo tecnologias inovadoras, sistemas de geração de energia mais eficientes e soluções inteligentes de monitoramento e controle (ACATE, 2022).

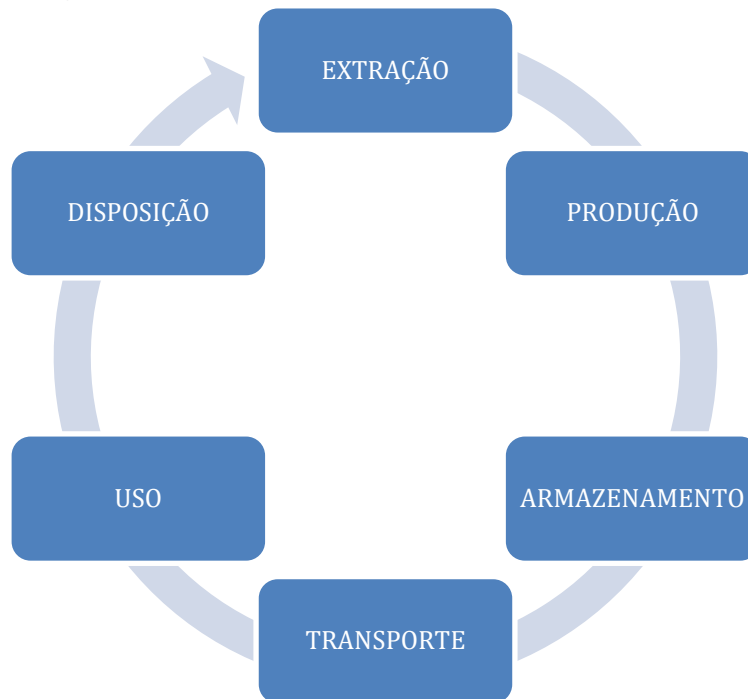
Além disso, essas startups não apenas estão contribuindo para a criação de empregos qualificados e o fortalecimento do ecossistema empreendedor, mas também desempenham um papel crucial no avanço da transição energética no estado, com foco especial em energia solar. Com seu espírito empreendedor e a visão voltada para a sustentabilidade, as startups de energia em Santa Catarina desempenham um papel crucial no desenvolvimento de um futuro energético mais limpo e resiliente (ACATE, 2022).

No presente estudo o foco foi em startups que atuam na área solar. Para tanto, na sequência, é apresentado o ciclo de vida deste setor e seus desafios.

3.3 Ciclo de Vida do Setor Fotovoltaico e Desafios

A análise do ciclo de vida dos sistemas fotovoltaicos abrange todas as fases do ciclo desses equipamentos, desde a extração da matéria-prima, passando pela produção nas indústrias, acondicionamento e estocagem, transporte internacional e nacional, instalação, manutenção e uso, até a disposição e descarte. A figura 1 demonstra esse ciclo. (GLOBAL SOLAR COUNCIL, 2020)

Figura 1: Ciclo de vida de um sistema fotovoltaico



Fonte: Adaptado pelo autor.

A cadeia produtiva da energia solar desempenha um papel fundamental na transição para uma matriz energética mais sustentável e na redução das emissões de gases de efeito estufa. Cada etapa da cadeia produtiva é essencial para o desenvolvimento e implantação de sistemas solares eficientes (GIZ, 2021).

A fabricação de painéis solares, o transporte, a instalação, a manutenção e a gestão adequada do descarte e reciclagem dos componentes são elementos cruciais. Além disso, a mão de obra especializada é de extrema importância, garantindo a eficiência e qualidade dos serviços prestados (GIZ, 2021).

Com um enfoque no desenvolvimento sustentável, a cadeia produtiva da energia solar contribui para a geração de empregos, redução da dependência de fontes não renováveis e mitigação dos impactos ambientais. Essa importância abrange desde a fabricação até a operação dos sistemas solares, promovendo a transição para uma economia de baixo carbono e impulsionando a sustentabilidade energética global. (GIZ, 2021)

3.3.1 Extração

A fase inicial do ciclo se inicia com a extração da matéria-prima, e no contexto dos painéis solares fotovoltaicos, o silício é a principal matéria-prima, extraído principalmente da sílica encontrada na areia. A qualidade desse material impacta diretamente na eficiência e vida útil dos painéis solares, tornando crucial a extração de silício de alta pureza para assegurar o desempenho adequado dos sistemas solares. Além disso, é essencial considerar os impactos ambientais dessa extração, como a geração de resíduos e o consumo de recursos naturais. Diante disso, a adoção de práticas de extração sustentável torna-se necessária para minimizar os impactos ambientais e promover a sustentabilidade da energia solar. A Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA) estima que até o ano de 2050, serão produzidas 78 milhões de toneladas desses equipamentos, reforçando a importância de práticas sustentáveis em todas as etapas do ciclo de vida. (TEIXEIRA, 2021)

3.3.2 Produção

A etapa de produção destaca-se pelos maiores custos e diferenças nas tecnologias de processos e produtos, evidenciando a competitividade entre as empresas. Após a extração da matéria-prima, como o silício, é necessário transformá-la em células solares e, posteriormente, em módulos fotovoltaicos. Durante essa etapa, processos complexos, como cristalização, corte, dopagem e montagem dos componentes, são realizados para criar painéis solares prontos para instalação. A precisão e confiabilidade dos processos de produção, que envolvem o uso de materiais de alta qualidade, tecnologias avançadas e rigorosos padrões de controle de qualidade, determinam a qualidade e eficiência dos painéis solares, inversores e equipamentos acessórios. Além disso, a otimização dos processos, a redução de desperdícios e o investimento contínuo em pesquisa e desenvolvimento contribuem para a competitividade e viabilidade econômica da energia solar. Essa etapa é fundamental para assegurar a qualidade, eficiência e durabilidade dos sistemas solares, sendo essencial aprimorá-la para impulsionar o crescimento e a adoção da energia solar no Brasil. (SMEETS; OPSTAL, 2022)

3.3.3 Armazenamento

A etapa de armazenagem desempenha um papel crucial na manutenção de um mercado dinâmico, evitando a escassez de produtos e equilibrando a oferta e demanda. Após a produção dos componentes, como os painéis solares, é essencial armazená-los de maneira adequada até o momento da instalação. Um armazenamento eficiente e seguro dos equipamentos solares é de extrema importância para preservar a qualidade e as características técnicas dos painéis, além de prevenir danos físicos e ambientais durante o armazenamento e o transporte. (VALLE, 2019)

3.3.4 Transporte

O transporte desempenha um papel crucial na cadeia produtiva da energia solar, tanto em âmbito global quanto nacional. Globalmente, é essencial para a importação e exportação dos componentes solares entre diferentes países e regiões. Em nível nacional, o transporte é responsável por levar os componentes das fábricas de produção aos locais de instalação. Em ambos os casos, o transporte eficiente e seguro é fundamental para garantir a entrega dos materiais no prazo e de forma intacta, através do uso de embalagens adequadas, manuseio cuidadoso e escolha de modais de transporte apropriados. O custo médio do frete marítimo global de equipamento fotovoltaico é de \$ 0,27/Watts pico de potência, porém o preço é condicionado para todos os produtos em transição ao redor do globo que pode variar rapidamente sem aviso prévio. (PV MAGAZINE, 2022)

3.3.5 Uso

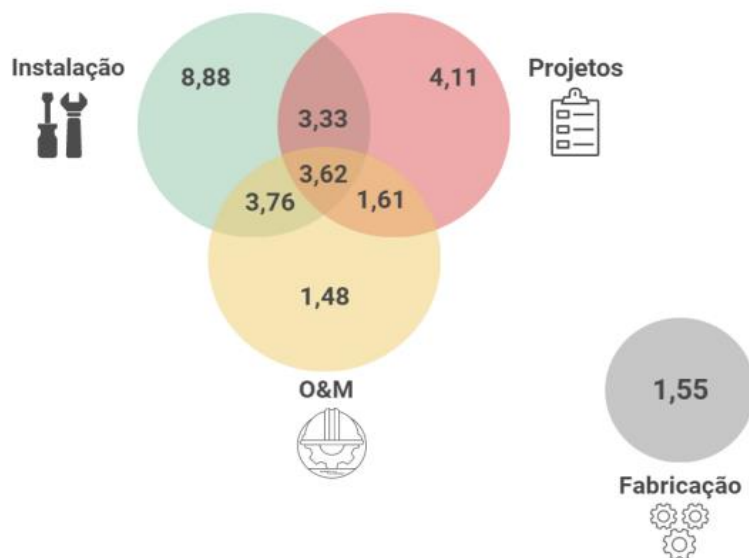
A fase de utilização do sistema de energia solar é a mais extensa em termos de duração dos equipamentos e representa um período de 25 anos em que ocorre o retorno dos investimentos realizados para a produção. Nessa etapa, a energia solar é convertida em eletricidade para atender às demandas energéticas. A instalação e o funcionamento correto dos painéis solares, inversores e demais componentes são cruciais para garantir a eficiência máxima e a plena utilização da energia solar. Além disso, o uso adequado do sistema requer a implementação de tecnologias de monitoramento e controle para otimizar o desempenho e o consumo de energia. (VALLE, 2019)

3.3.6 Disposição

O descarte adequado dos componentes do sistema de energia solar representa uma etapa em constante desenvolvimento na cadeia produtiva, visando minimizar os impactos ambientais. Com o avanço da tecnologia e a evolução constante dos materiais utilizados, é crucial considerar a destinação correta de painéis solares, baterias, cabos e demais componentes ao atingirem o final de sua vida útil. O descarte inadequado pode resultar na contaminação do solo e da água devido a materiais tóxicos, como chumbo e cádmio, presentes nos painéis solares, estimando-se 0,15 gramas desses materiais para cada Watt de potência. Assim, é fundamental que empresas e consumidores adotem práticas sustentáveis de descarte, como reciclagem e reaproveitamento dos materiais. A implementação de políticas e regulamentações que incentivem o descarte responsável também é essencial para o enfrentamento desse desafio (TASNIM, RAHAMAN, HASAN, SHAMMI, TARED, 2022)

Por fim, é relevante destacar que para cada uma dessas fases do ciclo é fundamental contar com profissionais qualificados. O treinamento contínuo dos trabalhadores é necessário para acompanhar as inovações tecnológicas e normas de segurança. A Figura 3 apresenta a quantidade de empregos por MW por etapa do ciclo. (GIZ, 2021)

Figura 3: Índice de empregos por etapa



Fonte: GIZ, 2021

4. RESULTADOS E ANÁLISES

Nesta seção serão apresentadas as startups do setor fotovoltaico identificadas no estado de Santa Catarina. Observou-se as etapas do ciclo de vida em que cada uma atua. A partir dos resultados foi realizada a análise do cenário catarinense frente aos desafios relacionados às etapas.

Em contraste com as 1507 empresas atuantes em diversos setores em Santa Catarina, este estudo identificou um total de 12 empresas que operam especificamente no setor fotovoltaico no estado que são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1: Startups catarinenses do setor fotovoltaico e soluções propostas

Empresa	Cidade	Fundação	Fase	Subfase
Way2	Florianópolis	2005	Uso	Monitoramento
ScadaHUB	Florianópolis	2004	Uso	Monitoramento
GTX	Florianópolis	2011	Uso	Monitoramento
Liben	Florianópolis	2019	Uso	Gestão
Pieta.tech	Florianópolis	2018	Uso e Produção	Projetos, Monitoramento e indústria

4docs	Florianópolis	2012	Uso	Gestão
Alka Energia	Jaraguá do Sul	2009	Uso	Gestão
Rashirama	Paulo Lopes	2016	Uso	Gestão
IPE assets	Joinville	2022	Uso	Gestão
Renovigi	Chapecó	2012	Produção	Industria
Solar Inove	Tubarão	2011	Acondicionamento e Transporte	Distribuidora
Innovaklim	Indaial	2019	Produção	P&D

Fonte: Associação Catarinense de Tecnologia e Associação Brasileira de Startups

4.1 Soluções Propostas

Pode-se verificar por meio do Quadro 1 que a maioria das startups catarinenses que atuam no setor fotovoltaico estão concentradas na etapa de ciclo do uso, demonstrando que a energia solar no estado está em crescimento, porém ainda dependente de outros estados e países para o seu abastecimento. Na sequência, serão consideradas as fases do ciclo de vida do setor para relacioná-las com as startups.

4.1.1 Extração

A etapa de extração do silício é a etapa inicial para a produção. Sem matéria-prima não há como haver a manufatura, conforme indicado por Teixeira (2021). A partir dos resultados, observa-se que não há nenhuma *startup* que se propõe a desenvolver novas técnicas de extração do silício de alta pureza ou encontrar novos insumos para a produção dos painéis fotovoltaicos.

4.1.2 Produção

A fase de produção desempenha um papel crucial no acesso aos equipamentos de energia solar, estando intimamente ligada à competitividade de preços. A produção local pode ser um meio eficaz de reduzir o custo final de instalação e mitigar as flutuações do mercado internacional, especialmente considerando a influência do dólar, conforme observado por Smeets e Opstal (2022). Em Santa Catarina, observa-se que três empresas, Pieta.tech, Renovigi e Innovaklim, estão focadas em atender às demandas nacionais de produção. A Pieta.tech e a Innovaklim trazem a fabricação de equipamentos por meio da Pesquisa & Desenvolvimento com a Renovigi destacando-se no país por intermédio da tecnologia de inversores. A Pieta.tech trouxe para o mercado o *Lug Smart*, um equipamento de medição da geração instantânea dos sistemas fotovoltaicos que permite ao consumidor saber a qualidade da geração de energia. A Innovaklim faz projetos que unem a energia solar com equipamentos de ar-condicionado em ambientes de transporte como ônibus e trens. Nesta fase, merece destaque a Renovigi, que, ao ser pioneira no Brasil com a fabricação nacional de inversores, foi adquirida pela Intelbras por R\$ 334,3 milhões. Atualmente, a Renovigi figura como uma das maiores distribuidoras de equipamentos fotovoltaicos no país.

4.1.3 Armazenamento e Transporte

Verificou-se ainda que somente uma empresa está desenvolvendo tecnologias de acondicionamento e transporte de sistemas fotovoltaicos. A Solar Inove, tem uma frota de caminhões que atende ao território brasileiro e possui um bom acondicionamento dos materiais, tendo módulos fotovoltaicos que foram instalados no início da expansão, em 2012, prontos para reposição.

Conforme artigo publicado pela revista internacional do setor fotovoltaico, PV MAGAZINE 2022, o transporte tem um papel fundamental na cadeia produtiva. Devido à fragilidade dos equipamentos é bastante importante a infraestrutura necessária para o seu acondicionamento.

4.1.4 Uso

A grande concentração das startups está atuando na etapa de uso. Tratam-se de nove empresas com iniciativas e desenvolvimento no uso das

tecnologias fotovoltaicas. As startups Way2, ScadaHUB, GTX e Pieta.tech possuem foco no monitoramento dos sistemas em operação. O monitoramento traz mais segurança e eficiência ajudando na prevenção e identificação de falhas de operação e, segundo Valle (2019), é de extrema importância para o crescimento da potência instalada no estado e no país. As startups Liben, 4docs, Alka Energia, Rashirama e IPE assets trazem distintas soluções na gestão da energia. Segundo o Ministério de Minas e Energia em 2019, a gestão da energia vem se desenvolvendo e criando modelos de negócios a partir da divulgação da RN 482/2012.

4.1.5 Disposição

Com a crescente importação dos módulos e inversores fotovoltaicos haverá a necessidade do descarte correto de todos esses materiais e a reciclagem para uma segunda-vida dos equipamentos, diminuindo assim os índices de CO²/MW e de kWh/MW na sua produção, conforme apontado pelos estudos de Tasnim, Rahman, Hasan, Shammi, Tared, 2022. Entretanto, de acordo com os resultados deste estudo, não há nenhuma *startup* catarinense que trata desse desafio.

4.2 Análise das Soluções

Por meio do levantamento dos dados, observou-se que os novos empreendimentos estão atuando em diversas fases da cadeia, especialmente, no que diz respeito à fase de uso. Contudo, percebe-se uma falta de empresas que busquem enfrentar os desafios de alguns ciclos dessa tecnologia no Brasil e no mundo

Essas empresas, do ciclo de uso, se caracterizam por serem ágeis e capazes de identificar soluções rentáveis e escaláveis, têm o potencial de agregar valor. Aquelas que se especializarem em Disposição e Descarte devem estar prontas para uma demanda incipiente, mas as primeiras a consolidar-se no mercado podem garantir uma fatia significativa do *market-share*, considerando que o setor fotovoltaico está crescendo no país.

5. Considerações finais

Com base nos dados coletados e nas análises, é possível concluir que, embora o setor de energia solar em Santa Catarina esteja em crescimento, há

desafios significativos em várias fases do ciclo de vida dessa indústria. As *startups* catarinenses estão principalmente concentradas na fase de uso da energia solar, com pouca presença em etapas críticas, como extração, produção, armazenamento e transporte, disposição e reciclagem.

Por meio da observação dos resultados, também foi possível identificar a ausência de startups que abordem desafios específicos, como o desenvolvimento de novas técnicas de extração de silício, soluções inovadoras para armazenamento e transporte eficiente de sistemas fotovoltaicos, e iniciativas de disposição e reciclagem dos materiais utilizados. A falta de empresas que enfrentem esses desafios pode representar uma lacuna no desenvolvimento sustentável do setor fotovoltaico em Santa Catarina e no Brasil.

Considerando que há outras possibilidades para serem exploradas, como, por exemplo, a disposição e descarte adequados, essa etapa têm o potencial de se destacar no mercado emergente, considerando o crescimento contínuo do setor fotovoltaico no país. A ênfase na importância da inovação e da resolução desses desafios é crucial para o avanço sustentável e a consolidação das empresas no mercado de energia solar.

Para estudos futuros sobre o tema, sugere-se a investigação de tópicos como: soluções propostas por startups nacionais para a produção dos equipamentos necessários aos sistemas fotovoltaicos; inovações tecnológicas para reciclagem dos equipamentos fotovoltaicos e seus subprodutos e a identificação de como incubadoras e aceleradoras têm incentivado modelos de negócios para o setor de energia solar.

6. REFERÊNCIAS

1. Associação Brasileira de Energia Solar (ABSOLAR). 2023. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>. Acesso em: 25 de outubro de 2023.
2. Associação Brasileira de Startups (ABStartups). 2022. Disponível em: <https://abstartups.com.br/mapeamento-de-comunidades/>. Acesso em: 28 de maio de 2023.
3. Associação Catarinense de Tecnologia (ACATE). 2021. Disponível em: <https://www.acate.com.br/blog-da-acate/o-que-e-esg/>. Acessado em: 05 de jun. de 2023.
4. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). 2012. REN 482 Disponível em: < <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao-distribuida>>. Acessado em 10 de maio de 2023.

5. Câmara dos Deputados. 1982. Decreto nº 87.079 Disponível em: < <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1980-1987/decreto-87079-2-abril-1982-436644-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em 10 de maio 2023.
6. Deutsche Gessellschaft Für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). 2021. A Mão de Obra Na Cadeia Produtiva do Setor Solar Brasileiro. GIZ, Brasília, 2021.
7. Global Solar Council (GSC). 2020. Disponível em: < https://www.globalsolarcouncil.org/wp-content/uploads/2020/04/GSC_Covid_survey_23apr2020.pdf>. Acessado em 14 de março de 2023.
8. GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 5. Ed. São Paulo: Atlas.
9. IRENA, International Renewable Energy Agency, Disponível em: <https://www.irena.org/>, Acessado em 15.08.2023.
10. LEAL, M., GARCÍA, V. (2022). Ciclo de Vida de Módulos Fotovoltaicos: Análise de Fatores que Interferem na Vida útil do Módulo. Universidade Presbiteriana Mackenzie.
11. PV MAGAZINE GROUP. Freight Cost Edge Toward 4% of Solar Module Costs. Disponível em: <https://www.pv-magazine.com/2022/11/24/freight-costs-edge-toward-4-of-solar-module-costs-near-pre-pandemic-levels/>. Acesso em: 10 de jun. de 2023.
12. SCHMITZ, C., FUCHTER, M. A Evolução da Energia Solar Fotovoltaica no Estado de Santa Catarina em Relação ao Brasil. Centro Universitário para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí. 2019.
13. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae), 2022. 2020/2021 Global Report. Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/Gem2021> Acesso em: 28 de maio de 2023.
14. SMEETS, A., OPSTAL, W. Circular Economy Strategies as Enablers for Solar PV Adoption in Organizational Market Segments. Elsevier. 2022.
15. TASNIM, S., RAHMAN, M., HASAN, M., SHAMMI. M., TAREQ, S. Current Challenges and Future Perspectives of Solar-PV Cell Waste in Bangladesh. Elsevier. 2022.
16. TEIXEIRA, W., MÉNDEZ, M. Análise do Ciclo de Vida de Componentes de Painel Fotovoltaico: Estudo do Berço-ao-Portão. Universidade Metodista de Piracicaba. 2021.
17. VALLE, B., AZEVEDO, C. Análise de Ciclo de Vida de Painéis Solares em Silício Monocristalinos. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2019.