

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

EMPRESAS DE RECICLAGEM DE PAINÉIS  
FOTOVOLTAICOS: TECNOLOGIAS,  
LEGISLAÇÕES E DIFICULDADES

NATHÁLIA GONZAGA GRILO SIQUEIRA

ITAJUBÁ, AGOSTO DE 2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

NATHÁLIA GONZAGA GRILO SIQUEIRA

EMPRESAS DE RECICLAGEM DE PAINÉIS  
FOTOVOLTAICOS: TECNOLOGIAS,  
LEGISLAÇÕES E DIFICULDADES

Dissertação submetida à banca examinadora,  
apresentada à Universidade Federal de Itajubá, como  
requisito para a obtenção do título de Mestre em  
Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Qualidade e Produtos

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches da  
Silva

ITAJUBÁ, AGOSTO DE 2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

NATHÁLIA GONZAGA GRILO SIQUEIRA

EMPRESAS DE RECICLAGEM DE PAINÉIS  
FOTOVOLTAICOS: TECNOLOGIAS,  
LEGISLAÇÕES E DIFICULDADES

Dissertação submetida à banca examinadora em 12 de agosto de 2025,  
apresentada à Universidade Federal de Itajubá, como requisito para a  
obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches da Silva (Orientador)

Prof. Dr. Antonio Fernando Branco Costa (Avaliador interno)

Prof. Dra. Andreza de Aguiar Hugo (Avaliadora externa)

Prof. Dra. Maria Silene Alexandre Leite (Avaliadora externa)

ITAJUBÁ, AGOSTO DE 2025

*“Importante não é ver o que ninguém nunca viu,  
mas sim pensar o que ninguém nunca pensou  
sobre algo que todo mundo vê.”  
Arthur Schopenhauer*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me abençoar e me capacitar para enfrentar todos os desafios desta jornada.

Aos meus pais, expresso minha profunda gratidão. Ao meu pai, Sebastião, pelo esforço incansável em me proporcionar boas condições de estudo. À minha mãe, Simone, por ser minha maior incentivadora, abdicando de tantas coisas em prol da minha educação.

Ao meu noivo, Túlio, agradeço pelo apoio incondicional, pelos conselhos, pela ajuda e pela paciência diante dos obstáculos que enfrentei ao longo desta caminhada.

À minha irmã, Bianca, sou grata por seu apoio constante e por compreender minha ausência em muitos momentos.

À minha tia Andrea e à minha avó Sônia, que, mesmo à distância, sempre me incentivaram a seguir meus sonhos e buscar crescimento por meio dos estudos.

Ao meu orientador, Dr. Carlos Sanches, sou profundamente grata pela atenção, pelos conselhos e pela dedicação à minha pesquisa.

Aos amigos e colegas que encontrei na UNIFEI, agradeço a companhia, os conselhos e por toda ajuda ao longo desta trajetória.

Por fim, agradeço à CAPES pelo apoio financeiro concedido, essencial para a realização desta pesquisa.

## Resumo

Com o crescimento exponencial da energia solar fotovoltaica, surge o desafio relacionado ao descarte de painéis fotovoltaicos ao final da vida útil. Sabe-se que esses equipamentos podem gerar milhões de toneladas de resíduos até 2050. Portanto, torna-se fundamental compreender como ocorre, na prática, a reciclagem de painéis de primeira geração, compostos por silício cristalino (c-Si). Este estudo identificou o processo de reciclagem adotado por 37 empresas que compõem o *ranking* dos 10 países com maior capacidade de geração fotovoltaica em 2023, por meio de uma pesquisa quantitativa do tipo *survey*, complementada por buscas nos *sites* das empresas e validações de dados utilizando a ferramenta de inteligência artificial, *Copilot*®. O objetivo foi identificar os tipos de reciclagem empregados, os materiais efetivamente recuperados, as legislações atendidas e as principais dificuldades encontradas pelas empresas. Os resultados demonstram que, embora 93% das empresas informem realizar o processo de *upcycling*, na prática a reciclagem ainda é seletiva, concentrando-se na recuperação de vidro, alumínio e cobre (materiais reciclados por 89% da amostra). Por outro lado, metais tóxicos como chumbo e estanho apresentam baixas taxas de recuperação (35% e 38%, respectivamente), evidenciando limitações tecnológicas e barreiras regulatórias. Observou-se também que, apesar da existência de legislações que incentivam a reciclagem, sua implementação enfrenta entraves relacionados à falta de padronização normativa e custos logísticos elevados. A análise estatística multivariada confirmou a interdependência entre logística reversa, viabilidade econômica e cumprimento regulatório. Os achados desta pesquisa reforçam a necessidade de fortalecer políticas públicas, ampliar a transparência dos processos, aprimorar tecnologias de recuperação de materiais tóxicos e promover colaboração entre empresas, governo e instituições de pesquisa, a fim de consolidar uma cadeia de reciclagem mais eficiente e sustentável para painéis fotovoltaicos.

Palavras-chave: Painéis fotovoltaicos, Reciclagem, *Survey*, Legislações, Tecnologias.

## **Abstract**

With the exponential growth of photovoltaic solar energy, the challenge of disposing of photovoltaic panels at the end of their useful life has arisen. It is known that this equipment could generate millions of tons of waste by 2050. Therefore, it is essential to understand how the recycling of first-generation panels, composed of crystalline silicon (c-Si), occurs in practice. This study identified the recycling process adopted by 37 companies that make up the ranking of the 10 countries with the highest photovoltaic generation capacity in 2023, through a quantitative survey, complemented by searches on company websites and data validation using the artificial intelligence tool, Copilot®. The objective was to identify the types of recycling employed, the materials effectively recovered, the legislation complied with, and the main difficulties encountered by the companies. The results show that, although 93% of companies report carrying out upcycling, in practice recycling is still selective, focusing on the recovery of glass, aluminum, and copper (materials recycled by 89% of the sample). On the other hand, toxic metals such as lead and tin have low recovery rates (35% and 38%, respectively), highlighting technological limitations and regulatory barriers. It was also observed that, despite the existence of legislation that encourages recycling, its implementation faces obstacles related to the lack of regulatory standardization and high logistical costs. Multivariate statistical analysis confirmed the interdependence between reverse logistics, economic feasibility, and regulatory compliance. The findings of this research reinforce the need to strengthen public policies, increase process transparency, improve toxic material recovery technologies, and promote collaboration between companies, government, and research institutions in order to consolidate a more efficient and sustainable recycling chain for photovoltaic panels.

**Keywords:** Photovoltaic panels, Recycling, Survey, Legislation, Technologies.

## Lista de Figuras

Figura 1 - Publicações por ano identificadas pela Scopus.....	22
Figura 2 - Produção científica anual.....	23
Figura 3 - Impacto local dos autores com mais citações .....	26
Figura 4 - Relevância dos autores ao longo do tempo.....	27
Figura 5 - Critérios adotados para a seleção de artigos .....	31
Figura 6 - Capacidade de energia renovável por fonte de energia e Matriz Energética Brasileira .....	33
Figura 7 - Componentes característicos de um sistema de energia solar .....	35
Figura 8 - Componentes típicos de um painel fotovoltaico.....	35
Figura 9 - Junção das camadas P e N .....	36
Figura 10 - Gerações dos painéis fotovoltaicos.....	36
Figura 11 - Fluxograma do processo de reciclagem de painéis fotovoltaicos a base de silício (1ª geração) .....	42
Figura 12 - Capacidade instalada de geração fotovoltaica (MW) por país em 2023.....	46
Figura 13 - Empresas dos 10 países que estão no ranking global com maior capacidade de geração elétrica fotovoltaica em 2023 .....	52
Figura 14 - Período de respostas das empresas respondentes .....	52
Figura 15 - Tipo de reciclagem realizado pelas empresas.....	55
Figura 16 - Materiais reciclados pelas empresas .....	56
Figura 17 - Destino dos materiais após a reciclagem .....	57
Figura 18 - Indústrias que são destinadas os materiais reciclados .....	57
Figura 19 - Percentual reciclado de cada empresa .....	58
Figura 20 - Tipos de legislações que as empresas atendem .....	59
Figura 21 - Maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações .....	60
Figura 22 - Parcerias/cooperações que as empresas possuem.....	61
Figura 23 - Certificações que as empresas possuem .....	62
Figura 24 - Filiais que as empresas possuem .....	63
Figura 25 - Maiores dificuldades enfrentadas no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos .....	63
Figura 26 - Dendograma realizado através do software Minitab 20® .....	69

## **Lista de Quadros**

Quadro 1 - Parâmetros da pesquisa .....	21
Quadro 2 – Resumo do capítulo .....	54
Quadro 3 - Valor numérico dos tipos de dificuldade.....	67
Quadro 4 - Valor numérico dos tipos de dificuldades enfrentadas no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos .....	68

## **Lista de Tabelas**

Tabela 1 - Indicadores bibliométricos da amostra.....	23
Tabela 2 - Periódicos com maior índice H .....	24
Tabela 3 - Autores mais relevantes com maior número de publicações .....	25
Tabela 4 - Artigos mais citados globalmente .....	28
Tabela 5 - Composição dos painéis fotovoltaicos da primeira geração .....	39
Tabela 6 - Empresas que não reciclam painéis fotovoltaicos.....	53
Tabela 7 - Empresas que responderam ao questionário .....	53

## **Lista de abreviaturas**

**ACV** – Avaliação do Ciclo de Vida

**Ag** – Prata

**Al** – Alumínio

**ANEEL** – Agência Nacional de Energia Elétrica

**As** – Arsênio

**a-Si** – Silício amorfo

**B** – Boro

**BBC** – British Broadcasting Corporation

**c-Si** – Silício Cristalino

**CdS** – Sulfeto de Cádmio

**CdTe** – Telureto de Cádmio

**CGH** – Central Geradora Hidrelétrica

**CIGS** – Seleneto de Cobre, Índio e Gálio

**CIS** – Seleneto de Cobre e Índio

**CO<sub>2</sub>** – Dióxido de Carbono

**Cu** – Cobre

**DSSC** – Células Solares Sensibilizadas por Corante

**EOL** – Usina Eólica

**EOl** – End-of-Life

**EPA** – Environmental Protection Agency

**EPRI** – Electric Power Research Institute

**EVA** – Etileno Acetato de Vinila

**Fe** – Ferro

**GAs** – Algoritmos Genéticos

**Ga** – Gálio

**GaAs** – Arseneto de Gálio

**GEE** – Gases de Efeito Estufa

**GW** – Gigawatts

**GWp** – Gigawatts-pico

**HIT** – Heterojunção com Camada Fina Intrínseca

**IEA** – International Energy Agency

**IEA-PVPS** – International Energy Agency – Photovoltaic Power Systems Programme

**IRENA** – International Renewable Energy Agency

**ISO** – International Organization for Standardization

**ITO** – Óxido de Estanho e Índio

**mc-Si** – Silício Multicristalino

**m-Si** – Silício Monocristalino

**MW** – Megawatts

**OEF** – Óxido de Estanho dopado com Flúor

**ONU** – Organização das Nações Unidas

**OPV** – Painéis Fotovoltaicos Orgânicos/Semi-orgânicos

**P** – Fósforo

**Pb** – Chumbo

**PCH** – Pequena Central Hidrelétrica

**PDP** – Processo de Desenvolvimento de Produtos

**PERC** – Passivated Emitter Rear Cell

**PET** – Polietileno Tereftalato

**PMS** – Preço Mínimo Sustentável

**PNRS** – Política Nacional de Resíduos Sólidos

**PPM** – Ponto de Potência Máxima

**PSC** – Células Solares de Perovskita

**p-Si** – Silício Policristalino

**PV** – Photovoltaic

**QD** – Células de Pontos Quânticos

**RCRA** – Lei de Conservação e Recuperação de Recursos

**REEE** – Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos

**Si** – Silício

**Sn** – Estanho

**SOG-Si** – Silício de grau solar

**TiO<sub>2</sub>** – Dióxido de Titânio

**UFV** – Usina Fotovoltaica

**UHE** – Usina Hidrelétrica

**U.S** – United States

**UTE** – Usina Termelétrica

**UTN** – Usina Termonuclear

**UV** – Radiação Ultravioleta

**V** – Volts

**WEEE** – Waste from Electrical and Electronic Equipment

**ZnO** – Óxido de Zinco

# SUMÁRIO

1. Introdução .....	16
1.1. Contextualização .....	16
1.2. Justificativa .....	18
1.3. Objetivos .....	19
1.3.1. Objetivo geral.....	19
1.3.2. Objetivos específicos .....	19
1.4. Delimitações.....	20
2. Análise Bibliométrica.....	21
2.1. Análise dos indicadores bibliométricos .....	22
2.1.1. Análise descritiva da amostra de dados .....	22
2.1.2. Análise descritiva dos periódicos.....	24
2.1.3. Análise descritiva dos autores.....	25
2.1.4. Autores importantes ao longo do tempo .....	27
2.1.5. Documentos mais citados.....	28
2.1.6. Seleção dos artigos.....	31
3. Painéis fotovoltaicos de silício cristalino (c-Si).....	33
3.1. Energia Solar.....	33
3.2. Painéis Fotovoltaicos .....	34
3.3. Reciclagem dos painéis fotovoltaicos .....	41
3.3.1. Métodos de reciclagem de painéis fotovoltaicos da 1ª geração (c-Si).....	41
3.3.2. Aspectos econômicos da reciclagem.....	44
3.3.3. Regulamentações para a reciclagem .....	45
4. Metodologia.....	50
5. Resultados e discussões .....	55
5.1. Análise dos resultados .....	65
6. Conclusões.....	72
Referências .....	74
ANEXOS.....	84
ANEXO A - Artigos selecionados para análise qualitativa.....	84
ANEXO B – Questionário enviado às empresas recicladoras de painéis fotovoltaicos.....	88
ANEXO C – Dados compilados das buscas nos sites, Copilot® e questionário.....	91

ANEXO D – Análise descritiva.....	121
-----------------------------------	-----

# 1. Introdução

## 1.1. Contextualização

As discussões sobre a relação entre o modelo capitalista de produção e consumo e o impacto ambiental negativo gerado por ele começaram por volta da década de 1970. Conforme se ampliava o entendimento acerca dessa questão, surgiam importantes documentos como o relatório "Limites do Crescimento" elaborado pelo Clube de Roma, além do informe intitulado "Nosso Futuro Comum", publicado pela Organização das Nações Unidas (ONU), bem como a Agenda 21 e posterior ratificação ao Protocolo de *Kyoto* (Jabbour; Santos, 2007).

Atualmente, está em vigor a Agenda 2030, onde um dos objetivos é proteger o planeta contra a degradação, principalmente por meio do gerenciamento responsável dos recursos naturais, consumo e produção sustentável. São propostas a aplicação de ações emergenciais para enfrentar as mudanças climáticas de forma que as gerações atuais e futuras tenham suas urgências atendidas (Organização das Nações Unidas – ONU, 2015).

Assim, todos que participam do Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) devem estar atentos ao processo do ciclo de vida dos novos itens e serviços prestados aos clientes, uma vez que os membros da equipe possuem uma parcela de responsabilidade na formação de uma sociedade mais sustentável (Santos; Neto; Mota, 2024).

Contudo, com o crescimento populacional, há também um aumento no consumo de produtos e, conseqüentemente, a criação de novos hábitos adquiridos pela sociedade que colaboram para acentuar a crise ambiental. À vista disso, torna-se iminente a exigência de uma conscientização coletiva acerca dos impactos ambientais e de mudanças no processo de desenvolvimento de novos produtos (Kohlbeck *et al.*, 2020), além de soluções que amenizem os impactos causados por produtos já existentes no mercado.

A preocupação ambiental e a urgência em adotar práticas sustentáveis aplicam-se a diversos produtos do mercado e nos futuros que serão desenvolvidos. Um dos pontos relevantes da preocupação ambiental para o combate às mudanças climáticas é a transição energética para novas fontes classificadas como renováveis.

Na geração de energia, uma das que possuem baixo impacto ambiental, devido a menor emissão de gases poluentes, poluição sonora e visual é a energia solar fotovoltaica (Barros *et al.* 2023).

O setor de painéis fotovoltaicos é tido como um dos mais relevantes e com maior atuação no mercado mundial. Tal tecnologia, apresentou um desenvolvimento exponencial nos

últimos anos, além do crescimento diário e sua pertinência em uma escala global (Al Keyyam *et al.*, 2021).

Segundo Artaş *et al.*, (2023), a geração de eletricidade a partir de fontes de energia limpa é uma temática de interesse para muitos pesquisadores ao redor do mundo. A principal vantagem desta fonte de energia está na forma como a radiação solar pode ser captada através das células fotovoltaicas que convertem a luz solar em energia.

Diniz (2023), afirma que em decorrência desse interesse e das vantagens apresentadas, observou-se nas últimas décadas um aumento significativo do uso da energia solar, principalmente de painéis fotovoltaicos em centros urbanos e industriais, o que contribuiu para a expansão da geração de energia renovável. Contudo, apesar de ser considerada uma fonte limpa, os painéis fotovoltaicos podem acarretar graves impactos ambientais que muitas vezes são subestimados em relação ao seu potencial sustentável. Nesse sentido, Diniz (2023) ressalta tais riscos, enquanto Sharma, Mahajan e Garg (2023) destacam que o descarte inadequado desses equipamentos em aterros sanitários pode contaminar os lençóis freáticos devido à presença de chumbo em sua composição.

O rápido crescimento do setor exige estratégias para minimizar impactos negativos, como os resíduos gerados no fim do ciclo de vida dos painéis (Artaş *et al.*, 2023). Nesse contexto, a legislação desempenha um papel fundamental ao estabelecer diretrizes para a produção e reciclagem desses materiais.

No Brasil, os Projetos de Lei 998/24 e 3.784/2023 ressaltam a importância de regulamentações específicas que incentivem a reciclagem e o descarte correto destes produtos e seus materiais. Ambas as legislações propõem o desenvolvimento de políticas de incentivo, englobando linhas de crédito, fundos, sistemas de certificação e incentivos tributários, além de impor aos fabricantes e distribuidores a estabelecerem sistemas de logística reversa (Brasil, 2023; Brasil, 2024).

Essas determinações não têm em vista mitigar apenas os impactos ambientais, como também fomentar tecnologias de reciclagem mais eficazes e seguras que irão influenciar os processos de produção e reciclagem dos painéis fotovoltaicos.

Diante desta expansão acelerada da energia solar fotovoltaica, da geração de resíduos e da necessidade de aprimorar as práticas de reciclagem, este trabalho busca apresentar o processo de reciclagem de painéis fotovoltaicos de primeira geração (c-Si), os materiais que compõem os painéis, as legislações aplicáveis e as dificuldades enfrentadas pelas empresas do setor. Para alcançar esses objetivos, esta pesquisa adota uma abordagem quantitativa e utiliza o método *Survey*, aplicado às empresas recicladoras que compõem o *ranking* global dos 10 países com

maior capacidade de geração de energia elétrica fotovoltaica em 2023. A partir da coleta de dados e de uma análise descritiva e multivariada, busca-se identificar os métodos utilizados, as lacunas, dificuldades e oportunidades de melhoria na reciclagem. Os resultados esperados oferecem contribuições relevantes para academia, sociedade e setor produtivo, ao aumentar as fronteiras de conhecimento sobre a reciclagem de painéis fotovoltaicos.

## 1.2. Justificativa

O uso de painéis fotovoltaicos cresceu exponencialmente desde os anos 2000. No final de 2015, a capacidade fotovoltaica global instalada era de 222 *gigawatts* (GW). De acordo com relatório, realizado em 2016, sobre o fim da vida útil dos painéis fotovoltaicos, as projeções estatísticas da IRENA (*International Renewable Energy Agency*) previam um aumento na capacidade instalada para 4.500 GW até 2050 (Ali *et al.*, 2024). Entretanto, as notas estatísticas de energia renovável, realizadas pela IRENA em março de 2024, demonstram que a capacidade global de energia renovável no final de 2023 já eram de 3.870 GW, quase o valor estimado em 2016 para o ano de 2050 (IRENA, 2024).

Dessa forma, tendo em vista que a vida útil de um painel fotovoltaico é de cerca de 25 a 30 anos (Artaş *et al.*, 2023), à medida que o mercado global e o setor de painéis fotovoltaicos crescem, surgirão inúmeros painéis desativados após concluir o tempo de uso ou que sofrerão desgastes e serão descartados antes de completarem seu ciclo de vida. De acordo com o último relatório emitido pela IRENA, em 2016, sobre o fim de vida útil dos painéis, em 2030 estima-se cerca de 1,7 a 8 milhões de toneladas de resíduos fotovoltaicos, enquanto em 2050 esse valor salta para 60 a 78 de milhões de toneladas (Wei *et al.*, 2025).

Portanto, a reciclagem de painéis fotovoltaicos pode contribuir de maneira importante e significativa para a segurança energética, além de trazer benefícios ao meio ambiente, sociedade e economia. Entretanto, um dos principais desafios ambientais é gerenciar os resíduos provenientes do fim da vida útil (EoL – *end-of-life*) dos equipamentos solares fotovoltaicos, que podem conter materiais altamente tóxicos (Rathore; Panwar, 2021 e IEA, 2022).

Para que isso ocorra de forma sistemática, é necessário que as legislações em torno da reciclagem de painéis fotovoltaicos forneçam incentivos para as empresas fabricantes e recicladoras. Vários países, principalmente os que possuem uma grande capacidade de geração solar fotovoltaica já implementaram legislações focadas para a reciclagem e o gerenciamento de resíduos eletrônicos, principalmente os de origem fotovoltaica (Preet e Smith, 2024), servindo de modelo para o Brasil.

A reciclagem oferece vantagens estratégicas: recupera componentes valiosos e garante suprimento secundário de matérias-primas para a indústria fotovoltaica e outros setores (Rathore; Panwar, 2021 e Abdelilah *et al.*, 2022). No entanto, mesmo diante desta relevância, o tema ainda avança de forma limitada devido a falta de estudos que expliquem, na prática, como esse processo ocorre e quais as reais dificuldades que impedem que a reciclagem dos painéis fotovoltaicos seja realmente consolidada.

Portanto, esta pesquisa se justifica pela necessidade de preencher esta lacuna, oferecendo um panorama global da reciclagem dos painéis fotovoltaicos de primeira geração a base de silício cristalino (c-Si) e contribuindo para o desenvolvimento do setor no contexto brasileiro.

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo geral**

Analisar o processo de reciclagem de painéis fotovoltaicos de primeira geração, com ênfase na identificação e quantificação dos componentes reciclados, nas legislações aplicáveis e nos principais desafios e oportunidades associados. Os painéis fotovoltaicos de energia elétrica de primeira geração são os que possuem sua estrutura a base de silício cristalino (c-Si), subdividindo-se em painéis fotovoltaicos com células de silício monocristalino (m-Si) e silício policristalino (p-Si).

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Identificar os materiais que compõem a primeira geração de painéis fotovoltaicos de silício cristalino (c-Si);
- Apresentar os tipos de reciclagem atualmente utilizadas para o reaproveitamento dos painéis fotovoltaicos de primeira geração e seus desafios para aplicação;
- Identificar as legislações e regulamentações que regem a reciclagem deste tipo de produto;
- Identificar e analisar as dificuldades enfrentadas pelas empresas de reciclagem durante o processo de reciclagem de painéis fotovoltaicos, incluindo desafios tecnológicos, logísticos e regulatórios;
- Comparar as práticas de reciclagem adotadas por diferentes empresas em diferentes países, identificando padrões e divergências nas abordagens e resultados.

## 1.4. Delimitações

Este trabalho delimitou os seguintes pontos:

- Descrição da reciclagem dos painéis fotovoltaicos de primeira geração de silício cristalino (c-Si);
- A investigação será limitada a 37 empresas localizadas nos 10 países com maior capacidade de geração de energia elétrica fotovoltaica em 2023, conforme o *ranking* global, o que pode restringir a generalização dos resultados para outros contextos;
- Este estudo utilizou como base as empresas recicladoras listadas no relatório da *International Energy Agency* (IEA). Entretanto, o relatório não abrange todas as empresas existentes no cenário global;
- A pesquisa utiliza um método de *survey* para coletar dados, limitando-se às respostas obtidas através de questionários eletrônicos, o que pode não capturar todas as nuances e complexidades do processo de reciclagem;
- A análise se restringe a dados e informações disponíveis até o ano de 2023, não considerando desenvolvimentos ou mudanças legislativas que possam ocorrer após essa data;
- A pesquisa prioriza a compreensão das tecnologias de reciclagem e das legislações pertinentes, sem explorar outros aspectos relacionados, como a educação ambiental ou a conscientização pública sobre a reciclagem de painéis fotovoltaicos;
- A pesquisa se concentra nas dificuldades operacionais relatadas pelas empresas, sem abordar em profundidade as questões de mercado, como a aceitação do consumidor ou as tendências de demanda por materiais reciclados;
- O envio do questionário foi limitado as empresas dos 10 países do *ranking* global de maior capacidade de geração elétrica fotovoltaica em 2023.

## 2. Análise Bibliométrica

A bibliometria é muito utilizada como uma ferramenta para filtrar as informações, sendo extremamente benéfico para os pesquisadores no processo inicial de levantamento de produções científicas, permitindo um panorama atualizado sobre o tema a ser estudado, além de que com o constante avanço e crescimento exponencial das produções acadêmicas, a leitura integral tornou-se inviável em diversos casos (Mugnaini, 2002).

Sayão (1996) afirma que, quando o pesquisador entra em contato com produções acadêmicas, ele reestrutura as fronteiras do conhecimento com as informações que são encontradas nas bases de dados, podendo assim, esclarecer suas dúvidas a respeito de determinado assunto.

Para Wormell (1998), a bibliometria tem sua potencialidade ampliada através dos mecanismos de busca *online*, permitindo que seja aplicada não apenas em bases de dados científicas, mas também em diversas outras fontes. O autor conclui que utilizar de maneira adequada as estratégias de busca booleanas é fundamental para definir o material que será estudado, sendo necessário adotar os campos corretos na pesquisa para obter documentos pertinentes.

Desta forma, para este trabalho, desenvolveu-se uma análise descritiva do estado da arte acerca dos painéis fotovoltaicos e seus impactos no meio ambiente, as técnicas que constituem o processo de reciclagem destes painéis de silício cristalino, bem como as legislações e tecnologias que compõem esse processo.

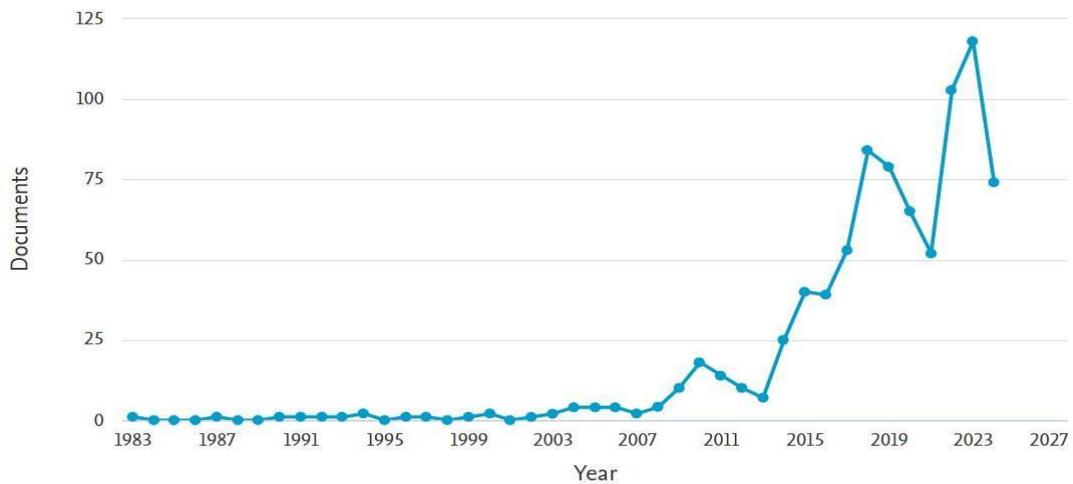
Para identificar as tendências de pesquisa, realizou-se um levantamento das produções científicas sobre o tema nas bases de dados da *Scopus* e *Web of Science*, utilizando a *string* e filtros de busca demonstrados no Quadro 1.

Quadro 1 - Parâmetros da pesquisa

<b>Termo de pesquisa</b> ( <i>Article title, Abstract, Keywords</i> )	Grupo 1	<i>"photovoltaic panels" OR "photovoltaic modules" OR "PV modules" OR "solar modules" OR "solar photovoltaics"</i>
	Grupo 2	<i>"legislation" OR "regulations" OR "WEEE" OR "recycling" OR "environmental impact" OR "silicon" OR "Si"</i>
	Grupo 3	<i>"techniques" OR "technologies"</i>
	Grupo 4	<i>"electric power generation" OR "solar power generation"</i>
<b>Idioma</b>	Inglês	
<b>Tipo de publicação</b>	Artigos e congressos	

Com a delimitação desses parâmetros, a pesquisa combinou os termos dos quatro grupos e obteve 825 documentos na base de dados da *Scopus* após a aplicação dos filtros, que restringiam o idioma para inglês e o tipo de publicação para artigos e publicações de congressos. A Figura 1 apresenta um gráfico com as publicações anuais acerca do tema.

Figura 1 - Publicações por ano identificadas pela *Scopus*



Fonte: *Scopus* (2024)

Na realização de uma análise comparativa em outra base de dados renomada, a *Web of Science*, procedeu-se à unificação dos quatro grupos previamente definidos. Após a aplicação criteriosa dos filtros de idioma, restringindo-se aos trabalhos redigidos em inglês, e à categorização de tipos de documentos, focando especificamente em artigos e publicações de congressos, o resultado foi a identificação de um total de quatro artigos, sendo uma publicação em 2013, uma em 2018 e duas no ano de 2023.

Os dados coletados nas bases *Scopus* e *Web of Science* foram importados para o *software RStudio*® e analisados com o pacote *Bibliometrix*. Após a análise, gráficos e tabelas com informações da amostra de dados foram adquiridos e serão demonstrados e explicados na sessão a seguir.

## 2.1. Análise dos indicadores bibliométricos

### 2.1.1. Análise descritiva da amostra de dados

Para compreender e aprofundar na temática da reciclagem dos painéis fotovoltaicos de silício cristalino (c-Si), que compõem a primeira geração, é necessário analisar uma amostra de dados, representada por documentos científicos. A Tabela 1 apresenta os dados coletados desta amostra, utilizando os indicadores bibliométricos gerados pelo *Bibliometrix*.

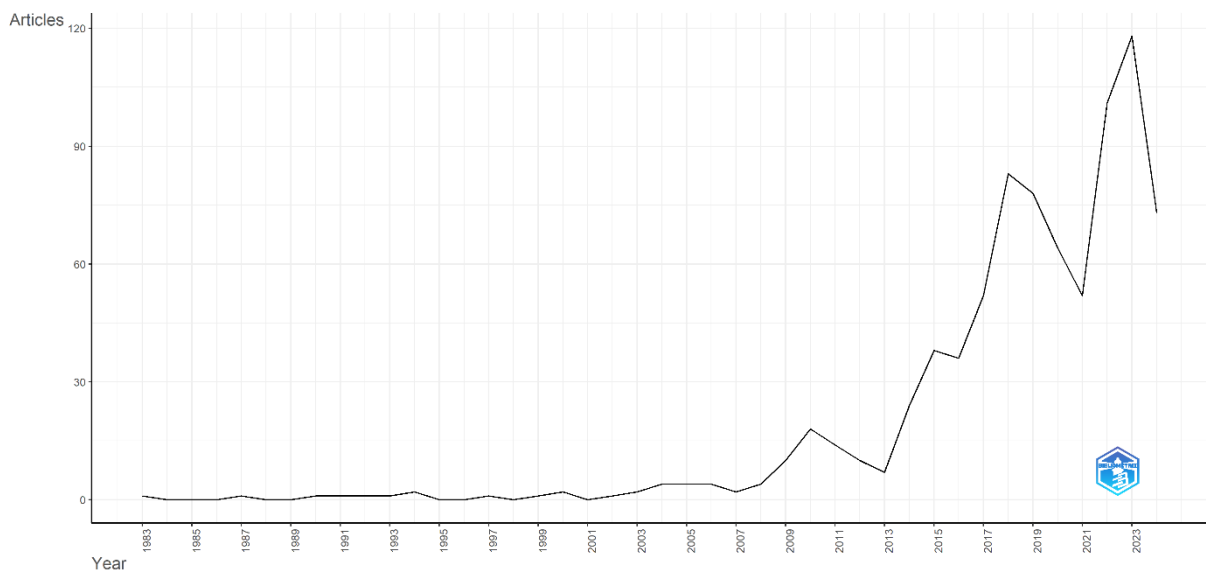
Tabela 1 - Indicadores bibliométricos da amostra

Descrição	Resultados
Total de documentos	811
Total de periódicos	358
Taxa de crescimento anual	11,03%
Total de autores	3.107
Autores de documentos de autoria própria	35
Palavras-chave do autor (DE)	2.352
Total de referências	21
Média de citações por documento	20,31

A pesquisa obteve 825 documentos da base *Scopus* e 4 da *Web of Science*, totalizando 829 produções científicas sobre o tema. Após a unificação no *software RStudio®*, 18 arquivos foram excluídos da amostra por serem repetidos, totalizando ao final 811 documentos.

Com a unificação da coleta de dados obtidos através das bases de dados mencionados acima, na Figura 2, é possível observar o desenvolvimento anual da produção científica acerca do tema. Nota-se que a partir do ano de 2013 houve um crescimento exponencial sobre o assunto.

Figura 2 - Produção científica anual



O percentual da taxa anual de crescimento da produção científica é de 11,03%, evidenciando um aumento constante e significativo ao longo dos anos. Este crescimento consistente reflete um interesse contínuo e crescente na pesquisa e desenvolvimento dentro

desta área, sugerindo que o campo está em expansão e recebendo cada vez mais atenção da comunidade científica global.

### 2.1.2. Análise descritiva dos periódicos

A Tabela 2 demonstra os 10 periódicos que alcançaram o maior índice H. Este índice mensura a quantidade de citações dos artigos mais citados de um pesquisador, avaliando tanto sua produtividade quanto seu impacto no campo de estudo (UFMG, 2017).

Tabela 2 - Periódicos com maior índice H

Periódico	Índice H	Qualis Scopus	Percentil	Publicações
SOLAR ENERGY	25	A2	87%	64
RENEWABLE ENERGY	16	A1	92%	24
APPLIED ENERGY	15	A1	99%	23
PROGRESS IN PHOTOVOLTAICS: RESEARCH AND APPLICATIONS	14	A1	98%	24
SOLAR ENERGY MATERIALS AND SOLAR CELLS	14	A1	91%	28
JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION	13	A1	98%	19
IEEE JOURNAL OF PHOTOVOLTAICS	11	A2	82%	17
ENERGY	10	A1	88%	10
ENERGY POLICY	9	A1	98%	11
ENERGY PROCEDIA	9	N/A	N/A	9

Partindo do índice H, o periódico *Solar Energy* destaca-se obtendo a maior pontuação, o que significa que as publicações deste periódico são amplamente reconhecidas e referenciadas na comunidade acadêmica.

Com exceção do periódico *Energy Procedia*, que foi descontinuado em 2020 segundo o site *Science Direct*, os demais periódicos possuem classificação Qualis Scopus entre A1 e A2, demonstrando excelência e prestígio no âmbito científico.

Na análise dos percentis, o periódico *Applied Energy* obteve o percentil mais alto (99%) seguido dos periódicos *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, *Journal of Cleaner Production* e *Energy Policy* com percentil de 98%. Esses resultados demonstram que estes periódicos estão entre os que possuem maior influência e respeito na área de pesquisa.

Por fim, no número de publicações, o periódico *Solar Energy* lidera novamente com 64 publicações, seguido do *Solar Energy Materials and Solar Cells* com 28 artigos publicados. Além disso, existe uma correlação entre o índice H e o número de publicações. À medida que o número de publicações aumenta, o índice H também cresce, refletindo um acréscimo tanto na quantidade, quanto na qualidade das contribuições científicas. O crescimento simultâneo reflete uma tendência positiva entre a eficiência dos cientistas e o impacto de suas pesquisas, sugerindo um aumento no reconhecimento dentro do campo acadêmico.

### 2.1.3. Análise descritiva dos autores

A Tabela 3 apresenta os 10 autores mais relevantes, com o maior número de publicações e suas respectivas taxas de publicações fracionalizadas. Acrescentou-se o índice H e a quantidade de citações globais destes autores. Esta tabela fornece uma visão abrangente dos principais indicadores bibliométricos, permitindo uma avaliação detalhada da produtividade e do impacto de cada pesquisador.

Tabela 3 - Autores mais relevantes com maior número de publicações

<b>Autor</b>	<b>Publicações</b>	<b>Publicações fracionalizadas</b>	<b>Índice H</b>	<b>Citações globais</b>
WANG, Y.	10	1,84	7	480
SINGH, B.	8	2,23	5	109
KUMAR, S.	7	2,02	3	56
SINGH, R.	7	1,71	5	86
TSAI, C.	7	3,20	6	80
AFONSO, J.	6	1,07	2	8
ALAM, M.	6	1,76	5	52
BUDIMAN, A.	6	0,81	5	104
LEE, J.	6	1,20	5	118
LI, Z.	6	1,06	5	320

No campo de publicações, Wang, Y. destaca-se como o autor com mais publicações (10), seguido pelo Singh, B. com 8 e Kumar, S., Singh, R. e Tsai, C. com 7 publicações cada. Isto evidencia que estes autores são os mais envolvidos na produção de artigos científicos da amostra analisada.

Nas publicações fracionalizadas, Tsai, C. destaca-se com uma taxa de 3,20 e 7 artigos publicados, indicando uma importante contribuição individual em suas atividades, talvez com menos colaboradores ou desempenhando um papel principal. Em contrapartida, Budiman, A.

possui uma taxa menor nas publicações fracionadas (0,81) com 6 artigos publicados, demonstrando ser um autor que geralmente publica em conjunto com outros pesquisadores.

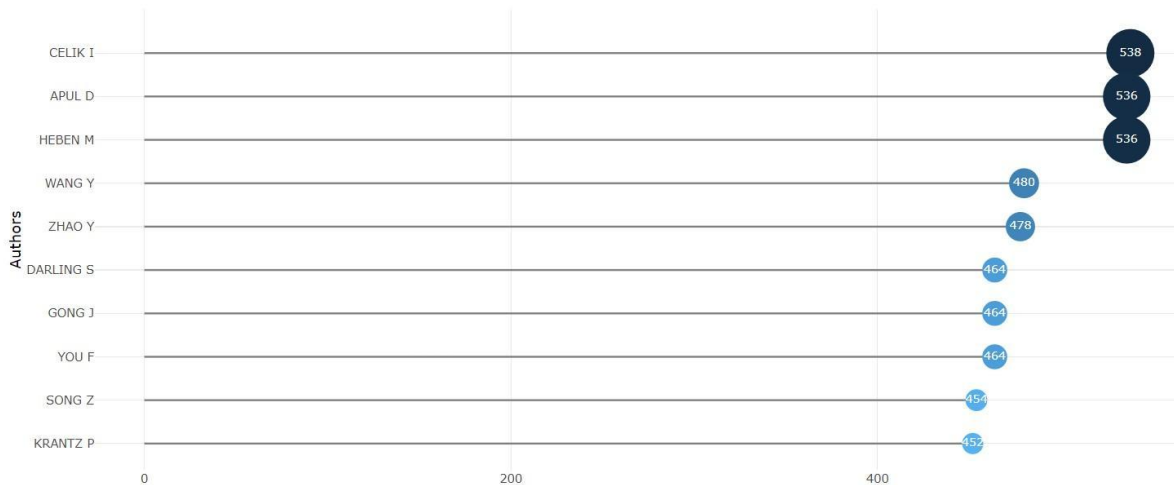
Na análise do índice H, Wang, Y. lidera novamente com um índice de 7. Isto indica que ele possui muitas publicações que são citadas por outros autores. Tsai, C. aparece logo em seguida com um índice H de 6, seguido por Singh, B., Singh, R., Alam, M., Budiman, A., Lee, J., e Li, Z. com índice 5.

Por fim, as citações globais, Mello (2022) afirma que elas não são realizadas apenas dentro do campo de estudo, mas também fora dele. Wang, Y. destaca-se mais uma vez como o autor mais influente da amostra aparecendo na primeira posição com 480 citações globais. Li, Z. e Lee, J. com 320 e 118 citações, respectivamente.

Desta forma, Wang, Y. posiciona-se como o autor mais relevante devido a combinação dos bons resultados nas métricas bibliométricas. O número de publicações, índice H com um valor considerável e a quantidade substancial de citações globais, apontam a relevância significativa da sua pesquisa na comunidade científica.

A Tabela 3 lista os 10 autores mais relevantes por número de publicações, enquanto a Figura 3 inclui pesquisadores não listados que receberam mais citações globais.

Figura 3 - Impacto local dos autores com mais citações



Celik, I., Apul, D. e Heben, M. são os autores com maior número de citações totais. Embora não possuam muitas publicações nem um índice H maior que dos autores da Tabela 3, esses dados demonstram que esses autores publicaram artigos de grande referência no âmbito acadêmico, o que justifica seu alto número de citações globais.

Em relação à frequência de publicações, Índia, Estados Unidos e China estão entre os países mais ativos. No entanto, ao considerar o número total de citações, os Estados Unidos

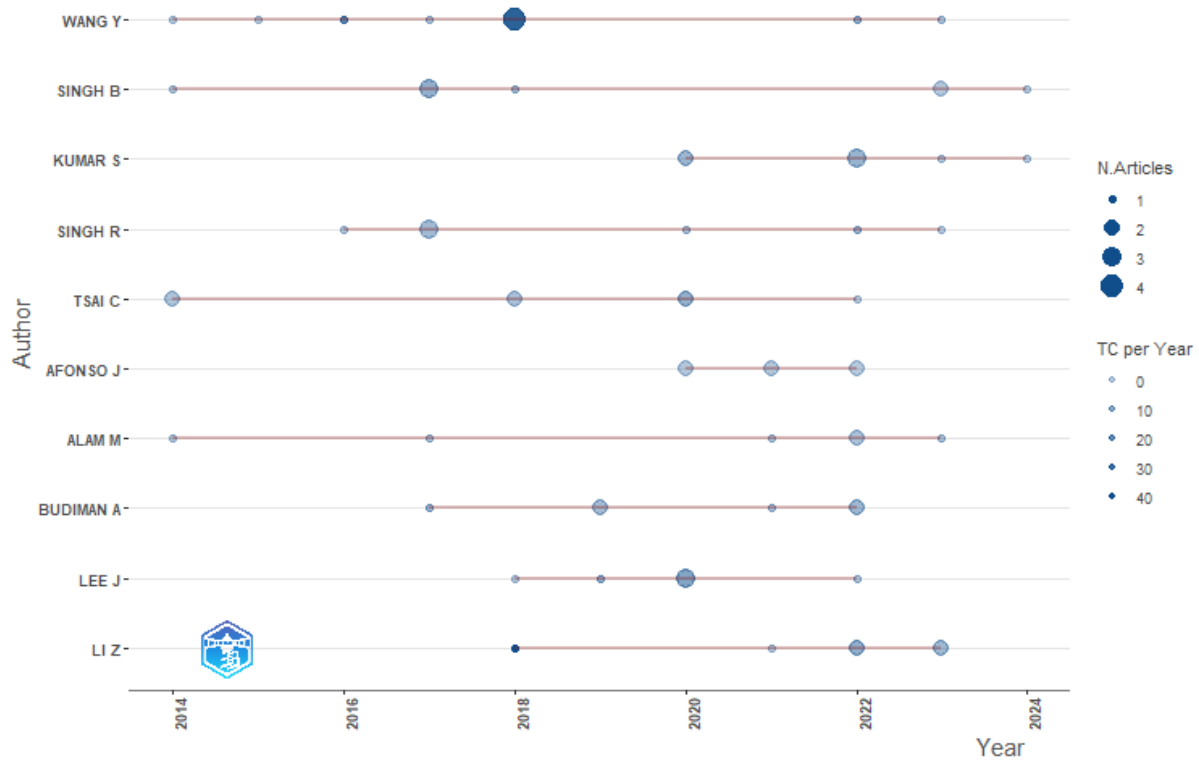
lideram, seguidos pela Índia e pela China, o que reflete uma maior influência global dos pesquisadores estadunidenses.

#### 2.1.4. Autores importantes ao longo do tempo

A Figura 4 apresenta os autores mais importantes ao longo do tempo, detalhando tanto a quantidade de artigos publicados a cada ano, quanto o número de citações globais adquiridas anualmente.

O número de publicações anuais é caracterizado pelos círculos de tamanhos variados, seguindo uma escala de 1 a 4, enquanto o número de citações globais por ano é indicado pela intensidade da cor azul destes mesmos círculos, em uma escala de 0, 10, 20, 30 e 40 citações.

Figura 4 - Relevância dos autores ao longo do tempo



Nesta imagem observa-se que o autor Wang, Y. manteve uma constância de publicações nos anos de 2014 a 2018, sendo este último o período em que ele teve mais publicações. Neste período, seu artigo publicado em 2016 obteve aproximadamente 20 citações, enquanto seus outros artigos publicados em 2018 identificam-se pouco mais de 30 citações. Posteriormente, o autor voltou a publicar pelo menos 1 artigo nos anos de 2022 e 2023, obtendo 8 e 2 citações globais anuais, respectivamente.

Li, Z., embora não seja um autor com publicações frequentes, obteve mais de 40 citações globais por ano com sua única publicação de 2018. Os outros autores publicaram entre 1 e 3 artigos por ano com citações globais anuais que variam de 0 a 12.

### 2.1.5. Documentos mais citados

Com o objetivo de mapear as principais contribuições científicas sobre a reciclagem de painéis fotovoltaicos de silício cristalino (c-Si), a Tabela 4 demonstra os artigos mais citados globalmente, destacando os autores, o DOI (*Digital Object Identifier*) dos documentos, periódicos que foram publicados, ano de publicação e número total de citações. Utilizou-se o número de citações como métrica para a seleção dos artigos durante a análise bibliométrica, considerando sua relevância para o tema e seu impacto na produção científica.

Tabela 4 - Artigos mais citados globalmente

<b>Autor</b>	<b>DOI</b>	<b>Periódico</b>	<b>Ano</b>	<b>Total de citações</b>
GONG, J., DARLING, S. B. e YOU, F.	10.1039/c5ee00615e	Energy & Environmental Science	2015	464
SONG, Z. <i>et al.</i>	10.1039/c7ee00757d	Energy & Environmental Science	2017	452
ZAGROUBA, M. <i>et al.</i>	10.1016/j.solener.2010.02.012	Solar Energy	2010	394
LI, Z. <i>et al.</i>	10.1016/j.joule.2018.05.001	Joule	2018	282
FTHENAKIS, V. M.	10.1016/S0301-4215(00)00091-4	Energy Policy	2000	279
STOPPATO, A.	10.1016/j.energy.2007.11.012	Energy	2008	270
MAYER, M. J., SZILÁGYI, A. e GRÓF, G.	10.1016/j.apenergy.2020.115058	Applied Energy	2020	238
SHUKLA, A. <i>et al.</i>	10.1016/j.solmat.2016.10.047	Solar Energy Materials and Solar Cells	2017	220
HOU, G. <i>et al.</i>	10.1016/j.apenergy.2015.11.023	Applied Energy	2016	196
JAVED, W. <i>et al.</i>	10.1016/j.solener.2016.11.053	Solar Energy	2017	194

Os objetivos destes artigos serão descritos a seguir para melhor entendimento das propostas de estudo.

O artigo de Gong, J., Darling, S. B. e You, F. (2015), propõe uma extensa análise dos impactos ambientais e energéticos de dois tipos de painéis solares de *perovskita* por meio de uma Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Um painel era equipado com vidro revestido com óxido de estanho dopado com flúor ( $\text{SnO}_2\text{:F}$ ), um cátodo de ouro e suporte de dióxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ) mesoporoso, enquanto o outro painel era equipado com vidro revestido com óxido de estanho e índio (ITO), um cátodo de prata e filme fino de óxido de zinco (ZnO). O estudo abrangeu os estágios de produção dos componentes, fabricação e uso dos painéis e o seu descarte. Ao final, os autores concluíram que o painel de ZnO, apresenta um perfil ambiental mais favorável quando comparado com o painel de  $\text{TiO}_2$ , principalmente devido às escolhas de materiais e técnicas de processamento.

Song, Z. *et al.* (2017), realizam um estudo com o objetivo de efetuar uma análise técnico-econômica da produção de painéis solares de *perovskita* ao utilizar componentes e técnicas de baixo custo. O artigo ressalta sobre a utilização de materiais que evidenciaram alto desempenho em laboratório, facilitando a configuração do painel para viabilizar sua produção em larga escala.

O estudo utiliza o modelo de custo “*bottom-up*” para calcular o custo direto de fabricação e o preço mínimo sustentável para os painéis fotovoltaicos de *perovskita*, demonstrando que essa tecnologia possui um grande potencial econômico.

A pesquisa de Zagrouba, M. *et al.* (2010), apresenta uma técnica numérica baseada em algoritmos genéticos (AG) que identifica os padrões elétricos de células e painéis solares fotovoltaicos. Utilizou-se esses padrões para determinar o ponto de potência máxima derivado da relação entre a corrente e a tensão iluminada (I-V). A técnica baseada em AG foi escolhida por ser eficaz para prever os parâmetros elétricos quando comparado com outros métodos.

Li, Z. *et al.* (2018), analisaram a competitividade técnico-econômica das células solares de *perovskita*, com foco nas células em tandem, quando comparada com outras tecnologias fotovoltaicas. Foram comparados quatro tipos de painéis fotovoltaicos: silício multicristalino (mc-Si) com célula de camada de passivação muito fina na parte traseira (PERC), *perovskita* de junção única, tandem *perovskita*/c-Si (heterojunção com camada fina intrínseca) e tandem *perovskita*/*perovskita*. Ao final, o artigo conclui que as células solares de *perovskita* possuem grande potencial, porém estão longe de serem utilizadas na prática.

O artigo de Fthenakis, V. M. (2000), discorre sobre a gestão do fim da vida útil e a reciclagem dos painéis fotovoltaicos. O autor relata que a vida útil de um painel fotovoltaicos

é de 30 anos e após esse período é necessário realizar o seu descarte. Esse descomissionamento levanta preocupações acerca do descarte em aterros sanitários, devido a composição de materiais perigosos para o meio ambiente, como o cádmio e o chumbo. Além disso, as regulamentações ambientais podem elevar os custos e tornar o processo de descarte mais difícil se esses materiais forem classificados como perigosos.

Stoppato, A. (2008), demonstra os resultados de uma Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) da geração de eletricidade através dos painéis fotovoltaicos. O estudo aborda os fluxos de massa e energia durante o processo de produção dos painéis, desde a extração da sílica até a montagem final. É utilizadas tecnologias avançadas para produzir os painéis de silício policristalino. As fases mais críticas identificadas pelo autor são: transformação do silício metálico em silício solar, uma vez há um grande consumo de eletricidade e de materiais intensivos em energia, como o alumínio e o vidro. Ademais, o artigo avalia a real sustentabilidade ambiental das plantas fotovoltaicas, considerando além da operação, mas também o processo de produção e transporte dos painéis.

Mayer, M. J., Szilágyi, A. e Gróf, G. (2020), exploram a otimização de sistemas híbridos de energia renovável em uso doméstico, com foco em fatores econômicos e ambientais. É comparado a otimização de um único objetivo com a otimização multiobjetivo, que oferece uma perspectiva mais ampla das soluções, embora necessite de mais tempo de cálculo. A análise evidencia que as opções ambientalmente sustentáveis geralmente são mais caras, entretanto, a implementação de painéis fotovoltaicos é a forma mais econômica para reduzir os impactos ambientais.

A pesquisa de Shukla, A. *et al.* (2017), faz uma revisão das diversas técnicas para resfriamento dos painéis fotovoltaicos, com o objetivo de melhorar sua eficiência. O artigo destaca a importância do resfriamento, uma vez que a eficiência das células fotovoltaicas diminui com o aumento da temperatura, o que torna crucial implementar técnicas de resfriamento para manter o desempenho dos painéis. Alguns métodos de resfriamento abordados no estudo são: resfriamento com água, ar forçado, tubos de calor e materiais de mudança de fase. Dentre esses métodos, os autores destacam que o resfriamento por água é mais eficaz que pelo ar forçado.

O estudo de Hou, G. *et al.* (2016), analisa o impacto ambiental da energia fotovoltaica na China, com foco no consumo de energia e nas emissões de gases de efeito estufa (GEE) durante o ciclo de vida dos painéis fotovoltaicos. Os autores demonstram o crescimento da indústria fotovoltaica na China impulsionado pelas políticas nacionais e procura internacional. A pesquisa revela que a produção do silício de grau solar é a etapa mais intensiva em energia e

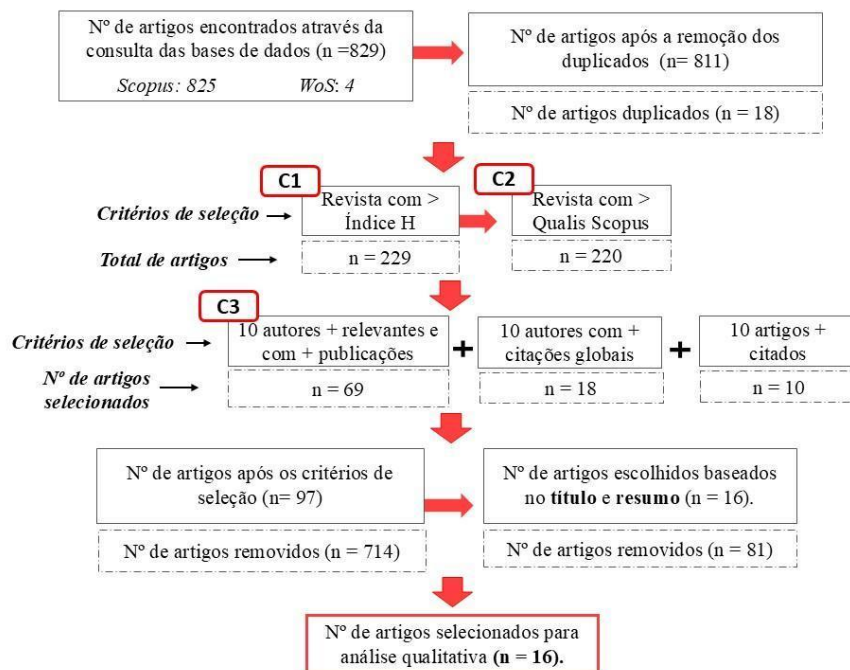
que contribui com 35% do consumo total de energia e das emissões de gases de efeito estufa. Por fim, o estudo sinaliza a importância da Análise do Ciclo de Vida para identificar as áreas que devem passar por melhorias na eficiência e sustentabilidade fotovoltaica na China.

Javed, W. *et al.* (2017), em sua pesquisa, caracterizam por um período de 10 meses a poeira acumulada nos painéis fotovoltaicos da cidade de Doha no Catar. Foi coletada amostras de poeiras dos painéis expostos ao tempo, em diferentes períodos de exposição, para estudar a taxa de acumulação de poeira e suas propriedades físicas e químicas. Após os estudos, os autores constataram que esta taxa afeta negativamente o desempenho dos painéis fotovoltaicos e que existe uma relação considerável entre a taxa de acumulação de poeira e a concentração de partículas menores que 10 micrômetros.

### 2.1.6. Seleção dos artigos

Após a finalização da análise bibliométrica torna-se necessário definir os critérios de escolha para identificar quais artigos serão tabulados para análise descritiva. A amostra é composta por 811 documentos e a Figura 5 apresenta o fluxograma com os critérios adotados para esta seleção.

Figura 5 - Critérios adotados para a seleção de artigos



A partir dos 811 artigos disponíveis para análise, inicia-se o primeiro critério de seleção a partir da Tabela 2 apresentada anteriormente, com os 10 periódicos com o maior índice H. Com os 229 artigos nesta primeira seleção, o próximo critério é analisar os periódicos com o maior *Qualis Scopus*. Nesta etapa a quantidade de artigos reduziu para 220.

Após isso, adota-se o terceiro critério de seleção: os 10 autores mais relevantes e com mais publicações. Nesta fase tem-se 69 artigos para análise. No entanto, alguns autores com maior número de citações globais do que os apresentados na Tabela 3 não foram incluídos, em razão de apresentarem um baixo índice H. Desta forma, é necessário acrescentá-los, somando mais 18 artigos para o conjunto de seleção.

Foi necessário acrescentar a este critério mais 10 artigos que, de acordo com a análise bibliométrica, fazem parte dos mais citados. Dessa forma, ao total, tem-se 97 artigos após a aplicação dos 3 critérios de seleção.

Por último, no quarto critério, realizou-se uma análise de títulos e resumos dos 97 artigos para definir quais possuíam similaridade com o tema proposto deste trabalho. O Anexo A apresenta os 16 artigos restantes que foram selecionados para a análise qualitativa.

## 3. Painéis fotovoltaicos de silício cristalino (c-Si)

### 3.1. Energia Solar

A energia solar tem se tornado importante devido ao seu destaque entre as soluções para combater à escassez de combustíveis fósseis, à crise hídrica, a menor geração de energia por hidrelétricas, a emissão de gás carbônico na atmosfera e os efeitos do aquecimento global (Júlio e Dias, 2022).

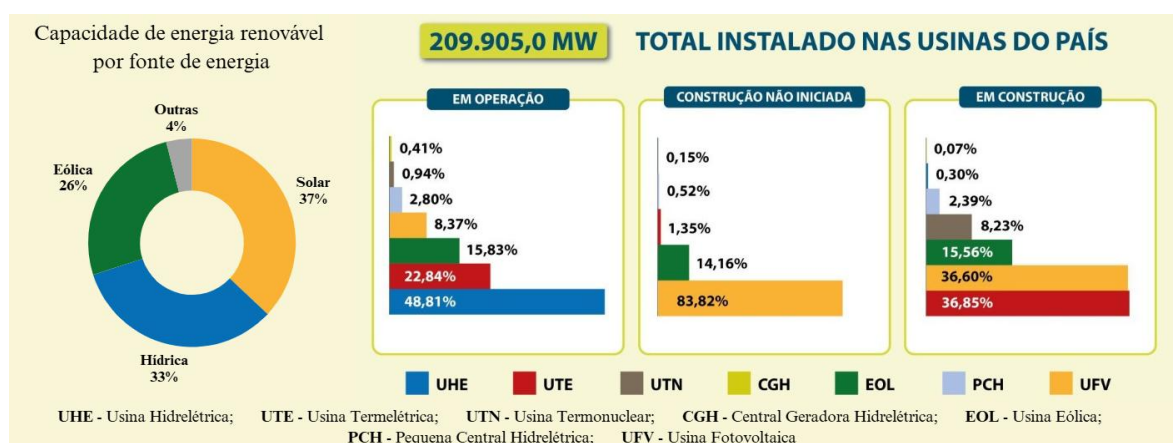
O aproveitamento da energia gerada pelo Sol, é uma das alternativas importantes para se enfrentar os desafios da transição energética. A energia solar fotovoltaica é obtida através da conversão da luz em eletricidade, no qual o dispositivo responsável por esta transformação é a célula fotovoltaica, através do efeito fotovoltaico (Imhoff, 2007).

Uma única célula solar não é capaz de realizar a conversão de energia suficiente para as aplicações de grande porte, por isso é importante que haja um conjunto de células, formando os painéis solares fotovoltaicos (Pupin, 2019).

De acordo com Leandro (2019), a tecnologia dos painéis tem grande relevância no aproveitamento da energia solar atualmente. Esses sistemas dependem da disponibilidade livre de uma fonte solar abundante, que não requer qualquer custo financeiro inicial para ser obtida.

Conforme o Relatório Estatístico realizado pela IRENA (*International Renewable Energy Agency*) em 2024, a energia solar foi responsável pela maior participação no total da capacidade global de energia renovável, representando 37% conforme Figura 6.

Figura 6 - Capacidade de energia renovável por fonte de energia e Matriz Energética Brasileira



Fonte: Adaptado de IRENA (2024) e ANEEL (2025)

Neste contexto, ao analisar a matriz energética brasileira (Figura 6), observa-se que, embora a energia fotovoltaica atualmente não seja a principal fonte em operação, ela domina os gráficos de projetos ainda não iniciados e de usinas em construção. Isso sugere que, nos próximos anos, a energia fotovoltaica será a fonte com maior expansão no Brasil.

Considerando o aumento da capacidade de energia, tem-se também um aumento na produção global de painéis fotovoltaicos. Segundo Statista (2023), apenas no ano de 2022, a produção de painéis solares fotovoltaicos em todo o mundo atingiu cerca de 379 *gigawatts* (GW). Nas últimas décadas, a produção global de painéis solares aumentou exponencialmente. Nessa perspectiva, em 2023, o mundo aumentou sua produção de painéis em 37 *gigawatts* (GW).

A China é líder mundial na produção de componentes de sistemas solares fotovoltaicos, sendo responsável por cerca de 78% da produção global de painéis solares em 2022. Outros países da região Ásia-Pacífico vieram em seguida, com o Vietnã e a Malásia responsáveis por mais 9,2%. Nos últimos cinco anos, a China aumentou sua capacidade de fabricação de painéis de 130 *gigawatts* em 2018 para 397 *gigawatts* em 2022 (Statista, 2023).

No entanto, essa rápida expansão na produção de painéis fotovoltaicos também traz à tona a questão do descomissionamento e reciclagem no final do seu ciclo de vida. Espera-se que a expectativa de duração dos painéis seja de cerca de 30 anos, posteriormente, terão que ser desativados, descartados e/ou reciclados. É importante salientar a preocupação em descartá-los em locais inapropriados, visto que, em sua composição, existem pequenas quantidades de materiais regulamentados, como por exemplo, o cádmio, chumbo e selênio (Fthenakis, 2000).

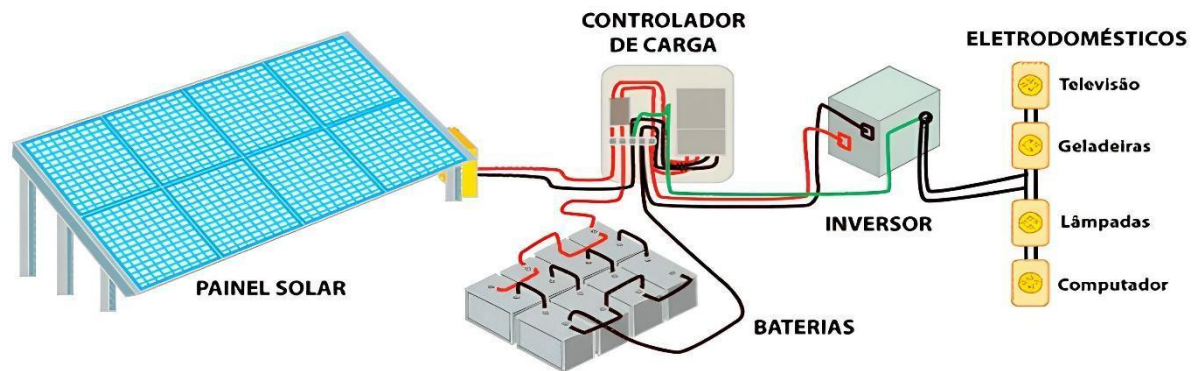
No que se refere ao ciclo de vida da geração de energia fotovoltaica, é importante considerar desde o processo de mineração do quartzo até a produção de silício metalúrgico, passando pela fabricação de células e painéis, até o descarte dos componentes dos sistemas fotovoltaicos ao final de sua vida útil. Além disso, é essencial avaliar o consumo de energia e as emissões de poluentes em todas essas etapas (Hou *et al.* 2015).

Para exemplificar a quantidade de painéis fotovoltaicos utilizados em uma usina, de acordo com Canal Solar (2025), a central solar de Janaúba, localizada em Minas Gerais e considerada o maior complexo solar em operação no Hemisfério Sul, concluiu as obras de expansão, onde a capacidade instalada foi elevada para 1,6 GWp (*gigawatts-pico*), totalizando aproximadamente 2,9 milhões de painéis fotovoltaicos.

## **3.2. Painéis Fotovoltaicos**

Um sistema característico de energia solar (Figura 7) é composto por um painel solar, um controlador solar e uma bateria ou um grupo de baterias. A depender da potência de saída, 110 V ou 220 V é necessário o uso de um inversor para compor este sistema (Xu *et al.*, 2018).

Figura 7 - Componentes característicos de um sistema de energia solar



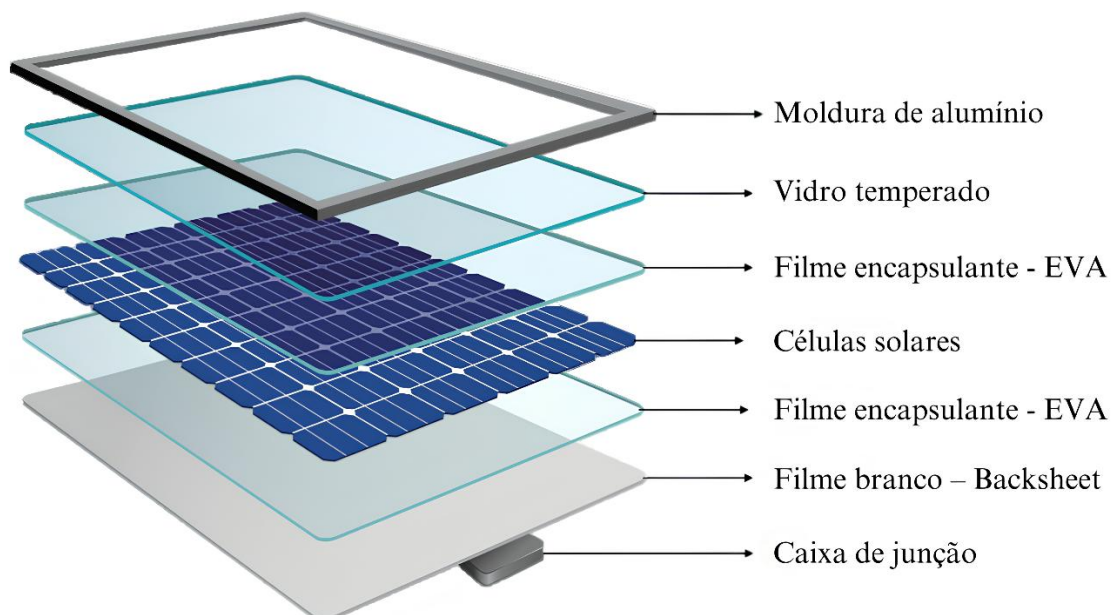
Fonte: SecPower (2024)

O grupo de baterias tem como função armazenar a energia quando o painel é exposto à luz solar, de forma que a carga seja alimentada a qualquer momento. O papel do controlador é evitar automaticamente a sobrecarga da bateria, enquanto o inversor converte a corrente contínua em corrente alternada (Xu *et al.*, 2018).

Os termos painel, módulo ou placa possuem a mesma definição e são utilizados indistintamente na literatura para caracterizar um conjunto embalado de células fotovoltaicas disponíveis comercialmente. Esses painéis são compostos por células, normalmente conectadas eletricamente em série, e instaladas sobre uma estrutura resistente (Villalva, 2012).

Artaş *et al.* (2023) demonstra que os componentes típicos dos painéis fotovoltaicos são (Figura 8):

Figura 8 - Componentes típicos de um painel fotovoltaico

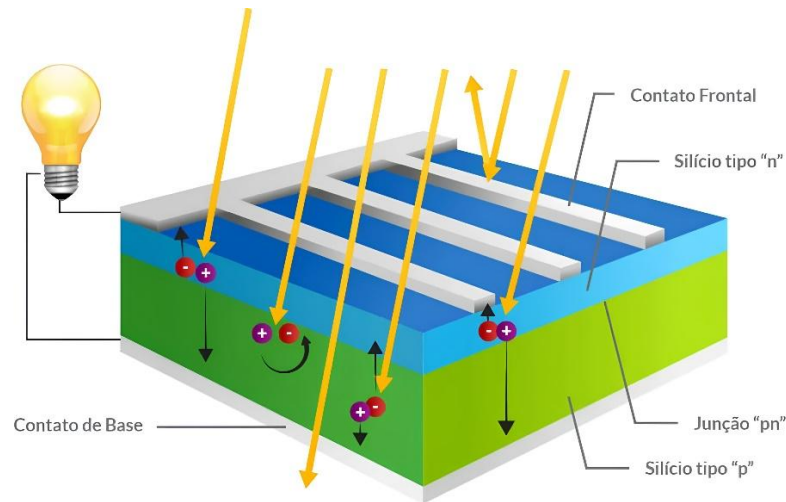


Fonte: Adaptado de Bošnjaković *et al.* (2023)

Em um painel fotovoltaico, várias células fotovoltaicas são conectadas entre si com fios de cobre soldados com estanho e chumbo para formar as placas. Esses painéis são encapsulados em camadas adesivas de EVA (Etileno Acetato de Vinila), a traseira é coberta com polietileno tereftalato (PET) e fluoreto de polivinila e, por fim, um vidro temperado é acrescentado e todos os componentes são colocados em uma moldura de alumínio (Bošnjaković *et al.*, 2023).

A célula fotovoltaica é formada pela junção de duas camadas de material semicondutor, uma do tipo P e outra N (Figura 9). O material N detém um excesso de elétrons, enquanto o material P apresenta a escassez de elétrons. A diferença de concentração entre os elétrons nessas duas camadas de materiais, cria um campo elétrico dentro de uma barreira de potencial, no interior da célula (Villalva, 2012).

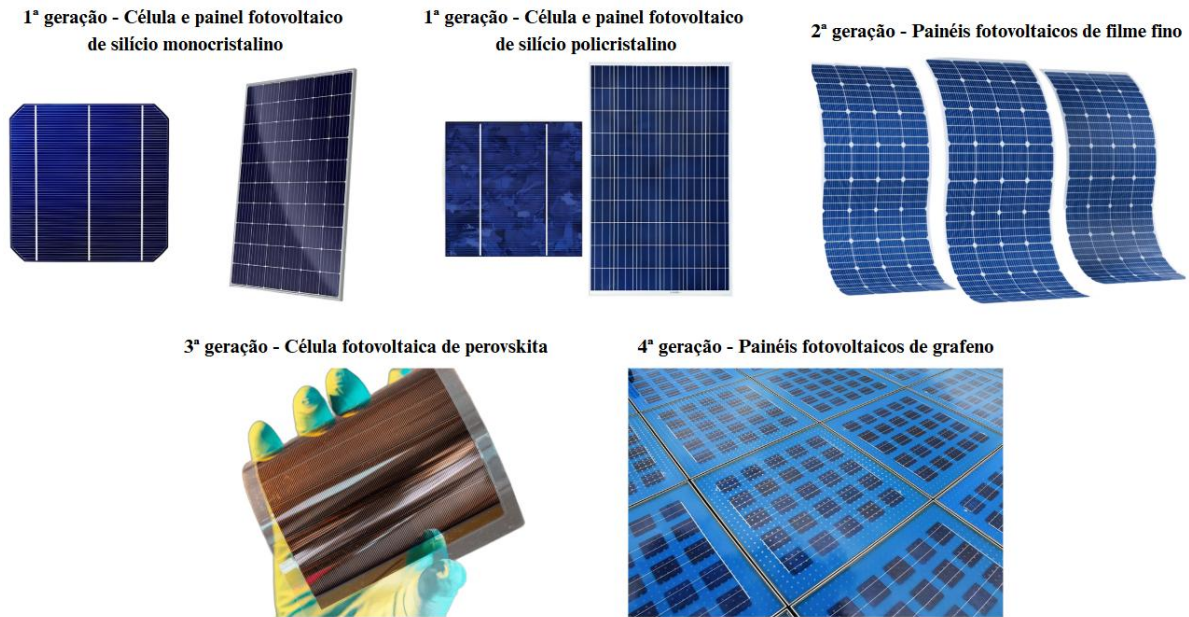
Figura 9 - Junção das camadas P e N



Fonte: Campos (2010)

Materiais semicondutores, como o silício, são utilizados para a produção de células fotovoltaicas (Rathore *et al.*, 2019), e o que difere um painel do outro é a tecnologia aplicada em suas células no material semicondutor (Mambrini, 2020). Pastuszak e Węgierek (2022), afirmam que as células fotovoltaicas podem ser divididas em diferentes tecnologias, mais especificamente em quatro gerações (Figura 10).

Figura 10 - Gerações dos painéis fotovoltaicos



Fonte: Mesquita *et al.* (2019); Sistine Solar (2024); BBC News (2018)

A primeira geração inclui os painéis fotovoltaicos tradicionais com estrutura a base de silício cristalino (c-Si), subdivididos em células de silício monocristalino (m-Si) e silício policristalino (p-Si) (Muteri *et al.*, 2020). Esta geração compõem a maioria dos painéis utilizados atualmente, cerca de 95% (Czajkowski *et al.*, 2022).

As células monocristalinas são feitas utilizando blocos de silício ultrapuro, oriundos do cristal de quartzo. Estes blocos são submetidos a altas temperaturas para posteriormente se transformarem no lingote de silício. Esse lingote é fatiado em bolachas finas (*wafers*) e em seguida são submetidos a processos químicos para receber as impurezas em ambas as faces, formando as camadas de silício P e N. Por fim, a célula recebe em uma das faces uma película metálica e na outra face uma grade metálica. A face que irá receber luz, recebe uma camada de um material antirreflexivo (Villalva, 2012). Essa tecnologia é considerada a mais eficiente em energia fotovoltaica, convertendo cerca de 15% - 22% da energia solar em energia elétrica (Mesquita *et al.*, 2019).

Segundo Villalva (2012), as policristalinas são produzidas a partir de um lingote de silício derretido e recristalizado. Estes lingotes também são cortados em bolachas muito finas (*wafers*) e transformados em células policristalinas. Geralmente são mais baratas de produzir do que as células monocristalinas, devido ao processo de fabricação mais simples, mas tendem a ser um pouco menos eficientes, com eficiências médias de cerca de 14 a 20% (Mesquita *et al.*, 2019).

A segunda geração é composta por células solares de filme fino, dentre elas estão: silício amorfo (a-Si), telureto de cádmio (CdTe) e sulfeto de cádmio (CdS), seleneto de cobre, índio e

gálio (CIGS)/seleneto de cobre e índio (CIS), arseneto de gálio (GaAs) e painéis em tandem/multi-junções baseadas em silício (Muteri *et al.*, 2020).

Essas células são produzidas através do acúmulo de camadas finas de materiais (silício e outros) sobre uma base rígida ou flexível. O processo de fabricação dos filmes finos utiliza menos energia durante a produção, o que garante um baixo custo da tecnologia (Villalva, 2012).

A terceira geração é formada por tecnologias que utilizam de maneira mais eficiente a luz solar, devido a combinação de materiais que permite um maior aproveitamento dessa luminosidade (Melo, 2016). Embora tenham sido estudadas por mais de 25 anos, sua fraca inserção no mercado faz com que seja considerada uma tecnologia emergente (Pastuszak; Węgierek, 2022), devido a sua sensibilidade a umidade e ao oxigênio (Raphael *et al.*, 2017).

Os painéis fotovoltaicos orgânicos/semi-orgânicos (OPVs), células solares de *perovskita* (PSCs), células solares sensibilizadas por corante (DSSC) e células de pontos quânticos (QDSCs) compõem essa geração (Muteri *et al.*, 2020) e demonstram ser extremamente eficientes, com custos reduzidos, além de usarem materiais abundantes e baixos em toxicidade (Ely; Swart, 2014).

A quarta geração das células fotovoltaicas, também são denominadas de células inorgânicas híbridas, pois unem o baixo custo e a flexibilidade de filmes finos de polímeros, com a estabilidade de nanoestruturas orgânicas, como nanopartículas metálicas e óxidos metálicos, nanotubos de carbono, grafeno e seus derivados. Esses dispositivos, também são conhecidos como “nanofotovoltaicos”, e possuem as células fotovoltaicas a base de grafeno (Pastuszak; Węgierek, 2022).

No entanto, cada geração tecnológica dos painéis fotovoltaicos é formada por diversos componentes essenciais que garantem sua eficiência e durabilidade.

A primeira geração de energia solar fotovoltaica, que utiliza silício cristalino (c-Si), domina o mercado, representando 95% da produção mundial de energia fotovoltaica. Em 2020, a Ásia foi responsável por 95% da produção de painéis fotovoltaicos c-Si, com a China destacando-se como principal contribuidora, com 67% de participação. A Europa contribuiu com 3%, enquanto os Estados Unidos adicionaram 2% à produção dessa tecnologia baseada em c-Si (Kumari, Singh; Kumar, 2022).

Como o foco deste trabalho é analisar a reciclagem dos painéis fotovoltaicos da primeira geração, a Tabela 5 descreve a composição dos painéis que compõem esta categoria.

Tabela 5 - Composição dos painéis fotovoltaicos da primeira geração

1ª geração - Silício cristalino c-Si	
Material	Porcentagem %
Vidro	70,00%
Moldura de alumínio	18,00%
Encapsulante (EVA)	5,10%
Célula solar de silício (c-Si)	3,65%
<i>Backsheet</i> - (Fluoreto de polivinila)	1,50%
Cabos (contendo cobre e polímeros)	1,00%
Condutor interno (alumínio)	0,53%
Condutor interno (cobre)	0,11%
Prata	0,053%
Outros metais (estanho, chumbo)	0,053%
<b>Total</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: Adaptado de Latunussa *et al.* (2016)

O vidro utilizado nos painéis é um material composto por areia e minerais, como: carbonato de sódio (barrilha), calcário, óxido de ferro e sílica (Ministério de Minas e Energia, 2023). O vidro é utilizado nos painéis fotovoltaicos como uma camada de proteção para os componentes, sendo o mais comum os de alta transmitância e baixo teor de ferro (Fe), conhecido como vidro ultra branco. A presença de impurezas de ferro colore o vidro, aumentando a taxa de absorção de calor e, conseqüentemente, diminuindo a transmitância de luz do vidro (Karasu *et al.*, 2020).

O alumínio resultado do processo de refinamento da bauxita (Ministério de Minas e Energia, 2023) é fundamental para a durabilidade dos painéis, além de trazer leveza, resistência mecânica e resistência à corrosão aos painéis fotovoltaicos. As molduras de alumínio fornecem suporte estrutural para manter as células fotovoltaicas e os outros componentes internos em seus devidos lugares, protegendo-os contra danos físicos e intempéries (Prado, 2018).

Trivedi, Meshram e Gupta (2023), afirmam que o EVA é um copolímero composto pelo monômero etileno e acetato de vinila que possui natureza amorfa, enquanto o polietileno é semicristalino. O acetato de vinila está presente no encapsulante EVA no qual o mecanismo físico veda e protege as células fotovoltaicas contra decorrências ambientais/climáticas, como umidade, chuva, radiação ultravioleta (UV), além de baixas tensões mecânicas, como torção ou flexão (Oliveira *et al.*, 2018).

O silício, componente essencial das células fotovoltaicas, é o segundo elemento químico mais abundante na crosta terrestre, após o oxigênio (Krebs, 2006). Para ser utilizado como base dos semicondutores, o silício ultrapuro é dopado, ou seja, recebe pequenas quantidades de impurezas, como boro (B), gálio (Ga), fósforo (P) ou arsênio (As), para ajustar suas propriedades elétricas (Marquez, 2021). Nas células fotovoltaicas de primeira geração, o silício forma camadas de material semicondutor. Quando a luz solar incide sobre essas camadas, a energia do sol gera eletricidade devido ao campo elétrico criado nas diferentes camadas de silício (Rathore *et al.*, 2019).

Os *backsheets* (camadas traseiras) são componentes essenciais para a segurança, prevenindo choques elétricos e a chance de iniciar um incêndio, além disso, podem exercer uma barreira contra a umidade (Kempe *et al.*, 2017).

Estes componentes podem ser compostos de diversos polímeros, como o acetato de etil vinila, tereftalato de polietileno, poliamidas e fluoropolímeros. Esse componente, também conhecido como filme branco, é exposto a ambientes hostis, no qual algumas propriedades precisam ser aprimoradas, como a impermeabilização, propriedades térmicas, mecânicas, estabilidade química, dissipação de calor, propriedades ópticas e degradação (Khalifa *et al.*, 2022).

Os demais elementos, que representam menos de 2% dos componentes de um painel, são compostos principalmente pelos seguintes metais: cobre (Cu), alumínio (Al), prata (Ag), estanho (Sn) e chumbo (Pb).

O cobre (Cu) é usado principalmente como fios de guia e barramento para realizar a conexão em série das células solares e em paralelo para transportar a carga gerada. Estes fios são revestidos com camadas finas de uma pasta de solda composta por uma mistura de chumbo (Pb) e estanho (Sn) (Sah; Chitra; Kumar, 2023).

A prata (Ag) é utilizada nos contatos frontais que são projetados de maneira ideal na maioria das células fotovoltaicas de silício cristalino (c-Si) e utilizam linhas de grade estreitas com o objetivo de minimizar a perda de sombreamento e obter alta eficiência de foto conversão (Fields, 2016).

Portanto, como os painéis de silício cristalino (c-Si), incluindo o monocristalino (m-Si) e policristalino (p-Si) são a tecnologia predominante, com participação de 95% no mercado nos últimos 25 anos, torna-se urgente a necessidade de reciclagem dos painéis que compõem esta geração (Tao *et al.*, 2020).

### **3.3. Reciclagem dos painéis fotovoltaicos**

A tecnologia fotovoltaica está programada para proporcionar quase um quarto da demanda de energia em todo o mundo até o ano de 2050. Entretanto, em razão da quantidade e variedade de materiais tóxicos e valiosos contidos no painel, a tecnologia é contestável após o fim da vida útil (Sah; Kumar, 2024).

Inúmeros estudos estão sendo dedicados à melhoria da eficiência de conversão de energia da tecnologia fotovoltaica (Singh; Goyal; Kumar, 2021). Com o rápido crescimento das instalações fotovoltaicas, aumenta o risco de escassez de matérias-primas como o silício (Si) e outros metais, o que já tem limitado o desenvolvimento sustentável da indústria fotovoltaica (Guo *et al.*, 2021).

Acrescenta-se que, cerca de 45.000 toneladas de painéis fotovoltaicos em fim de vida foram geradas em 2016. A previsão é que este número aumente abruptamente para 1,7 a 8,0 milhões de toneladas até 2030 e 60 a 78 milhões de toneladas em 2050, devido à vida útil limitada de 25 a 30 anos (Xia; Yang; Jessie, 2025). No entanto, devido a problemas de instalação, danos durante o transporte ou desastres, a vida útil real de um painel solar fotovoltaico é estimada em cerca de 15 anos (Lee *et al.*, 2018).

Este grande número de painéis fotovoltaicos em fim de vida representa grandes riscos ambientais e ameaça à saúde humana (Nain; Kumar, 2021), já que contém metais pesados e substâncias tóxicas, como o chumbo, que ao ser incinerados, contribui com a poluição ambiental, além de que outros metais valiosos como o silício, cobre, estanho e prata desaparecem devido ao despejo dos painéis a céu aberto. Além disso, a contaminação da água e do solo é causada principalmente pelo chumbo e alumínio. (Lee *et al.*, 2018).

A recuperação e reutilização eficientes de recursos são fundamentais para enfrentar os desafios do gerenciamento de resíduos de painéis fotovoltaicos e a escassez de matéria-prima, uma vez que oferece oportunidades potenciais para a recuperação do silício e de metais valiosos como a prata, o chumbo, o alumínio e o estanho. No entanto, esses processos são significativamente dificultados pela baixa eficiência de reciclagem e pela baixa lucratividade resultante das tecnologias atualmente disponíveis (Xu *et al.*, 2022).

#### **3.3.1. Métodos de reciclagem de painéis fotovoltaicos da 1ª geração (c-Si)**

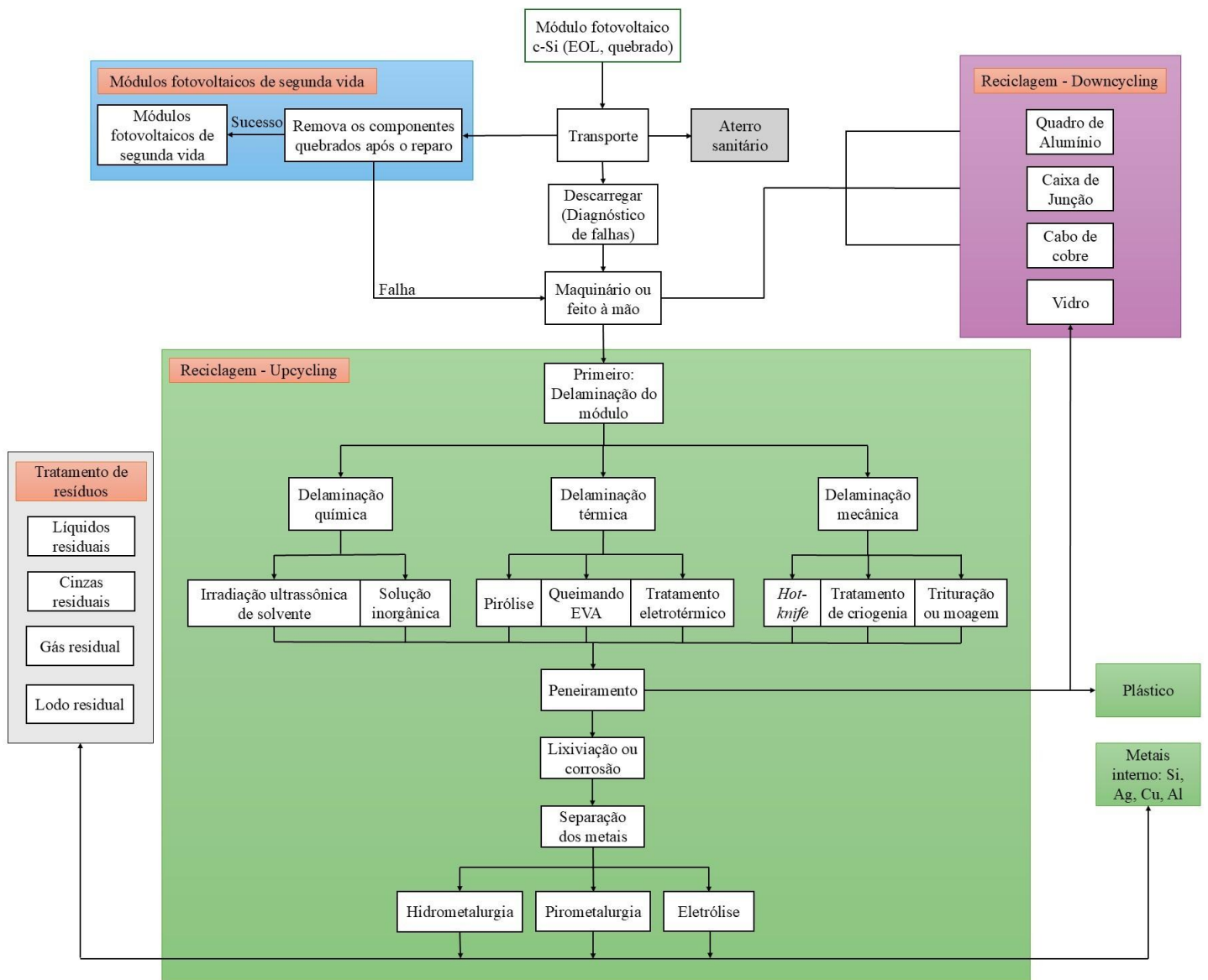
A primeira geração de painéis fotovoltaicos, também conhecidos como painéis à base de silício, é o tipo mais comum e dominante na geração de energia global, conseqüentemente, a maioria das empresas ou estratégias de reciclagem fotovoltaica tem se concentrado nestes

painéis (Ndalloka *et al.*, 2024), uma vez que eles representam mais de 90% de participação no mercado nos últimos 25 anos (Tao *et al.*, 2020).

Com a expansão do mercado fotovoltaico ocorrida nos anos 2000 (Ali *et al.*, 2024), prevê-se que a partir de 2025 haverá uma grande quantidade desses dispositivos chegando ao fim de sua vida útil, o que gera preocupações quanto ao descarte adequado.

A Figura 11 demonstra o processo de reciclagem de painéis fotovoltaicos à base de silício (1ª geração).

Figura 11 - Fluxograma do processo de reciclagem de painéis fotovoltaicos a base de silício (1ª geração)



Fonte: Adaptado de Mao *et al.* (2024)

Quando o painel fotovoltaico chega ao seu fim de vida ele está sujeito a três destinos: aterro sanitário, reutilização e reciclagem (Yu *et al.*, 2022).

O descarte em aterros, prática comum globalmente agrava a poluição. Isso ocorre porque os resíduos tóxicos presentes nos painéis entram em contato direto com a natureza. No caso dos painéis de silício cristalino (1ª geração), que contêm chumbo (Pb) em sua composição, existe um risco significativo de contaminação de águas e solos. Essa contaminação pode resultar na absorção do chumbo por plantas e animais, causando danos irreversíveis ao ecossistema e à saúde humana (Mao *et al.*, 2024).

Os painéis que são destinados a reutilização (segunda vida), falharam durante sua vida útil, entretanto sua estrutura principal continua intacta, o que permite que esses painéis sejam reparados e retornem novamente ao uso (Pascual *et al.*, 2021). Tsanakas *et al.* (2019), afirmam que após a reutilização destes painéis eles podem ser reciclados, diminuindo a demanda por recursos.

Por fim, o painel que não pôde ser reutilizado, pode ser reciclado. O processo de reciclagem é de extrema importância para todo o ciclo de vida do setor fotovoltaico. Atualmente, a reciclagem de painéis fotovoltaicos é dividida em *upcycling* e *downcycling*. O processo *upcycling* envolve a reciclagem de todos os componentes do painel fotovoltaico, visando à recuperação completa e de alto valor, enquanto no *downcycling*, apenas a estrutura de alumínio, o vidro, a caixa de junção e os cabos são reciclados, sendo esses os resíduos de baixo valor agregado (Mao *et al.*, 2024; Stokvisch, 2022). O uso destes métodos de reciclagem é orientado por aspectos econômicos.

Antes de iniciar-se os processos *upcycling* ou *downcycling* ocorre a desmontagem desses equipamentos de forma manual ou através de maquinários. Neste processo acontece a remoção da caixa de junção, estrutura/moldura de alumínio e os fios (Jung *et al.*, 2016; Tao; Yu, 2015).

A etapa seguinte é a delaminação da camada de EVA, onde os painéis são inseridos como um todo. Este processo consiste em separar o vidro da célula de silício (Artas *et al.*, 2023) e, em seguida, o vidro é reciclado para remanufatura (Zhou *et al.*, 2023).

Existem três tipos de tratamentos para a delaminação dos painéis: química, térmica e mecânica (Preet; Smith, 2024).

A delaminação química utiliza irradiação ultrassônica de solvente e solução inorgânica. Ndalloka *et al.*, (2024) afirmam que solventes e soluções distintos são usados para recuperar diferentes elementos dos painéis fotovoltaicos. O que determina o tipo de solvente a ser aplicado é o elemento que será recuperado.

A delaminação térmica pode ser feita através da pirólise do encapsulante de EVA onde ocorre uma elevação de temperatura, queima direta do encapsulante (Mambrini, 2020) e pelo

tratamento eletrotérmico que consiste em modificar as características físicas desses materiais, permitindo a remoção deles do painel (Doni; Dughiero, 2012).

Na delaminação mecânica a camada de EVA pode ser separada do vidro e das células através trituração ou moagem que transforma os componentes em pó fino (Sawant *et al.*, 2023); o processo *hot knife* é utilizado para separar o *backsheet* do restante do painel através de altas temperaturas que variam entre 100 °C e 500 °C (Wahman *et al.*, 2024); o tratamento criogênico é utilizado para obter uma dilatação térmica diferente, separando o silício + EVA do *backsheet* (IEA-PVPS; EPRI, 2024).

A próxima etapa consiste no processo de peneiramento, no qual ocorre a separação dos metais e polímeros trituradas com base na diferença de tamanho desses elementos (Dias; Veit, 2018).

Após o peneiramento, ocorre o processo de lixiviação. Este método é utilizado para extrair os metais e outros elementos das camadas dos painéis. São utilizadas soluções químicas para dissolver os componentes desejados, separando-os do restante do material. Para tornar o processo de reciclagem mais eficiente e econômico, a lixiviação é aplicada para a recuperação do silício e de metais como prata, cobre e chumbo (Tao; Yu, 2015).

O processo químico que envolve a separação de metais é composto por três tecnologias diferentes: hidrometalurgia, pirometalurgia e eletrólise. Esses métodos procedem o processo de lixiviação, uma vez que nesta etapa o silício e os metais não saem totalmente puros. Dessa forma, para trazer mais pureza a estes elementos, torna-se necessário aplicar uma dessas técnicas (IEA, 2022; Isherwood, 2022; Yi *et al.*, 2014).

### **3.3.2. Aspectos econômicos da reciclagem**

Compreender os elementos econômicos que estimulam a cadeia de reciclagem dos painéis fotovoltaicos é fundamental, considerando o crescimento exponencial do setor fotovoltaico e a necessidade de gerenciar adequadamente estes resíduos. Um estudo aplicado por Ribeiro *et al.* (2014) demonstra que a reciclagem não beneficia apenas a indústria de reciclagem, mas também tem repercussões positivas em outras atividades econômicas, apresentando um retorno financeiro significativo quando se analisa o alto valor dos materiais presentes, como alumínio, vidro, cobre, prata e silício.

Monteiro, Kotlík e Papírek (2021) destacam que a reciclagem dos painéis fotovoltaicos no Brasil, proporciona uma alta viabilidade econômica, impulsionada pelo valor agregado dos materiais recuperáveis. Ao considerar as proporções dos materiais apresentados na Tabela 5, o estudo evidencia que, embora o vidro possua um baixo valor unitário (R\$ 0,37/kg), seu grande

volume nos painéis contribui positivamente para o faturamento. Por outro lado, a prata (R\$ 1.122,62/kg) e o cobre (R\$ 22,45/kg), são muito valorizados no mercado de reciclagem, compensando o menor volume que esses metais representam em um painel. O alumínio (R\$ 3,74/kg) e o silício (R\$ 35,55/kg) também desempenham um papel importante na composição da receita, especialmente considerando o potencial de reaproveitamento na fabricação de novos painéis e em outras indústrias. Isso demonstra que alguns processos de reciclagem se viabilizam pelo tipo de material a ser reciclado, como por exemplo, o ouro, objeto de estudo do artigo de Hagelüken e Corti (2010), que enfatizam que o metal impulsiona a recuperação de muitos outros metais, incluindo os considerados escassos, que de outra forma não seriam economicamente viáveis de reciclar.

Em relação aos custos, a análise aponta que a reciclagem envolve três principais categorias: custos administrativos, operacionais do descomissionamento e os custos logísticos, que totalizam R\$ 1,03 por quilograma de material processado. Entretanto, Choi e Fthenakis (2014), enfatizam que o modelo econômico da reciclagem de painéis fotovoltaicos está diretamente associado aos custos da logística reversa, que considera variáveis como a distância percorrida e o volume de resíduos coletados em diferentes locais. Nesse contexto, a logística reversa representa uma parcela expressiva dos custos totais do processo de reciclagem.

Por fim, a análise econômica realizada por Ribeiro *et al.* (2014), demonstra que a reciclagem de painéis fotovoltaicos é altamente lucrativa, com uma média entre lucro e custo de 200%. Ou seja, para cada um real investido, há um retorno médio de três reais. Isso torna o cenário propício não apenas pelo valor dos materiais, mas também pela possibilidade de reduzir custos industriais, gerar empregos, especialmente para mão de obra técnica e especializada, e atender às demandas crescentes da economia circular. Contudo, a logística reversa continua sendo um dos principais desafios econômicos, dado que a distância entre os parques fotovoltaicos e as unidades de reciclagem afeta significativamente no custo final do processo (Monteiro; Kotlík; Papírek, 2021).

### **3.3.3. Regulamentações para a reciclagem**

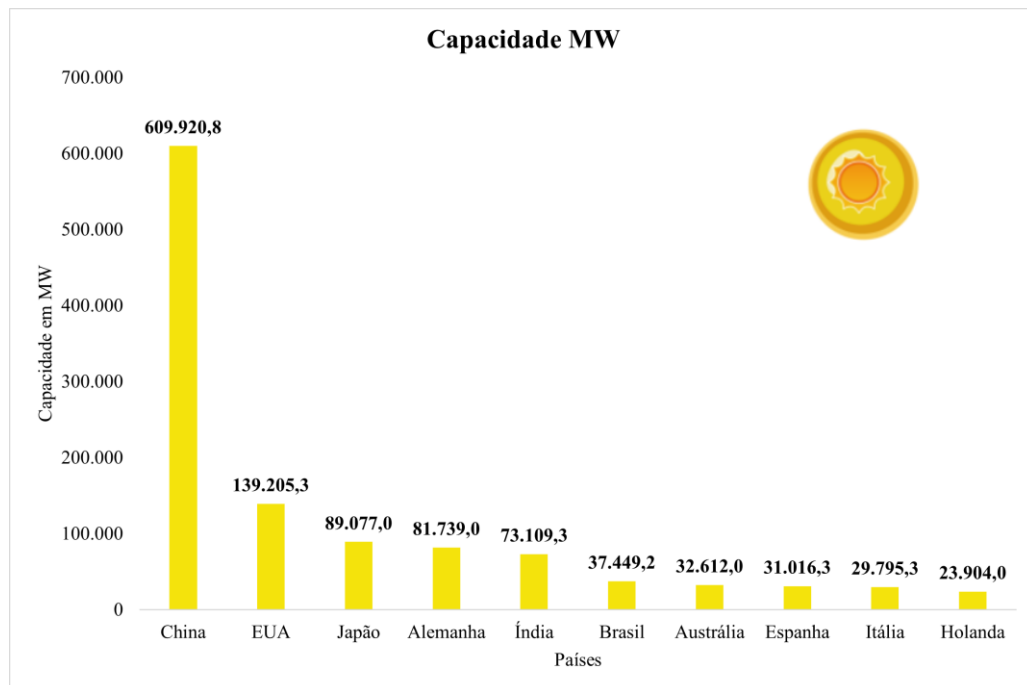
Governos ao redor do mundo têm adotado estratégias de gestão ambiental para mitigar o impacto de produtos como painéis solares fotovoltaicos, incluindo a responsabilidade estendida do produtor. Entretanto, ainda faltam diretrizes específicas para o descarte de resíduos desses painéis. É fundamental implementar legislações abrangentes para garantir a coleta, transporte e reciclagem adequados, para promover o desenvolvimento sustentável. Alguns

países, especialmente aqueles com alta capacidade de energia solar, já estabeleceram leis para a reciclagem e gestão desses resíduos, focando nos painéis fotovoltaicos (Preet; Smith, 2024).

Dados da IRENA (2024) demonstram o *ranking* global dos 10 países com maior capacidade de geração elétrica fotovoltaica em 2023 (Figura 12).

De acordo com a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR, 2025), os mesmos 10 países que compõem o *ranking* global de 2023 permaneceram no *ranking* atual de 2024, publicado em 2025, apenas com algumas alterações nas posições. A Índia subiu do 5º lugar para o 3º e a Espanha ultrapassou a Itália, ficando na 8ª colocação. No entanto, para este estudo, foi utilizado como referência o *ranking* global de 2023.

Figura 12 - Capacidade instalada de geração fotovoltaica (MW) por país em 2023



Fonte: Adaptado de IRENA (2024)

A China se destaca sendo o país com maior capacidade de geração de energia fotovoltaica. Entretanto, quando se trata de regulamentações para estes resíduos, de acordo com os relatórios da Administração Nacional de Energia da China, o país necessita de regulamentações para tratar o lixo eletrônico oriundos destes equipamentos (Klugmann-Radziemska; Kuczyńska-Łazewska, 2020). Embora o país possua diretrizes para resíduos sólidos, tais legislações não abordam explicitamente os resíduos em fim de vida das instalações solares fotovoltaicas (Ali *et al.*, 2023).

Porém, o Programa Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Alta Tecnologia na China está propondo sugestões contínuas para implementar políticas, regras e regulamentos específicos que tratem da reciclagem e do descarte seguro de painéis fotovoltaicos que

chegaram ao fim de sua vida útil, bem como dos resíduos gerados por painéis fotovoltaicos (Preet; Smith, 2024).

Nos Estados Unidos existem regulamentos e políticas nos níveis federal, estadual e municipal para gerenciar resíduos oriundos dos painéis fotovoltaicos. No âmbito federal, a Lei de Conservação e Recuperação de Recursos é o único regulamento que define os padrões para o manuseio de resíduos perigosos. Além de seguir os regulamentos federais, os governos estaduais e municipais podem ter seu próprio conjunto de regulamentos e padrões para o gerenciamento de resíduos fotovoltaicos, como é o caso da Califórnia, Havaí, Nova Jersey, Carolina do Norte e *Washington* (U.S. EPA, 2023).

No Japão, a gestão de resíduos de painéis fotovoltaicos em fim de vida é regulamentada pela Lei de Promoção da Utilização Eficaz de Recursos, que exige o descarte adequado de painéis solares descomissionados para prevenir a poluição ambiental e promover a reciclagem de componentes valiosos. A lei impõe aos fabricantes, importadores e vendedores a responsabilidade pela coleta e reciclagem desses painéis, exigindo que estabeleçam sistemas de coleta, transporte para instalações de tratamento adequadas e arcando com os custos envolvidos, além de seguir as diretrizes de manuseio e descarte definidos pelo Ministério do Meio Ambiente. Ademais, o Japão possui um sistema voluntário de reciclagem, a *Japan Photovoltaic Recycling Association*, que oferece suporte técnico para garantir que o processo seja ambientalmente e economicamente sustentável (Ali *et al.*, 2024).

A União Europeia, que inclui países como Alemanha, Itália, Espanha e Holanda, estabeleceu uma das principais regulamentações baseadas nas diretrizes de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE). Essas diretrizes exigem que todos os fabricantes de produtos elétricos ou eletrônicos sejam legalmente responsáveis pelo gerenciamento adequado dos resíduos de seus produtos, independentemente de onde a fabricação ocorra. Isso inclui a coleta, valorização e reciclagem dos resíduos, garantindo a proteção do meio ambiente e da saúde pública (Sharma; Pandey; Kolhe, 2019).

Até o momento, a Índia não possui regulamentos para gerir os resíduos fotovoltaicos, pois esses materiais não são classificados como lixo eletrônico ou resíduos perigosos no país (Ndaloka *et al.*, 2024). Entretanto, o Ministério de Energia Nova e Renovável da Índia determinou que, para a instalação de usinas de energia solar no país, os desenvolvedores devem assegurar a coleta e o descarte adequado dos painéis fotovoltaicos ao final de sua vida útil, seguindo as regras de gerenciamento e manuseio de lixo eletrônico (Ndaloka *et al.*, 2024).

Na Austrália, apenas o estado de Victoria possui legislação que proíbe o descarte de todos os resíduos eletrônicos, incluindo painéis fotovoltaicos, inversores e baterias solares, em

aterros sanitários, desde 1º de dezembro de 2019. No entanto, nenhum outro estado ou território australiano adotou regulamentações obrigatórias para o descarte de painéis fotovoltaicos (IEA, 2022). No país, esses painéis não são claramente classificados como resíduos perigosos segundo a Medida Nacional de Proteção Ambiental, o que dispensa a necessidade de relatar o transporte e manuseio de painéis descartados. Além disso, o padrão australiano AS/NZS 5377, que abrange a coleta, armazenamento, transporte e tratamento de lixo eletrônico, não inclui painéis fotovoltaicos e não é atualizado desde 2013, embora esteja atualmente em revisão (IEA, 2022).

O Brasil encontra-se em uma posição de destaque no *ranking* mundial demonstrado na Figura 14. Apesar da energia fotovoltaica ter se expandido no país por volta de 2012, após a criação do programa *Net Metering*<sup>1</sup>, no momento, o Brasil possui uma pequena quantidade de resíduos fotovoltaicos, pois os painéis da primeira geração ainda não concluíram seu ciclo de vida. Entretanto, até 2030, estima-se que 77% dos resíduos fotovoltaicos descartados serão por perda regular ou prematura, o que evidencia a importância de o país desenvolver regulamentações específicas para lidar com os resíduos fotovoltaicos (Souza; Figueiredo; Espejo, 2024).

Neste cenário, os resíduos fotovoltaicos são descartados conforme sugere a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS/2010) e seus decretos regulamentadores (10.240/2020, 11.043/2022 e 10.936/2022) que impõem a adoção da logística reversa.

A Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), prevê:

A prevenção e a redução na geração de resíduos, tendo como proposta a prática de hábitos de consumo sustentável e um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos (aquilo que tem valor econômico e pode ser reciclado ou reaproveitado) e a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos (aquilo que não pode ser reciclado ou reutilizado).

Institui a responsabilidade compartilhada dos geradores de resíduos: dos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, o cidadão e titulares de serviços de manejo dos resíduos sólidos urbanos na Logística Reversa dos resíduos e embalagens pós-consumo.

Cria metas importantes que irão contribuir para a eliminação dos lixões e institui instrumentos de planejamento nos níveis nacional, estadual, microrregional, intermunicipal e metropolitano e municipal; além de impor que os particulares elaborem seus Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (Ministério do Meio Ambiente, 2016).

Entretanto, conforme apresentado pela Câmara dos Deputados (2024), o Brasil tem avançado em discussões atrelada a destinação adequada dos resíduos oriundos dos painéis

---

<sup>1</sup> *Net Metering* ou Sistema de Compensação de Energia é um incentivo às fontes de energia renovável. É um sistema que permite que a geração excedente de energia da unidade consumidora seja injetada na rede da distribuidora, gerando um crédito de energia para o consumidor (Ziras; Calearo; Marinelli, 2021).

fotovoltaicos. O Projeto de Lei 998/24, que está tramitando na Câmara dos Deputados, busca definir diretrizes para incentivar o reaproveitamento, a reciclagem e o descarte ambientalmente adequados de painéis fotovoltaicos. Estão entre os objetivos da proposta de Lei:

- Disseminar a reciclagem de painéis fotovoltaicos;
- Mitigar os impactos ambientais desses produtos;
- Viabilizar as tecnologias de reciclagem, tornando-as mais eficientes, seguras e econômicas;
- Estabelecer normas claras sobre a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos painéis fotovoltaicos, abrangendo fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana.

Assim, embora ainda estejam no início, os países estão buscando regulamentações que garantam segurança no descarte e na reciclagem de painéis fotovoltaicos. No entanto, é crucial que medidas sejam adotadas rapidamente, já que muitos países possuem painéis fotovoltaicos de primeira geração que estão se aproximando do fim de sua vida útil.

## 4. Metodologia

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa científica aplicada, que, segundo Zanella (2011), visa solucionar desafios no processo de reciclagem de painéis fotovoltaicos. Ferrari (1982) reforça que embora a pesquisa aplicada possua um objetivo prático, ela pode enriquecer teoricamente com novas informações que contribuirão para o planejamento de novas pesquisas e, eventualmente, para o entendimento teórico de determinadas áreas do conhecimento.

Quanto aos objetivos, trata-se de uma pesquisa exploratória, que, conforme Gil (1999), busca sintetizar conhecimentos sobre um fenômeno específico. Este tipo de estudo geralmente é realizado quando há pouco conhecimento sobre o conteúdo a ser levantado (Raupp e Beuren, 2006).

Andrade (2002) ressalta que a pesquisa exploratória possui alguns propósitos fundamentais, são eles: oferecer mais referências acerca do assunto a ser investigado, conduzir a construção dos objetivos e a concepção de hipóteses, contribuir com delimitação do tema a ser estudado ou, até mesmo, deparar-se com uma nova perspectiva sobre o assunto.

Além disso, esta pesquisa possui características descritivas, uma vez que busca descrever com precisão os fatos e acontecimentos do tema em estudo (Triviños, 1987).

Desta forma, o presente trabalho é considerado uma pesquisa exploratória e descritiva, pois foi necessário buscar na literatura informações sobre os painéis fotovoltaicos, suas características, os tipos e os processos de reciclagem, o destino dos materiais descartados e do produto com um todo, além das legislações que regem esse processo.

Quanto a abordagem desta pesquisa, pode-se defini-la como quantitativa. Wainer (2007) ressalta que a pesquisa quantitativa geralmente é baseada em uma medida numérica que possui poucas variáveis objetivas e que terão seus resultados comparados utilizando técnicas estatísticas. Esta etapa será observada com mais detalhes na seção 5 deste trabalho.

Para a coleta de dados, adotou-se o método *Survey*. Segundo Freitas *et al.* (2000), esse método permite coletar dados específicos de uma população-alvo, mediante questionários estruturados, para um grupo que represente o alvo da pesquisa.

Portanto, o método *Survey* adequa-se aos objetivos deste estudo, pois as características que regem este método cobrem os objetivos a serem alcançados nesta pesquisa. A forma que esta pesquisa foi desenvolvida será descrito abaixo utilizando uma adaptação do livro “Como conduzir *Surveys* – Um guia passo a passo” de Arlene Fink (2017).

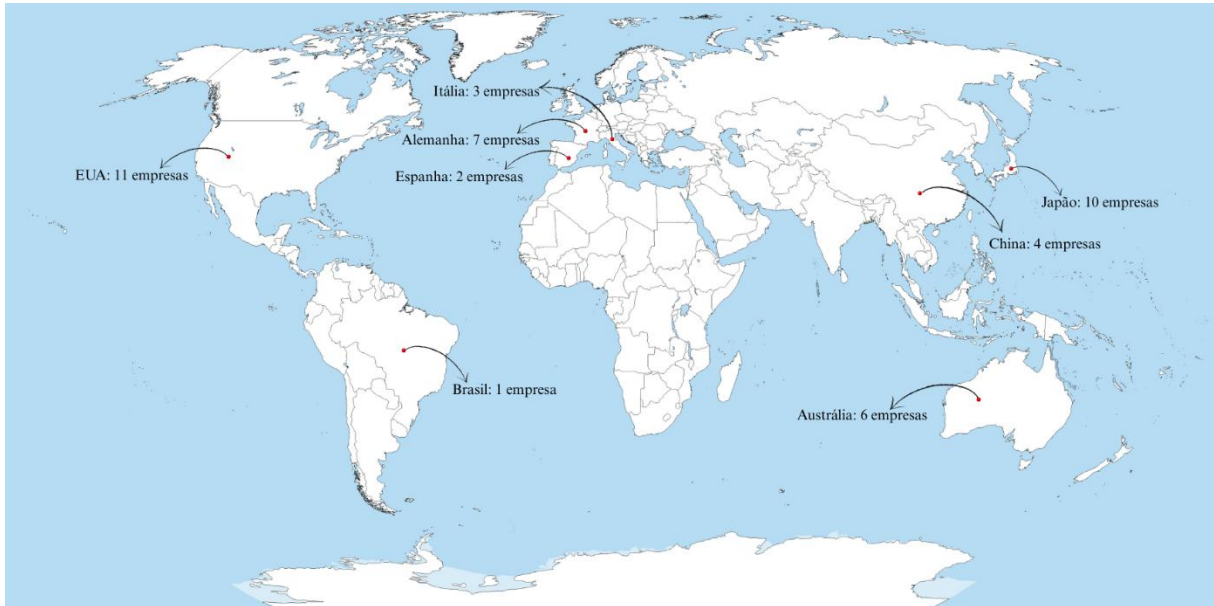
A partir da revisão da literatura, identificou-se as lacunas sobre a reciclagem de painéis fotovoltaicos realizado pelas empresas e, a partir disso, elaborou-se o questionário (Anexo B) no *Microsoft Forms*, seguindo o método *Survey*, com perguntas fechadas e abertas para cobrir os objetivos da pesquisa. A escolha pelo uso do *Microsoft Forms* se deu pela disponibilidade de uma conta *premium* acadêmica já vinculada ao perfil da pesquisadora, o que garantiu acesso a funcionalidades adicionais, maior capacidade de armazenamento de dados e controle sobre os formulários. A amostra populacional foi constituída por empresas recicladoras de painéis fotovoltaicos, identificadas com base no relatório da *International Energy Agency* (IEA) de 2024, intitulado “*Avanços na reciclagem de painéis fotovoltaicos – Revisão da literatura e atualização dos dados empíricos do inventário do ciclo de vida e revisão de patente*”.

Este relatório menciona 178 empresas globais que reciclam painéis fotovoltaicos. A partir desses dados, realizou-se uma busca nos *sites* de cada uma dessas empresas para identificar as respostas das perguntas que foram definidas no questionário. O questionário foi avaliado e testado por um especialista na área de pesquisa de desenvolvimento de produto, sendo realizadas as recomendações de melhoria que foram incorporadas (como por exemplo: utilizar o idioma do respondente, ajustar o texto de apresentação do questionário descrevendo o tempo aproximado de resposta e utilizar todos os meios de contato disponíveis para o envio), e distribuídos para as empresas.

Por se tratar de empresas em vários países, disponibilizou-se o questionário no idioma local de cada país, o que permitiu ao respondente facilidade de acesso as perguntas. Além disso, garantindo o sigilo, solicitou-se ao respondente, um *e-mail* de contato, para caso ele tenha interesse em receber os dados finais desta pesquisa.

A partir dessa busca inicial, apenas 44 empresas apresentaram informações relevantes para responder a algumas questões do questionário (Figura 13). Essas empresas fazem parte dos 10 países que estão no *ranking* global com maior capacidade de geração elétrica fotovoltaica de 2023 (Figura 12). Dentre estes países, apenas a Índia e a Holanda não aparecem no relatório da IEA.

Figura 13 - Empresas dos 10 países que estão no ranking global com maior capacidade de geração elétrica fotovoltaica em 2023

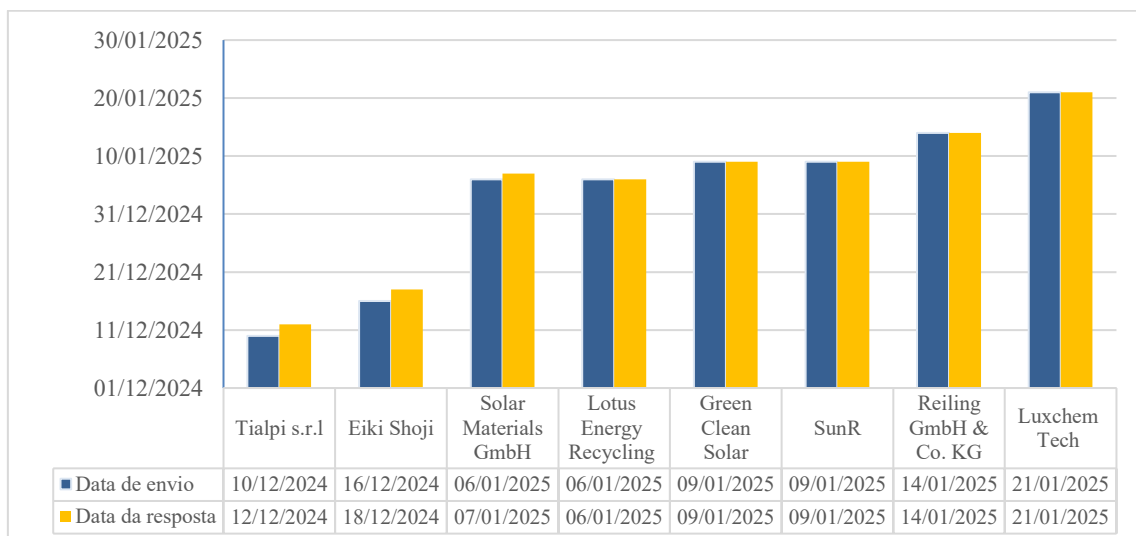


As demais 134 se enquadravam em três categorias: *sites* sem informações ou desatualizados, *sites* inexistentes ou com conteúdo irrelevante (*spam*) e empresas que reciclavam lixo eletrônico, mas não incluíam painéis fotovoltaicos em seus processos.

Após esta etapa, iniciou-se a distribuição dos questionários via *e-mail*, *LinkedIn*, *Instagram*, *Facebook* e *WhatsApp*. Foram 16 perguntas selecionadas de acordo com cada empresa, com base nas respostas não encontradas nos *sites* oficiais da empresa.

Ao todo, realizou-se 8 tentativas de contato ao longo de 50 dias, no período de 10/12/24 a 29/01/25 (Figura 14). Essa frequência de envio pode ser definida como transversal, uma vez que ocorreu em um determinado tempo.

Figura 14 - Período de respostas das empresas respondentes



Durante as tentativas de contato, 7 empresas responderam informando que não realizam a reciclagem de painéis fotovoltaicos. Estas empresas estão descritas na Tabela 6. Assim, a amostra final da pesquisa foi composta por 37 empresas, sendo 8 respondentes.

Tabela 6 - Empresas que não reciclam painéis fotovoltaicos

<b>Países</b>	<b>Empresas</b>
<b>EUA</b>	FabTech Enterprises, Inc e Greenflow
<b>Japão</b>	Kankyo Tsushin Yuso
<b>Alemanha</b>	Envaris, Flaxres e ROTH International GmbH
<b>Espanha</b>	European Recycling Platform España, ERP España S.L.U

Após as 8 tentativas, apenas 8 empresas responderam ao questionário. Estas empresas são demonstradas na Tabela 7.

Tabela 7 - Empresas que responderam ao questionário

<b>Países</b>	<b>Empresas</b>
<b>EUA</b>	Green Clean Solar
<b>Japão</b>	Eiki Shoji
<b>Alemanha</b>	Luxchem Tech, Reiling GmbH & Co. KG e Solar Materials GmbH
<b>Brasil</b>	SunR
<b>Austrália</b>	Lotus Energy Recycling
<b>Itália</b>	Tialpi s.r.l

Para as 29 empresas sem resposta ao questionário e com informações incompletas em seus *sites*, complementou-se a coleta de dados com a ferramenta de inteligência artificial *Copilot®* da *Microsoft*. Foi solicitado a esta ferramenta que buscasse respostas para as perguntas do questionário referentes a cada uma dessas empresas, complementando as informações ausentes.

As respostas obtidas nos *sites* das empresas foram consideradas para o questionário. Quando não havia essa informação disponível nos *sites*, elas eram obtidas via *Copilot®*. No entanto, essa adoção ocorreu apenas se as referências fornecidas pelo *Copilot®* fossem compatíveis com as respostas apresentadas. Caso contrário, a pergunta foi registrada como sem resposta (“S/R”).

Em seguida, os dados foram compilados e organizados, podendo ser consultados integralmente no Anexo C. O Quadro 2 apresenta um resumo das principais informações deste capítulo. Na sequência, é apresentada a análise descritiva de cada pergunta do questionário.

Quadro 2 – Resumo do capítulo

<b>Passo 1: Definição e escopo da pesquisa</b>		
<b>Etapa</b>	<b>Descrição</b>	
Tipo de pesquisa	Pesquisa científica, aplicada, exploratória e descritiva	
Abordagem	Quantitativa	
Método de coleta	<i>Survey</i>	
Base teórica	Revisão da literatura sobre reciclagem de painéis fotovoltaicos e lacunas identificadas	
<b>Passo 2: Preparação da coleta e amostra inicial</b>		
<b>Etapa</b>	<b>Descrição</b>	
Elaboração do instrumento	Construção do questionário (perguntas abertas e fechadas) no <i>Microsoft Forms</i>	
Amostra inicial	178 empresas recicladoras globais identificadas no relatório da IEA	
Validação	Questionário avaliado e testado por um especialista na área de pesquisa de desenvolvimento de produto	
Ajustes finais	Incorporação de recomendações (idioma local, tempo de resposta, uso de todos os meios de contato disponíveis)	
<b>Passo 3: Primeira etapa de coleta</b>		
<b>Etapa</b>	<b>Descrição</b>	<b>Resultado</b>
Busca em <i>sites</i>	Busca ativa nos <i>sites</i> das 178 empresas para responder às perguntas do questionário	Informações relevantes encontradas em 44 empresas (Figura 13)
Exclusão	134 empresas foram excluídas por: <i>sites</i> inexistentes/spam, <i>sites</i> sem informação ou empresas que só reciclam lixo eletrônico	Amostra reduzida para 44 empresas
<b>Passo 4: Segunda etapa de coleta (Distribuição e interação)</b>		
<b>Etapa</b>	<b>Descrição</b>	<b>Resultado</b>
Seleção de questões	16 perguntas selecionadas por empresa, focando nas lacunas da literatura e das informações não encontradas nos <i>sites</i>	Questionários distribuídos via <i>e-mail</i> , <i>LinkedIn</i> , <i>Instagram</i> , <i>Facebook</i> e <i>WhatsApp</i> (8 tentativas ao longo de 50 dias)
Filtro de descarte	7 empresas responderam informando que não reciclam painéis fotovoltaicos (Tabela 6)	Amostra final de 37 empresas
Respostas obtidas	Apenas 8 empresas responderam ao questionário (Tabela 7)	29 empresas permaneceram sem resposta
<b>Passo 5: Terceira etapa de coleta e validação (Busca com IA)</b>		
<b>Etapa</b>	<b>Descrição</b>	<b>Resultado</b>
Coleta complementar com IA	Utilização da ferramenta de inteligência artificial <i>Copilot®</i> da <i>Microsoft</i> para buscar respostas para as perguntas ausentes (nas 29 empresas)	Dados coletados em <i>Sites</i> + 8 respostas diretas (questionário) + informações via <i>Copilot®</i>
Validação dos dados	As informações do <i>Copilot®</i> foram adotadas apenas se as referências fornecidas fossem compatíveis com as respostas	Incompatibilidade registrada como “S/R” (Sem Resposta)
Compilação e análise	Dados compilados (Anexo C) e submetidos à análise descritiva na Seção 5	Trabalho concluído

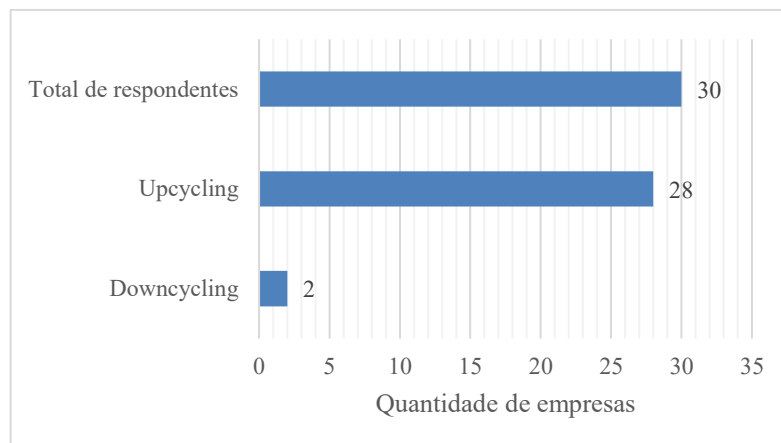
## 5. Resultados e discussões

Para a análise descritiva, foram considerado as 37 empresas da amostra. Dentre elas, 8 responderam ao questionário, enquanto 29 não responderam. Para estas 29, realizou-se uma análise com base nas informações disponíveis nos *sites* oficiais das empresas e nos dados obtidos via *Copilot*®. A partir dessa comparação, foram elaborados os gráficos da análise, juntamente com os resultados dos questionários respondidos pelas empresas. É importante destacar que, em todas as perguntas, houve casos em que as informações disponíveis eram insuficientes ou inconsistentes. Nessas situações, as respostas foram classificadas como sem resposta (“S/R”).

Na pergunta 1 (“Qual cargo ou função você ocupa na empresa?”), entre as empresas que participaram da pesquisa, observou-se que a maioria das respostas (75%) foi fornecida por gestores, o que evidencia a forte participação de profissionais diretamente envolvidos no processo de tomada de decisão. Além disso, 12,5% dos questionários foram respondidos por *CEOs*, indicando a presença de lideranças estratégicas no levantamento. Por fim, 12,5% das respostas vieram de profissionais do setor operacional, o que também trouxe uma visão prática sobre o tema investigado.

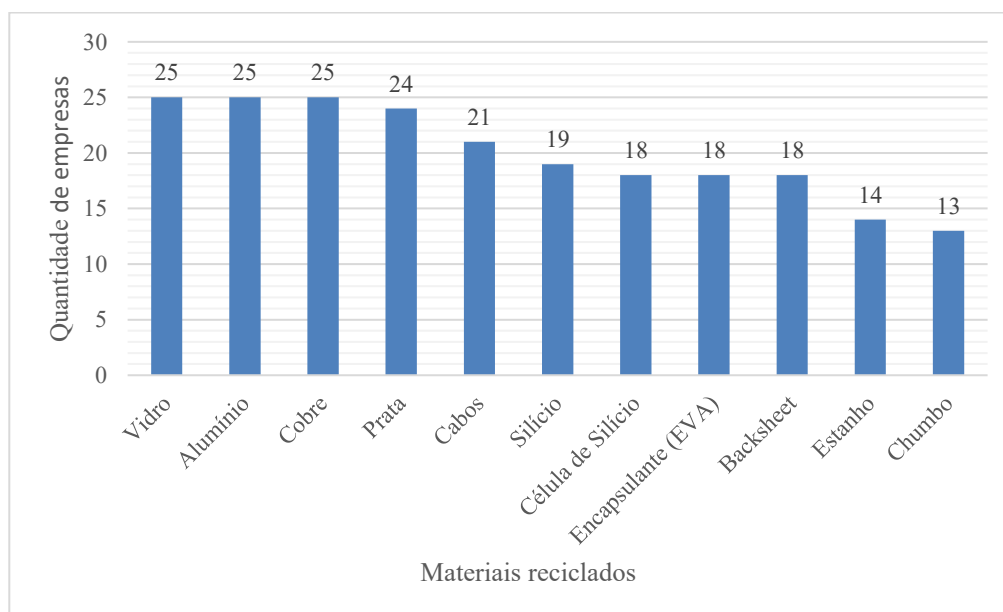
A pergunta 2 (“A empresa realiza qual tipo de reciclagem?”), constatou que, até o momento da elaboração desta pesquisa, não há evidências científicas que apontem qual é o método de reciclagem mais utilizado pelas empresas no tratamento de painéis fotovoltaicos. No entanto, das 37 empresas avaliadas, 30 forneceram algum tipo de retorno (8 por meio do questionário e 22 por informações disponíveis nos *sites* ou via *Copilot*®). Destas, 28 (aproximadamente 93% das respondentes) declararam utilizar o método de reciclagem *upcycling* (Figura 15). Segundo Mao *et al.* (2024) e Stokvisch (2022), o *upcycling* consiste na reciclagem de todos os componentes do painel fotovoltaico. Contudo, a análise estatística multivariada realizada com o *software Minitab 20*®, na seção 5, demonstra que, na prática, empresas que adotam o *upcycling* nem sempre reciclam todos os componentes do painel.

Figura 15 - Tipo de reciclagem realizado pelas empresas



Na pergunta 3 (“Quais materiais dos painéis fotovoltaicos de primeira geração são reciclados?”), foram consideradas apenas 28 empresas, já que 9 não responderam. Observa-se que vidro, alumínio e cobre aparecem em aproximadamente 89% das respostas — ou seja, em 25 das 28 empresas (Figura 16). Esse resultado indica que esses materiais são mais facilmente recicláveis, como também aponta o estudo de Divya *et al.* (2023), que destaca taxas de recuperação superiores a 85% do peso total dos painéis fotovoltaicos de primeira geração (c-Si) para esses três materiais.

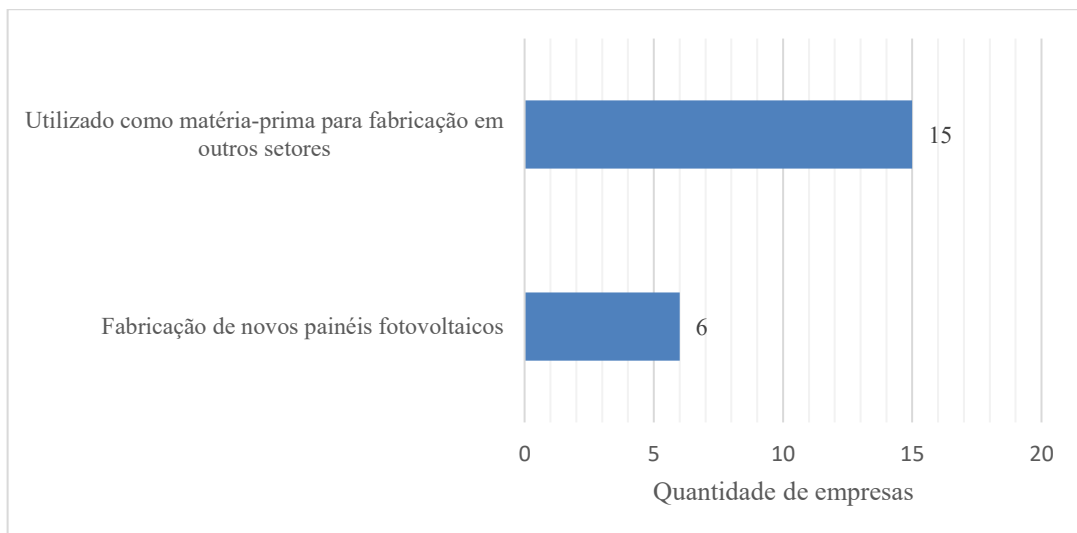
Figura 16 - Materiais reciclados pelas empresas



Da mesma amostra analisada, apenas 14 reciclam estanho e 13 reciclam chumbo, o que corresponde a cerca de 38% e 35%, respectivamente. Estes percentuais indicam uma baixa taxa de reciclagem destes metais. Isso sugere que a maioria das empresas ainda não estão preparadas para realizar a reciclagem destes tipos de metais. Segundo Divya *et al.* (2023), as preocupações ambientais, especialmente em relação ao chumbo, dificultam a recuperação desses materiais, que também estão sujeitas a regulamentações mais rigorosas.

A Pergunta 4 (“Os painéis fotovoltaicos reciclados em sua empresa, resultam em materiais usados para: Opção 1 - Fabricação de novos painéis fotovoltaicos; Opção 2 - Utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores”), teve apenas 15 respondentes. Deste total, 100% das empresas informaram que os materiais reciclados são utilizados como matéria-prima para a fabricação de novos produtos e, 40% da amostra indicou que além disso, os materiais também são aproveitados para a fabricação de novos painéis (Figura 17).

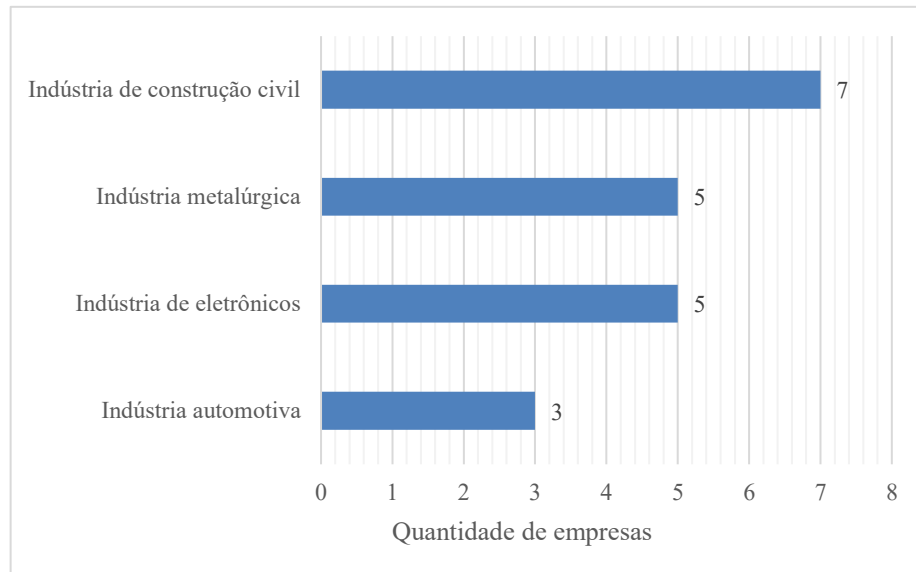
Figura 17 - Destino dos materiais após a reciclagem



Com base nisso, sugere-se que a maior parte dos materiais reciclados, vão para as outras indústrias, como é o caso do vidro temperado que compõe cerca de 70% do peso total do painel. Bulińska, Sujak e Pyzalski (2025) afirmam que este material pode ser reintroduzido na indústria de construção civil, uma vez que o vidro moído pode ser utilizado como preenchimento nas misturas de concreto, tornando o material mais resistente.

Na pergunta 5 (“Se os materiais reciclados são usados como matéria prima para outras indústrias, escreva qual o segmento destas indústrias:”), foi possível coletar a resposta de apenas 10 empresas e cada uma poderia informar mais de um tipo de indústria. Portanto, desta amostra, cerca de 70% afirmaram que seus materiais reciclados viram matéria-prima para a indústria de construção civil, 50% são utilizados nas indústrias metalúrgicas e de eletrônicos e, 30% na indústria automotiva (Figura 18).

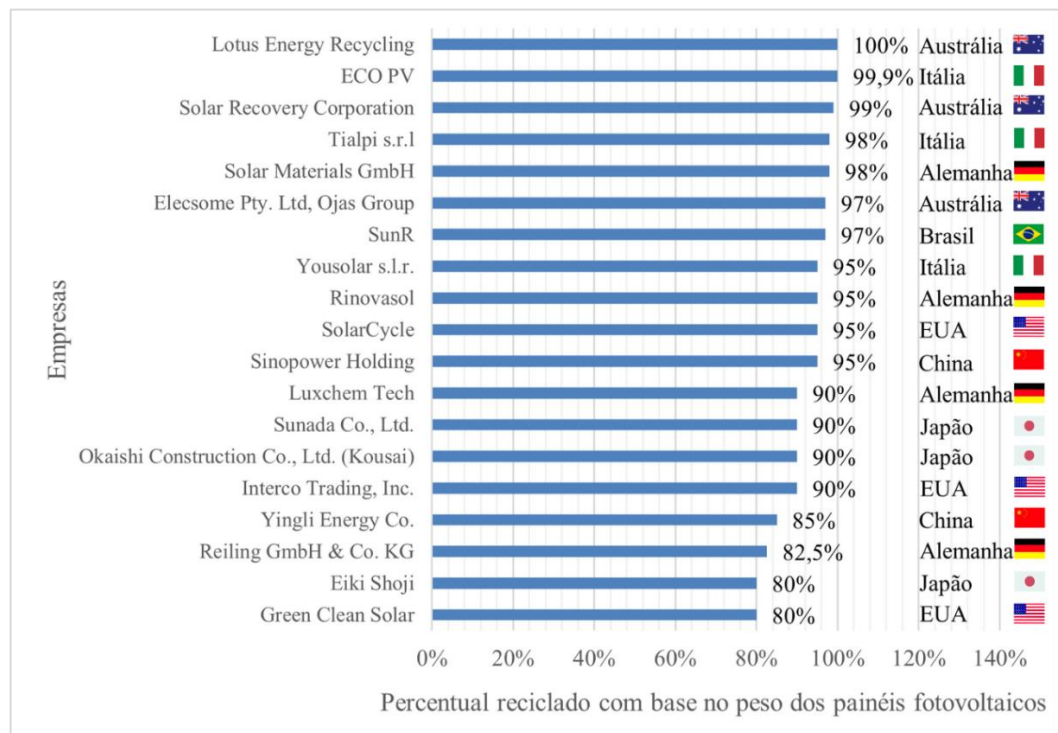
Figura 18 - Indústrias que são destinadas os materiais reciclados



Esses dados reforçam o que Finger (2019) afirmou sobre a possibilidade dos materiais recuperados através da reciclagem, serem revendidos para indústrias para serem reutilizados na produção de novos produtos.

Para a Pergunta 6 (“Considerando que o painel pesa 100%, qual a porcentagem do peso total reciclado por sua empresa?”), foi considerado apenas os dados das empresas com respostas, totalizando 19. As informações do percentual reciclado de cada empresa são demonstradas na Figura 19.

Figura 19 - Percentual reciclado de cada empresa



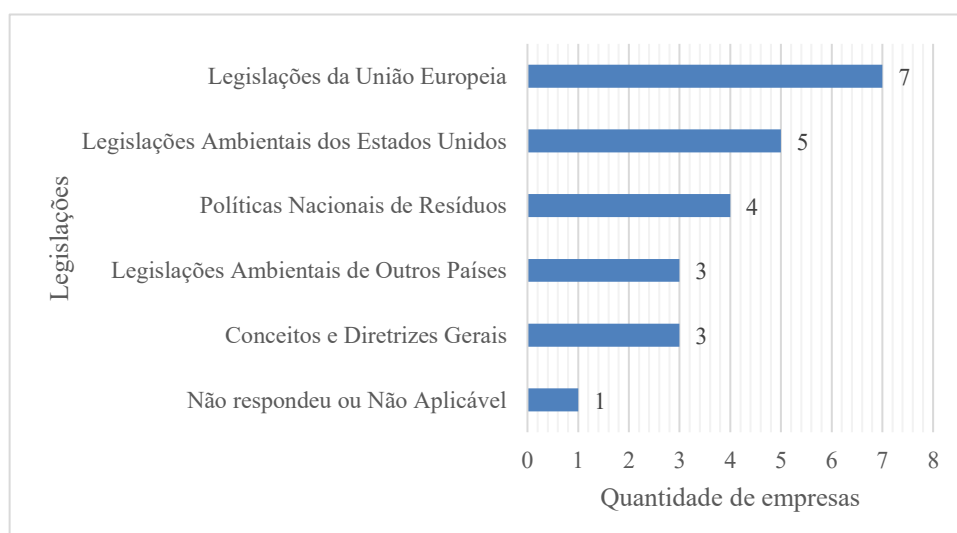
O gráfico evidencia que a maioria das empresas de reciclagem alcança altos índices de recuperação de materiais. Este resultado está alinhado com a Tabela 5, que aponta que aproximadamente 88,5% do peso dos painéis fotovoltaicos é composto por vidro, alumínio e cobre — os mesmos materiais mais frequentemente reciclados, conforme indicado na Figura 16. Estes dados reforçam a correlação entre a composição dos painéis e os percentuais de reciclagem observados.

Além disso, chama a atenção o caso da Austrália, onde, mesmo sem regulamentações nacionais obrigatórias para o descarte de painéis (exceto no estado de Victoria), empresas como a *Lotus Energy Recycling* já conseguem reciclar 100% do peso dos painéis, demonstrando um elevado nível de eficiência técnica e tecnológica no processo.

A Pergunta 7 (“Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa?”), foi uma questão aberta, onde cada empresa poderia colocar as legislações atendidas. Dessa forma, ao compilar as informações, foram mencionadas 24 legislações diferentes, conforme Anexo D. Para tornar a análise dos dados mais clara e objetiva, solicitou-se ao *ChatGPT*® o agrupamento das legislações em categorias com características semelhantes. Zhang, Wang e Shang (2023), afirmam que modelos de linguagem em grande escala (LLM), como o *ChatGPT*®, são eficazes em agrupamentos e categorizações coerentes.

Como resultado, obteve-se o agrupamento apresentado na Figura 20, elaborado com base em um algoritmo de classificação por regras, que de acordo com Han, Kamber e Pei (2011), representam o conhecimento com interpretação simples e clara na forma de regras do tipo "se-então", o que torna a compreensão do modelo acessível para o usuário, além de gerar decisões mais claras e explicáveis.

Figura 20 - Tipos de legislações que as empresas atendem



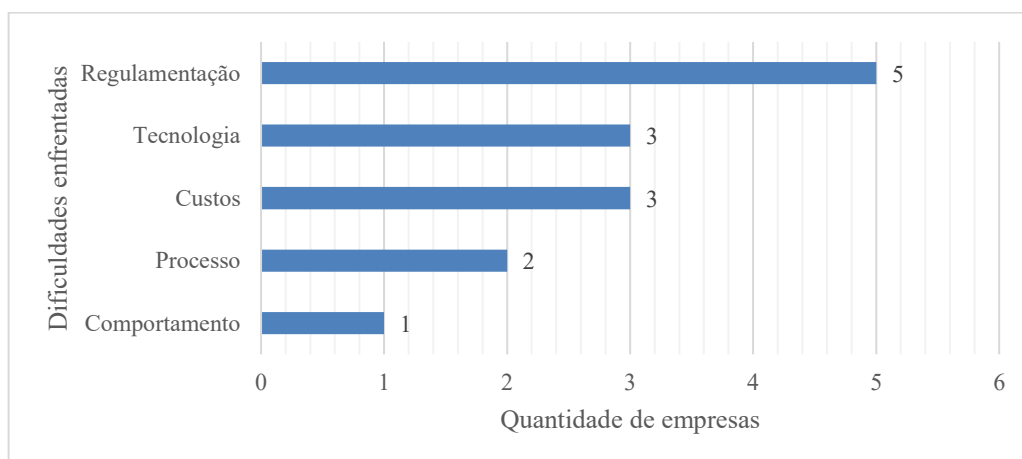
Para esta questão do questionário, apenas 17 empresas forneceram respostas ou tiveram informações confiáveis obtidas por meio de seus *sites* oficiais ou do *Copilot*®. Por se tratar de uma pergunta aberta, cada empresa pôde mencionar mais de uma legislação aplicada.

Desta forma, o gráfico acima sugere que as legislações da União Europeia possuem um papel importante na regulamentação da reciclagem de painéis fotovoltaicos, já que representa 41% das respostas. Este resultado pode estar relacionado a diretiva WEEE (*Waste Electrical and Electronic Equipment*) e a Responsabilidade Estendida do Produtor (REP), reforçando o que Sharma, Pandey e Kolhe (2019) afirmaram sobre essas medidas garantirem um gerenciamento correto dos resíduos destes produtos e, conseqüentemente, promover a proteção ambiental e da saúde pública.

O gráfico também evidencia a falta de padronização nas legislações entre os países, o que sugere a necessidade de estudos voltados à possível concordância global das normas relacionadas à reciclagem de painéis fotovoltaicos.

A Pergunta 8 (“Quais as maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações/diretivas que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?”) trata-se de uma questão aberta e por isso também foi solicitado ao *ChatGPT*® o agrupamento das dificuldades enfrentadas que utilizou o mesmo algoritmo de classificação baseado em regras.

Figura 21 - Maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações



Nesta pergunta, das 11 empresas respondentes, 45% delas enfatizaram que umas das dificuldades enfrentadas estão relacionadas as regulamentações. Esta informação reforça o que Gerold e Antrekowitsch (2024) afirmam sobre o impacto que a falta de regulamentos e normativas consistentes, claras, padronizadas e abrangentes causam na reciclagem fotovoltaica, complicando o estabelecimento de um ecossistema de reciclagem consistente.

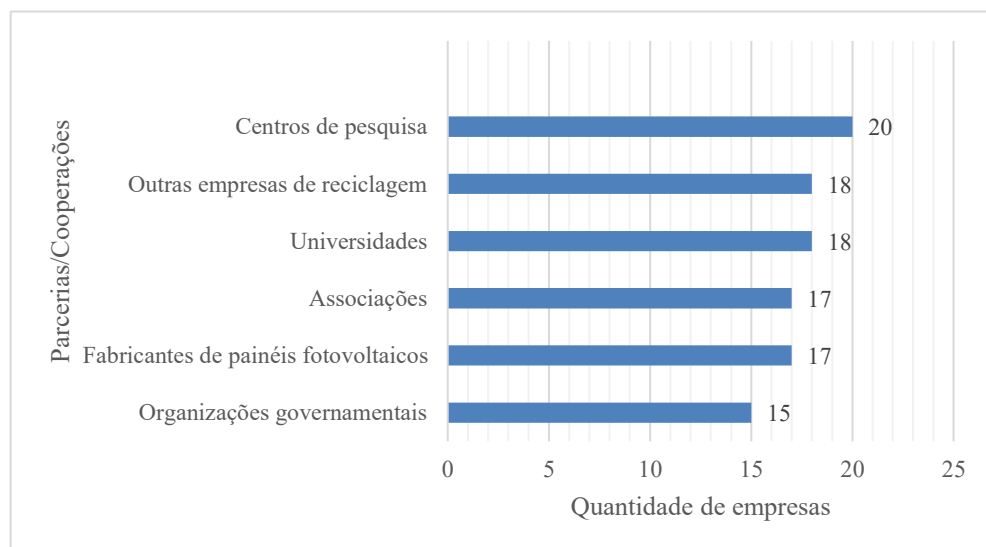
Em seguida, com 27% das respostas, destacam-se as dificuldades relacionadas a tecnologia. Essa limitação deriva da necessidade de avanços tecnológicos contínuos para

atender os padrões regulatórios. Tal cenário é explicado pela complexidade dos atuais processos de reciclagem (mecânica, química e térmica), os quais envolvem uma variedade de subprocessos, sistemas técnicos específicos que tornam o tratamento dos painéis fotovoltaicos um desafio significativo (Xavier, 2024).

A dificuldades com os custos também obtiveram 27% das respostas. Isso ocorre porque esses custos são geralmente mais altos do que os custos de descarte em aterros (Gerold e Antrekowitsch, 2024). O aumento dos custos no processo de reciclagem está associado a necessidade de atingir níveis elevados de pureza dos materiais, o que exige a adoção de procedimentos de tratamento mais complexos e tecnologicamente avançados (Yu *et al.*, 2022).

Na Pergunta 9 (“Sua empresa possui parcerias/cooperações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?”) observou-se que, entre as 26 empresas respondentes, 77% declararam manter parcerias com centros de pesquisa, ao passo que apenas 58% indicaram colaborações com organizações governamentais.

Figura 22 - Parcerias/cooperações que as empresas possuem

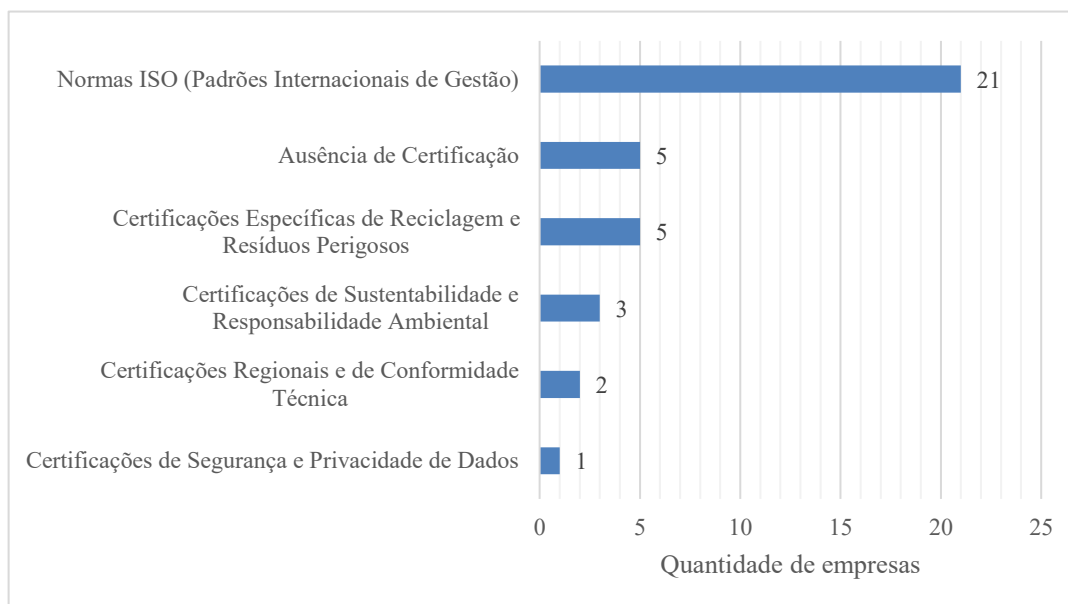


A baixa incidência de parcerias com o setor público pode estar associada às dificuldades relatadas por 27% das empresas na questão anterior, especialmente no que tange as limitações tecnológicas e aos elevados custos inerentes aos processos de reciclagem de painéis fotovoltaicos, ocasionado pela falta de incentivos fiscais (Gerold e Antrekowitsch, 2024).

As Perguntas 10 e 11 (“Sua empresa possui certificações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?” e “Se sua empresa possui certificações escreva quais:”) teve suas respostas agrupadas pelo *ChatGPT*® utilizando o mesmo algoritmo – classificação baseado em regras – e, obteve 29 empresas respondentes, onde 72% delas adotam certificações das Normas ISO (Padrões Internacionais de Gestão), o que evidencia uma clara preocupação com

padronização e a qualidade da gestão organizacional. Entretanto, poucas empresas (17%) adotam certificações específicas de reciclagem e resíduos perigosos. Esta mesma porcentagem representa as empresas que não possuem nenhum tipo de certificação.

Figura 23 - Certificações que as empresas possuem



A análise da Figura 23 revela que o setor de reciclagem de painéis fotovoltaicos ainda apresenta um nível relativamente baixo de engajamento com certificações específicas que atendem às particularidades dessa atividade. Esse cenário sugere a existência de oportunidades significativas para o fortalecimento das práticas de governança corporativa e de sustentabilidade ambiental.

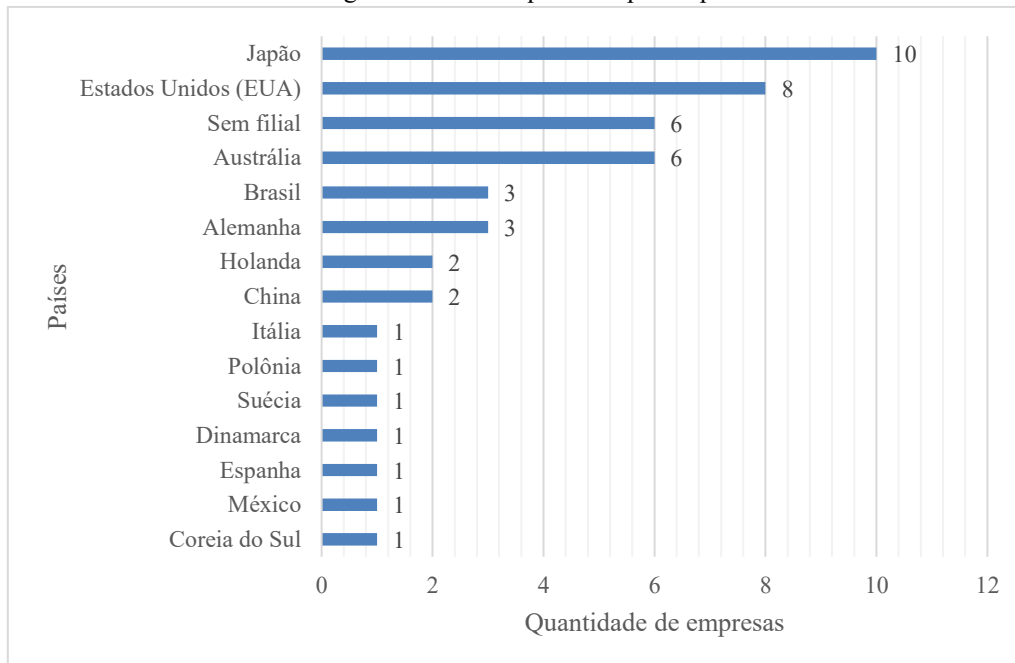
A falta de certificações adequadas pode limitar a capacidade das empresas de demonstrar conformidade com requisitos técnicos e regulatórios, o que é crucial para enfrentar os desafios específicos do setor. Além disso, a adoção de certificações reconhecidas mundialmente pode não apenas melhorar a credibilidade das empresas, mas também promover a transparência e a responsabilidade em suas operações (Marschlich; Hurtado, 2025).

Portanto, incentivar, por meio de legislações e regulamentações, a obtenção de certificações pode ser um passo importante para elevar os padrões de qualidade e sustentabilidade no setor de reciclagem de painéis fotovoltaicos, contribuindo para um desempenho ambiental mais eficaz e alinhado com as exigências globais.

As Perguntas 12 e 13 (“Possuem filiais?” e “Se sua empresa possui filiais escreva onde estão localizadas:”) por se tratar de uma questão aberta, foi necessário utilizar novamente o agrupamento das respostas através do *ChatGPT*®, já que foram computadas filiais em 111

locais. O algoritmo utilizado foi o de classificação hierárquica que consiste em um agrupamento de classes semelhantes em metaclasses, o que simplifica a tarefa de classificação e melhora a precisão (Silla; Freitas, 2010).

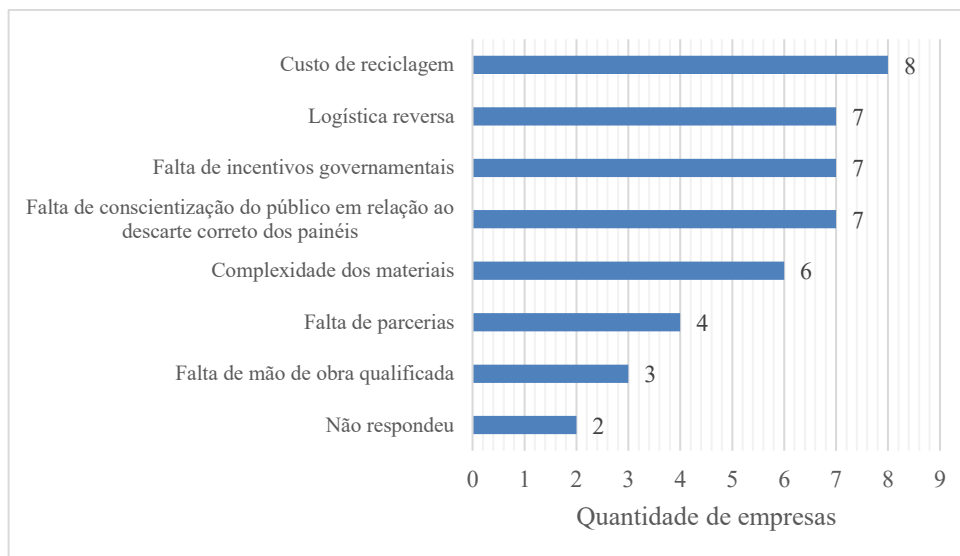
Figura 24 - Filiais que as empresas possuem



Nesta questão, obteve-se 30 empresas respondentes. Com base nesses dados, nota-se que o Japão e Estados Unidos são os países com mais filiais. Esta informação sugere a existência de um nível elevado no desenvolvimento tecnológico ou o amadurecimento do setor de reciclagem de painéis fotovoltaicos nesses países. Além disso, a distribuição das filiais ao redor do mundo, indica uma presença significativa nos países desenvolvidos.

Na Pergunta 14 (“Qual a maior dificuldade enfrentada no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos?”), dos 11 respondentes, 73% afirmam que a maior dificuldade está no custo da reciclagem, o que indica que os processos atualmente disponíveis podem ser economicamente inviáveis ou pouco competitivos frente as alternativas existentes para a destinação dos painéis. Este cenário pode estar relacionado as dificuldades com a logística reversa e os altos custos associados a ela, conforme aponta Choi e Fthenakis (2014).

Figura 25 - Maiores dificuldades enfrentadas no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos



Quanto à ausência de incentivos fiscais e à falta de conscientização do público sobre o descarte adequado dos painéis fotovoltaicos, Gerold e Antrekowitsch (2024) destacam a importância de campanhas educativas voltadas tanto ao público em geral quanto a segmentos específicos, como os próprios consumidores de sistemas fotovoltaicos. Além disso, os autores reforçam que a adoção de políticas como a Responsabilidade Estendida do Produtor (REP) e de incentivos fiscais pode gerar benefícios econômicos capazes de estimular os fabricantes a investirem em práticas mais sustentáveis.

Por fim, a complexidade dos materiais está associada à diversidade de componentes presentes nos painéis fotovoltaicos de primeira geração, como vidro, alumínio, silício e metais valiosos, como prata, cobre, chumbo e estanho. Embora esses materiais sejam recicláveis, a dificuldade no manuseio de elementos como o chumbo, combinado à ausência de regulamentações padronizadas, especialmente em regiões onde a expansão da energia fotovoltaica ocorreu de forma acelerada, agrava significativamente os desafios relacionados à reciclagem (Badran; Lazarov, 2025).

## 5.1. Análise dos resultados

Para analisar os resultados obtidos, com o auxílio do *software Minitab 20®*, foi feita uma análise estatística multivariada. Este método, de acordo com Mingoti (2005), é formado por processos integrados que são aplicados em ocasiões onde várias variáveis são medidas simultaneamente em cada elemento da amostra.

A análise multivariada possui diversas técnicas e, para este trabalho, com o objetivo de identificar padrões de similaridade entre as variáveis relacionadas à reciclagem e às dificuldades enfrentadas pelas empresas recicladoras, foi aplicada a técnica de análise de agrupamento hierárquico, representada por meio de um dendrograma.

Esse procedimento tem como finalidade agrupar objetos a partir de dados multivariados, organizando-os com base em suas semelhanças. Desta forma, grupos internamente homogêneos são formados a partir de um conjunto inicial de amostras heterogêneas, facilitando a identificação de padrões e estruturas comuns nos dados analisados (Bakke; Leite; Silva, 2008).

Para a montagem do dendrograma, foi necessário inserir as variáveis no *Minitab 20®* com seus respectivos dados. Estas variáveis são as próprias perguntas feitas no questionário enviado às empresas e os dados são as respostas obtidas do questionário, da busca dos *sites* oficiais e das informações coletadas através da ferramenta de inteligência artificial *Copilot®*.

Como a primeira pergunta foi relacionada ao cargo ocupado pelo respondente, esta análise inicia-se a partir da segunda pergunta.

A Pergunta 2 (“A empresa realiza qual tipo de reciclagem?”) poderia ter 3 tipos de respostas: *upcycling*, *downcycling* e outra (Anexo D). As 30 respostas obtidas ficaram entre as duas primeiras opções e para que esses dados pudessem ser distribuídos no *Minitab 20®* tornou-se necessário adotar valores numéricos fixos para as respostas. No entanto, 7 empresas não responderam ou tiveram respostas insuficientes através da busca nos *sites* e no *Copilot®*. Nessa situação, a resposta foi classificada como sem resposta (“S/R”) e um valor numérico foi definido.

Desta forma, o valor numérico adotado para cada opção de resposta e para as empresas sem resposta (“S/R”) foi:

- Sem resposta (“S/R”): 0
- *Upcycling*: 1;
- *Downcycling*: 2;
- Outra – Não foi definido valor numérico, pois nenhuma empresa marcou esta opção.

Na Pergunta 3 (“Quais materiais dos painéis fotovoltaicos de primeira geração são reciclados?”), 28 empresas forneceram respostas. Para as 9 que não responderam, realizou-se o cálculo da mediana com base nas respostas das empresas respondentes. Assim, estima-se que essas empresas reciclam, em média, 68% dos materiais listados no Anexo D e representados na Figura 15. Contudo, não é possível identificar especificamente quais materiais estão incluídos neste percentual.

A Pergunta 4 (“Os painéis fotovoltaicos reciclados em sua empresa, resultam em materiais usados para:”) poderia ter 3 tipos de respostas: Fabricação de novos painéis fotovoltaicos; Utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores; ou Fabricação de novos painéis fotovoltaicos e Utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores (Anexo D). Adotou-se um valor numérico para cada opção de resposta:

- Fabricação de novos painéis fotovoltaicos: 1;
- Utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores: 2;
- Fabricação de novos painéis fotovoltaicos e utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores: 3.

Nesta questão, 15 empresas responderam. Para as 22 que não retornaram, calculou-se a mediana com base nas respostas das empresas participantes, considerando os valores numéricos atribuídos nesta pergunta. Com isso, sugere-se que as empresas sem resposta (“S/R”) utilizam os materiais reciclados como matéria-prima para fabricação em outros setores, correspondendo ao valor numérico 2.

Na Pergunta 5 (“Se os materiais reciclados são usados como matéria prima para outras indústrias, escreva qual o segmento destas indústrias:”) das 37 empresas, apenas 10 responderam. Para as outras 27 em que o tipo de indústria não foi identificado, realizou-se o cálculo da mediana em cima das empresas respondentes. Com isso, não foi possível identificar exatamente para qual indústria os materiais reciclados são utilizados como matéria-prima, entretanto, pela mediana, sabe-se que 50% dessas indústrias recebem a matéria-prima reciclada dessas empresas (Anexo D).

A Pergunta 6 (“Considerando que o painel pesa 100%, qual a porcentagem do peso total reciclado por sua empresa?”) adotou-se a porcentagem informada pelas empresas/sites/Copilot®, onde obteve-se 19 empresas respondentes. Para as que não responderam ou possuíam informações inconsistentes (18), realizou-se o cálculo da mediana, onde o valor encontrado foi de 95%. Desta forma, sugere-se que as empresas não respondentes reciclam cerca de 95% do peso total de um painel fotovoltaico (Anexo D).

Na Pergunta 7 (“Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa?”) considerou-se como resposta, para a análise no *Minitab 20*®, apenas se a empresa atendia ou não alguma legislação. Entre as empresas respondentes, 17 declararam adotar algum tipo de legislação. Para as 20 empresas sem resposta (“S/R”), foi assumido que não atendem a nenhuma legislação. Desta forma, o valor numérico adotado para cada uma das opções foi:

- Não atende a legislação: 0;
- Atende a legislação: 1.

A Pergunta 8 (“Quais as maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações/diretivas que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?”) por se tratar de uma questão aberta, realizou-se o agrupamento através do *ChatGPT*® utilizando o algoritmo de classificação BERT baseado em regras. Para fins de análise, atribuiu-se um valor numérico para cada uma das categorias resultantes deste agrupamento (Figura 21). As empresas sem resposta (“S/R”) foram consideradas, sendo atribuído a elas o valor correspondente à mediana calculada, que foi igual a zero (Anexo D). Desta forma, as categorias com seus respectivos valores numéricos são demonstradas no Quadro 3.

Quadro 3 - Valor numérico dos tipos de dificuldade

<b>Categorias - Tipo de Dificuldade</b>	<b>Não possui dificuldade (valor)</b>	<b>Possui dificuldade (valor)</b>
Dificuldades com as regulamentações	0	1
Dificuldades com os custos	0	1
Dificuldades com as tecnologias	0	1
Dificuldades no processo	0	1
Dificuldades de comportamento	0	1

Cada empresa pôde informar mais de uma dificuldade. Das 37 empresas da amostra, 11 responderam. Dentre estas, cinco relataram enfrentar dificuldades relacionadas às regulamentações. Três informam que os custos associados aos processos de reciclagem são o principal obstáculo, enquanto outras três destacaram desafios para atender as necessidades de avanços tecnológicos contínuos que os padrões regulatórios exigem. Duas empresas indicaram dificuldades no processo de reciclagem e, por fim, uma empresa mencionou dificuldades no comportamento, relacionados à conscientização e adesão às práticas de reciclagem.

Na Pergunta 9 (“Sua empresa possui parcerias/cooperações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?”) das 37 empresas, 26 responderam afirmando possuir algum tipo de parceria/cooperação. Para as 11 empresas não respondentes, realizou-se o cálculo da mediana em cima das empresas respondentes. Contudo, não foi possível identificar com precisão quais

as parcerias/cooperações que estas empresas possuem, no entanto, por meio do cálculo da mediana, sabe-se que, 75% destas empresas, possuem algum tipo de parceria/cooperação (Anexo D).

A Pergunta 10 e 11 (Sua empresa possui certificações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos? e “Se sua empresa possui certificações escreva quais:”) das 37 empresas, 29 responderam (Anexo D). Das empresas respondentes considerou-se como resposta para a análise multivariada no *Minitab 20*®, apenas se a empresa possuía ou não alguma certificação. Para as 8 que não responderam, considerou-se o resultado da mediana calculada com base nas empresas respondentes. Desta forma, o valor numérico adotado para cada uma das possibilidades foi:

- Não tem certificação: 0;
- Tem certificação: 1.

Na Pergunta 12 e 13 (“Possuem filiais?” e “Se sua empresa possui filiais escreva onde estão localizadas:”), por se tratar de uma questão aberta, solicitou-se ao *ChatGPT*® que realizasse o agrupamento das respostas. Desta forma, considerou-se como resposta apenas se a empresa possuía ou não alguma filial. Para as empresas sem resposta (“S/R”), considerou-se que elas não possuem filiais. Portanto, o valor numérico adotado para cada uma das possibilidades foi:

- Não possui filial: 0;
- Possui filial: 1.

A Pergunta 14 (“Qual a maior dificuldade enfrentada no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos?”), trata-se de uma questão fechada com a possibilidade de assinalar mais de uma alternativa. Para a análise, atribuiu-se um valor numérico para cada dificuldade listada nas alternativas desta questão (Quadro 4).

Quadro 4 - Valor numérico dos tipos de dificuldades enfrentadas no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos

<b>Categorias - Tipo de Dificuldade</b>	<b>Não possui dificuldade (valor)</b>	<b>Possui dificuldade (valor)</b>
Logística reversa	0	1
Custo de reciclagem	0	1
Falta de mão de obra qualificada	0	1
Complexidade dos materiais	0	1
Falta de conscientização do público em relação ao descarte correto dos painéis	0	1

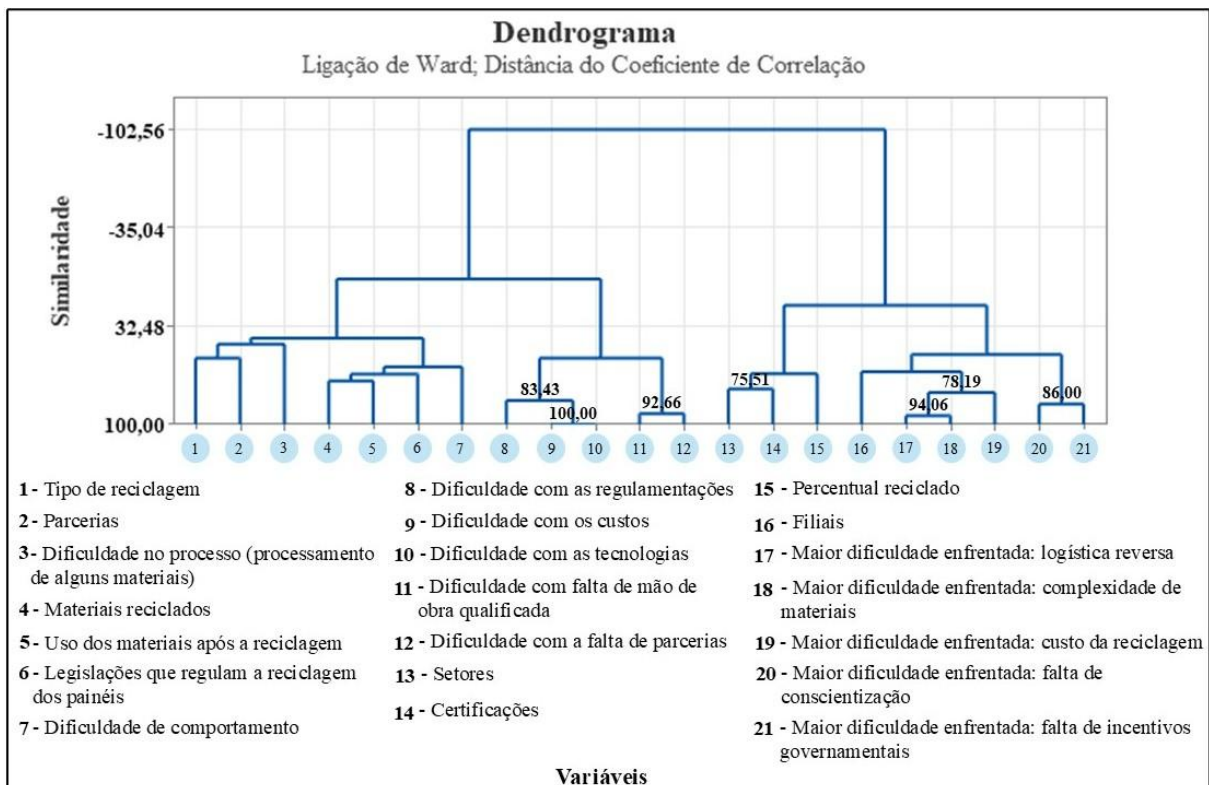
Cada empresa pôde relatar mais de uma dificuldade. Das 37 empresas consultadas, 11 responderam. As empresas que não forneceram resposta (“S/R”) também foram consideradas,

recebendo o valor correspondente à mediana calculada em cada categoria (Anexo D). Assim, ao analisar as empresas que responderam e a mediana das que não responderam (“S/R”), obtivemos os seguintes resultados:

Os dados indicam que a logística reversa é uma dificuldade para 33 empresas, evidenciando limitações relacionadas ao transporte e à coleta dos resíduos, o que corrobora o estudo de Choi e Fthenakis (2014). Além disso, 34 empresas apontaram que os custos envolvidos no processo de reciclagem representam um obstáculo significativo. A falta de mão de obra qualificada também foi mencionada, embora por um número menor de empresas, sendo citada por três respondentes. A complexidade dos materiais que compõem os painéis é um desafio para 32 empresas. A ausência de conscientização do público sobre o descarte adequado dos painéis fotovoltaicos foi relatada como um problema recorrente, mencionado por 33 empresas. A falta de parcerias impacta diretamente a viabilidade operacional do processo, sendo apontada por quatro empresas. Por fim, a ausência de incentivos governamentais surge como um entrave, sendo citada por 33 empresas, o que reforça a necessidade de políticas públicas específicas para fomentar a cadeia de reciclagem no setor fotovoltaico.

Desta forma, após esses critérios estabelecidos e dados transportados para o *Minitab 20*®, têm-se o seguinte Dendograma:

Figura 26 - Dendograma realizado através do software *Minitab 20*®



O dendrograma é um diagrama que representa visualmente os agrupamentos de observações e variáveis conforme seus níveis de similaridade. Este nível é medido ao longo do eixo vertical, enquanto as observações e variáveis são listadas no eixo horizontal. Foi utilizada a Ligação de *Ward*, cuja finalidade é fornecer agrupamentos com números equivalentes de observações e variáveis (Minitab, 2025).

Considerou-se apenas as similaridades acima de 75%. Assim, observa-se que os agrupamentos 9 e 10, que correspondem às dificuldade com os custos e dificuldade às tecnologias, apresentam uma similaridade de 100%. Este nível sugere que as empresas respondentes consideram esses dois aspectos como indistinguíveis, uma vez que para ter boas tecnologias é necessário altos investimentos. Esta percepção é coerente com o que diz a Comissão Europeia (2023), que destaca o alto investimento como o principal obstáculo para melhorar as taxas de recuperação na reciclagem dos painéis fotovoltaicos, devido ao uso de processos que utilizam tecnologia avançada.

A variável 8 refere-se à dificuldade com as regulamentações, possui uma similaridade de 83,43% com o agrupamento 9 e 10. A falta de políticas claras e regulamentos específicos para os painéis fotovoltaicos, geram incertezas operacionais e exigem adaptações tecnológicas constantes, elevando o custo da reciclagem (Gerold; Antrekowitsch, 2024).

O agrupamento 11 e 12, que abordam a dificuldade com a falta de mão de obra qualificada e dificuldade com a falta de parcerias, apresentam similaridade de 92,66%. Esses dados reforçam a afirmação de Farrel *et al.*, (2020) sobre a ausência de mão de obra preparada e parcerias estruturadas. O autor demonstra que esta barreira cria um ciclo de fragilidade operacional que limita o desenvolvimento do setor de reciclagem de painéis fotovoltaicos.

Outro agrupamento relevante é formado pelas variáveis 13 (setores) e 14 (certificações), com 75,51% de semelhança. O tipo de indústria que recebe a matéria-prima reciclada está intrinsecamente relacionado aos processos de certificações, uma vez que muitos setores estabelecem como critério contratual a existência de certificações. O relatório da SWECO (2023), demonstra que os clientes no setor da construção civil, passaram a exigir certificações e selos de conformidade técnica para validarem o uso de materiais reciclados em seus procesos e operarem com padrões rigorosos de desempenho e sustentabilidade.

A união dos agrupamentos 17 e 18, que tratam da logística reversa e da complexidade dos materiais, com – 94,06% de similaridade – e a variável 19 (custo da reciclagem), com – 78,19%, demonstram que as dificuldades logísticas e técnicas estão diretamente relacionadas ao aumento dos custos. O estudo de D'Ávila *et al.*, (2023) reforça a ideia de que as operações de logística reversa exigem estruturas robustas de transporte, manuseio e triagem especializada,

proporcionando encargos à cadeia de reciclagem, principalmente diante dos desafios impostos por itens volumosos e de difícil processamento. No entanto, Castanho, Spers e Farah (2006), já destacavam que os processos necessários para o tratamento e a reciclagem de resíduos industriais proporcionam custos altos, principalmente quando há variedade de materiais e técnicas mais elaboradas para a recuperá-los, demandando investimentos em equipamentos ou tecnologias que, posteriormente, são repassados ao custo final da reciclagem.

Por fim, o agrupamento 20 e 21, que abordam a falta de conscientização e falta de incentivos governamentais, apresentam 86% de similaridades. Isso destaca uma relação entre fatores culturais e governamentais. Segundo Bueno *et al.*, (2024) e López *et al.*, (2022), a falta de educação ambiental e de incentivos econômicos não apenas reduz a adesão social e a pressão por soluções, como também inviabiliza a infraestrutura de reciclagem. Portanto, políticas públicas que integrem capacitação em massa e suporte regulatório são essenciais para garantir a viabilidade econômica e a aceitação social do processo.

Em síntese, a análise dos agrupamentos do dendrograma da Figura 26 revela oportunidades de melhoria, incluindo a capacitação de pessoas e o fortalecimento de parcerias. Além disso, destaca as inter-relações entre variáveis, evidenciando que a otimização da logística reversa pode resultar na redução de custos e na facilitação da tomada de decisões estratégicas. O papel governamental se mostra crucial, pois a implementação de políticas de incentivo e conscientização pode impulsionar ainda mais a eficiência nos processos de reciclagem. Ademais, o desenvolvimento de novas tecnologias de reciclagem por meio de pesquisa e desenvolvimento (P&D) é essencial para que as empresas possam inovar e maximizar seus resultados. Assim, orienta as empresas a priorizarem investimentos em tecnologia e a colaborarem com iniciativas governamentais para potencializar a eficácia, rentabilidade e lucratividade de suas operações.

## 6. Conclusões

Os resultados desta pesquisa confirmam que, embora energia fotovoltaica seja fundamental para a transição energética, o grande volume de painéis gerados ao final do ciclo de vida, representa um desafio ambiental iminente, especialmente diante das projeções que indicam milhões de toneladas de resíduos até 2050. Com a análise das 37 empresas que compõem a amostra, compreendeu-se, de forma prática e abrangente, como a reciclagem ocorre no cenário destas companhias e quais fatores limitam sua consolidação.

Constatou-se que a reciclagem ainda é predominantemente seletiva. Vidro, alumínio e cobre, que juntos representam cerca de 88,5% do peso total dos painéis, são recuperados pela maioria das empresas (89%), devido à facilidade de processamento e ao valor econômico desses materiais. Em contrapartida, a baixa taxa de reciclagem de metais tóxicos, como o chumbo (35%), demonstra limitações tecnológicas e ausência de infraestrutura adequada para sua recuperação. Isso reforça a necessidade de avançar em tecnologias de reciclagem, políticas públicas e incentivos fiscais, para que as empresas efetivamente realizem o *upcycling* dos painéis fotovoltaicos, uma vez que esta pesquisa evidenciou que nem todos os materiais são de fato reciclados, revelando uma possível discrepância entre o discurso e a prática.

A análise também identificou desafios expressivos no campo regulatório e logístico. Embora existam legislações que incentivam a reciclagem, sua implementação ainda enfrenta barreiras relacionadas à falta de padronização normativa e custos elevados. A logística reversa se destaca como um dos principais gargalos econômicos, influenciada pela dispersão geográfica dos resíduos, pelo custo do transporte e pelas exigências de armazenamento seguro.

Esse resultado indica a necessidade de capacitação de profissionais e formação de alianças estratégicas que melhorem a eficiência dos processos de reciclagem. A qualificação técnica, aliada à cooperação entre empresas, governos, universidades e centros de pesquisa, podem acelerar a adoção de tecnologias de reciclagem mais eficazes e ampliar a competitividade do setor.

A análise estatística multivariada demonstrou a interdependência entre os fatores tecnológicos, logísticos e regulatórios, sugerindo que melhorias em um desses aspectos podem potencializar os outros. Avanços na logística podem reduzir custos totais e, nesse contexto, investimentos em tecnologia de logística reversa se destacam como uma área prioritária para as empresas. Governos também desempenham papel essencial ao induzir a logística reversa por meio de políticas públicas consistentes, desdobradas em legislações e regulamentações que

promovam padronização, rastreabilidade e responsabilidade compartilhada ao longo do ciclo de vida dos painéis.

Os achados desta pesquisa também dialogam com o artigo publicado pela autora no ENEGEP 2025 (Siqueira; Silva, 2025), que abordou a reciclagem de painéis fotovoltaicos e reforçou a urgência de superar lacunas tecnológicas, estruturais e regulatórias para consolidar a economia circular no setor. A convergência entre os resultados deste estudo e o trabalho publicado evidencia a relevância científica do tema e a necessidade de aprofundar o debate sobre políticas públicas, incentivos fiscais e inovações tecnológicas.

Como contribuição, este estudo amplia o conhecimento sobre o panorama da reciclagem de painéis fotovoltaicos, oferecendo dados empíricos que podem orientar as companhias de reciclagem e instituições de pesquisa. Entre as limitações, destaca-se a baixa taxa de resposta direta das empresas e a necessidade de complementação de dados com fontes secundárias, o que reflete um problema estrutural do setor: a escassez de informações padronizadas e acessíveis.

Sugere-se que pesquisas futuras explorem comparações entre tecnologias de reciclagem, a viabilidade da reciclagem completa de metais críticos e o impacto de modelos de logística reversa adaptados às realidades regionais. Espera-se que os resultados apresentados contribuam para a construção de uma cadeia de reciclagem mais eficiente, segura e alinhada aos princípios da economia circular, fortalecendo o papel da energia solar como protagonista de um futuro verdadeiramente sustentável.

## Referências

- 9TECH. Disponível em: <https://www.9tech.it/?lang=en>. Acesso em: 30 ago. 2024.
- ABSOLAR - **Brasil é 6º colocado no ranking global de energia solar de 2024**. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/noticia/brasil-e-6o-colocado-no-ranking-global-de-energia-solar-de-2024/>. Acesso em: 08 mai. 2025.
- AGBO, F. J. et al. Scientific production and thematic breakthroughs in smart learning environments: a bibliometric analysis. **Smart Learning Environments**, v. 8, n. 1, 15 jan. 2021.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Brasil alcança a marca de 6.5 GW em 2024 com 183 novas usinas. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2024/brasil-alcanca-a-marca-de-6-5-gw-em-2024-com-183-novas-usinas>. Acesso em: 18 ago. 2024.
- AL KEYYAM, I. et al. A new solar atmospheric water harvesting integrated system using CPV/T – Stirling engine – Absorption cooling cycle and vapor compression refrigeration cycle. **International Journal of Energy Research**, 24 maio 2021.
- ALI, A. et al. Policies and regulations for solar photovoltaic end-of-life waste management: Insights from China and the USA. **Chemosphere**, v. 340, p. 139840, 1 nov. 2023.
- ALI, A. et al. Solar Photovoltaic Module End-of-Life Waste Management Regulations: International Practices and Implications for the Kingdom of Saudi Arabia. **Sustainability**, v. 16, n. 16, p. 7215, 2024.
- ALI, A. et al. Solar PV End-of-Life Waste Recycling: An Assessment of Mechanical Recycling Methods and Proposed Hybrid Laser and High Voltage Pulse Crushing Method. **Resources**, v. 13, n. 12, p. 169–169, 29 nov. 2024.
- ANDRADE, Maria Margarida de. Como preparar trabalhos para cursos de pós-graduação: noções práticas. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- ARTAS, S. B. et al. Why PV panels must be recycled at the end of their economic life span? A case study on recycling together with the global situation. **Chemical Engineering Research & Design**, v. 174, p. 63–78, 1 mar. 2023.
- BADRAN, G.; LAZAROV, V. K. From Waste to Resource: Exploring the Current Challenges and Future Directions of Photovoltaic Solar Cell Recycling. **Solar**, v. 5, n. 1, p. 4–4, 11 fev. 2025.
- BAKKE, H. A.; LEITE, A. S. DE M.; SILVA, L. B. DA. ESTATÍSTICA MULTIVARIADA: APLICAÇÃO DA ANÁLISE FATORIAL NA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. **Revista Gestão Industrial**, v. 4, n. 4, 1 dez. 2008.
- BARROS, L. F. de O., LEITE, M. J. de H., PINTO, A. de V. F., PEITER, A. S., BRANDÃO, C. F. L. e S., FREITAS, G. P. de, OLIVEIRA, A. C. N., & LIMA, T. B. (2023). Impactos socioambientais da energia solar fotovoltaica no município de Maceió-AL. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, 21(7), 6571–6590.
- BAKKE, H. A.; LEITE, A. S. DE M.; SILVA, L. B. DA. Estatística Multivariada: Aplicação da Análise Fatorial na Engenharia de Produção. **Revista Gestão Industrial**, v. 4, n. 4, 1 dez. 2008.
- BBC NEWS. **Organic solar cells set “remarkable” energy record**. [2018]. Disponível em: <https://www.bbc.com/news/science-environment-45132427>. Acesso em: 29 ago. 2024.
- BOŠNJAKOVIĆ, M. et al. The End of Life of PV Systems: Is Europe Ready for It?

**Sustainability**, v. 15, n. 23, p. 16466, 1 jan. 2023.

BRASIL. Projeto de Lei n. 3.784/2023. **Senado Federal**. Disponível em: <<https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/158987>>. Acesso em: 28 fev. 2025.

BRASIL. Projeto de Lei n. 998/2024. **Portal da Câmara dos Deputados**. Disponível em: <<https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2423751>>. Acesso em: 28 fev. 2025.

BUENO, P. T. et al. Promoting sustainability in the solar industry: bibliometric and systematic analysis of alternatives for the end-of-life of photovoltaic modules. **Discover Sustainability**, v. 5, n. 1, 9 jul. 2024.

BULIŃSKA, S.; SUJAK, A.; PYZALSKI, M. Sustainable Management of Photovoltaic Waste Through Recycling and Material Use in the Construction Industry. **Materials**, v. 18, n. 2, p. 284, 10 jan. 2025.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Projeto cria política para incentivar reciclagem de painéis fotovoltaicos**. Brasília, DF, 25 jun. 2024. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/1049829-projeto-cria-politica-para-incentivar-reciclagem-de-paineis-fotovoltaicos/>. Acesso em: 11 jul. 2024.

CAMPOS, A. L. P. S. et al. Investigação experimental da geração de energia elétrica solar fotovoltaica. **HOLOS**, v. 3, p. 82, 21 set. 2010.

CANAL SOLAR. **Elera Renováveis conclui expansão do Complexo Solar Janaúba**. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/elera-renovaveis-complexo-solar-janauba/>. Acesso em: 28 abr. 2025.

CASTANHO, S. C. R.; SPERS, E. E.; FARAH, O. E. Custos e benefícios para o consumidor na ação da reciclagem. **RAM, Rev. Adm. Mackenzie** 7, [s. l.], 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ram/a/J9hH64kqQGYgG6zkbXBC5Ps/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 23 set. 2025.

CHOI, J. K.; FTHENAKIS, V. Crystalline silicon photovoltaic recycling planning: macro and micro perspectives. **Journal of Cleaner Production**, v. 66, p. 443–449, mar. 2014.

COMISSÃO EUROPEIA. **Relatório da comissão ao parlamento europeu e ao conselho Progressos em matéria de competitividade das tecnologias de energia limpa**, out. 2023 Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52023DC0652>>. Acesso em: 20 ago. 2025.

CZAJKOWSKI, A. et al. Prediction of the Market of End-of-Life Photovoltaic Panels in the Context of Common EU Management System. **Energies**, v. 16, n. 1, p. 284, 27 dez. 2022.

D'ÁVILA, A. L. M. *et al.* Barreiras à logística reversa (LR) e estruturação de canais reversos (CR): Uma revisão da literatura. **ENGEMA XXV**, [s. l.], 2023. Disponível em: <https://engemausp.submissao.com.br/25/anais/arquivos/619.pdf?v=1764514641>. Acesso em: 16 set. 2025.

DIAS, P.; VEIT, H. M. Recycling Crystalline Silicon Photovoltaic Modules. p. 61–102, 3 dez. 2018.

DINIZ, M. A. P. Descarte de painéis solares no contexto de consolidação do mercado fotovoltaico brasileiro e mundial. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/50448>. Acesso em: 9 jun. 2024.

DIVYA, A. et al. Review on recycling of solar modules/panels. **Solar Energy Materials and**

**Solar Cells**, v. 253, p. 112151, maio 2023.

DONI, A.; DUGHERO, F. Processo de aquecimento eletrotérmico aplicado à reciclagem de energia fotovoltaica de c-Si. In: 2012 **38th IEEE Photovoltaic Specialists Conference**, Austin, TX, EUA, 2012. p. 000757-000762. DOI: 10.1109/PVSC.2012.6317715.

ELECSOME. Disponível em: <https://elecsome.com/index.php>. Acesso em: 30 ago. 2024.

ELY, F.; SWART, J. Energia solar fotovoltaica de terceira geração. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.ieee.org.br/wp-content/uploads/2014/05/energia-solar-fotovoltaica-terceira-geracao.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2024.

Energy Procedia | Journal | ScienceDirect.com by Elsevier. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/journal/energy-procedia>>. Acesso em: 21 jul. 2024.

ESFAHANI, H.; TAVASOLI, K.; JABBARZADEH, A. Big data and social media: A scientometrics analysis. **International Journal of Data and Network Science**, v. 3, p. 145–164, 2019.

FARRELL, C. C. et al. Technical challenges and opportunities in realising a circular economy for waste photovoltaic modules. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 128, ago. 2020.

FERRARI, Alonso Trujillo. **Metodologia da pesquisa científica**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1982.

FIELDS, Jeremy D. et al. The formation mechanism for printed silver-contacts for silicon solar cells. **Nature communications**, v. 7, n. 1, p. 11143, 2016.

FINGER, D. **UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELÉTRICA CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <[https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/29479/1/PB\\_COELT\\_2019\\_2\\_07.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/29479/1/PB_COELT_2019_2_07.pdf)>.

FINK, A. **How to conduct surveys: a step-by-step guide**. 6. ed. Los Angeles: Sage Publications, 2017.

FREITAS, H; et al. O método de pesquisa survey. *Revista da Administração*, v. 35, n. 3, p. 105-112, 2000.

FORZA, C. Survey research in operations management: a process-based perspective. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, p. 152–194, fev. 2002.

FTHENAKIS, V. M. End-of-life management and recycling of PV modules. **Energy Policy**, v. 28, n. 14, p. 1051–1058, nov. 2000.

GEROLD, E.; ANTREKOWITSCH H. Advancements and Challenges in Photovoltaic Cell Recycling: A Comprehensive Review. **Sustainability**, v. 16, n. 6, p. 2542–2542, 20 mar. 2024.

GHIZONI, J. Sistemas fotovoltaicos: estudo sobre reciclagem e logística reversa para o Brasil. 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/176163/TCC%20-%20JoanaPauliGhizoni.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 15 ago. 2024.

GIL, Antônio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GONG, J.; DARLING, S. B.; YOU, F. Perovskite photovoltaics: life-cycle assessment of energy and environmental impacts. **Energy & Environmental Science**, v. 8, n. 7, p. 1953–

1968, 2015.

GRAPHENEA. Graphene-Perovskite solar cells exceed 18% efficiency. Disponível em: <https://www.graphenea.com/blogs/graphene-news/graphene-perovskite-solar-cells-exceed-18-efficiency-1>. Acesso em: 18 ago. 2024.

GUO, J. et al. An overview of the comprehensive utilization of silicon-based solid waste related to PV industry. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 169, p. 105450, 1 jun. 2021.

HAGELÜKEN, C., CORTI, C. W. Reciclagem de ouro de eletrônicos: uso econômico por meio do "Design para Reciclagem". **Gold Bull** 43, 209–220 (2010). <https://doi.org/10.1007/BF03214988>

HAN, JIAWEI; KAMBER, MICHELINE; PEI, JIAN. **Data Mining Third Edition**. Disponível em: <<https://myweb.sabanciuniv.edu/rdehkharghani/files/2016/02/The-Morgan-Kaufmann-Series-in-Data-Management-Systems-Jiawei-Han-Micheline-Kamber-Jian-Pei-Data-Mining.-Concepts-and-Techniques-3rd-Edition-Morgan-Kaufmann-2011.pdf>>.

HOU, G. et al. Life cycle assessment of grid-connected photovoltaic power generation from crystalline silicon solar modules in China. **Applied Energy**, v. 164, p. 882–890, fev. 2016.

IEA-PVPS; EPRI. **Advances in Photovoltaic Module Recycling: Literature Review and Update to Empirical Life Cycle Inventory Data and Patent Review**. N. T12-28. [S. l.]: IEA-PVPS; EPRI, jun. 2024. Disponível em: [https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2024/06/IEA-PVPS-T12-28-2024-Report-PV-Recycling-LCI\\_EPRI.pdf](https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2024/06/IEA-PVPS-T12-28-2024-Report-PV-Recycling-LCI_EPRI.pdf). Acesso em: 22 ago. 2024.

IEA-PVPS. **End-of-Life Management of Photovoltaic Panels: Trends in PV Module Recycling Technologies** [S. l.]: IEA-PVPS, jan. 2020. Disponível em: [https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/01/End\\_of\\_Life\\_Management\\_of\\_Photovoltaic\\_Panels\\_Trends\\_in\\_PV\\_Module\\_Recycling\\_Technologies\\_by\\_task\\_12.pdf](https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/01/End_of_Life_Management_of_Photovoltaic_Panels_Trends_in_PV_Module_Recycling_Technologies_by_task_12.pdf). Acesso em: 26 ago. 2024.

IEA-PVPS. **Status of PV Module Recycling in Selected IEA-PVPS Task 12 Countries**. N. T12-24. [S. l.]: IEA-PVPS, set. 2022. Disponível em: [https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2022/09/Report-IEA-PVPS-T12-24\\_2022\\_Status-of-PV-Module-Recycling.pdf](https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2022/09/Report-IEA-PVPS-T12-24_2022_Status-of-PV-Module-Recycling.pdf). Acesso em: 29 ago. 2024.

IEA. **Special report on solar PV global supply chains**. Paris: IEA, ago. 2022. Disponível em: [https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2022/08/special-report-on-solar-pv-global-supply-chains\\_f884fe79/9e8b0121-en.pdf](https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2022/08/special-report-on-solar-pv-global-supply-chains_f884fe79/9e8b0121-en.pdf). Acesso em: 18 ago. 2024.

IMHOFF, Johninson. Desenvolvimento de conversores estáticos para sistemas fotovoltaicos autônomos. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

IRENA. **Country Rankings**. [2024]. Disponível em: <https://www.irena.org/Data/View-data-by-topic/Capacity-and-Generation/Country-Rankings>. Acesso em: 24 ago. 2024.

IRENA. **Renewable Capacity Statistics 2024**. Abu Dhabi: IRENA, 2024. Disponível em: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Mar/IRENA\\_RE\\_Capacity\\_Highlights\\_2024.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Mar/IRENA_RE_Capacity_Highlights_2024.pdf). Acesso em: 19 jun. 2024.

ISHERWOOD, P. J. M. Reshaping the module: The path to comprehensive photovoltaic panel recycling. **Sustainability**, v. 14, n. 3, p. 1676, 1 fev. 2022.

JABBOUR, C. J. C.; SANTOS, F. C. A. Desenvolvimento de produtos sustentáveis: o papel da gestão de pessoas. **Revista de Administração Pública**, v. 41, n. 2, p. 283–307, abr. 2007.

JAVED, W. et al. Characterization of dust accumulated on photovoltaic panels in Doha, Qatar.

**Solar Energy**, v. 142, p. 123–135, jan. 2017.

JÚLIO, E. F. X.; DIAS, S. L. P. Aplicações da energia solar em comunidades carentes e rurais no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Energia Solar**, [s. l.], 2022.

JUNG, B. et al. Sustainable system for raw-metal recovery from crystalline silicon solar panels: From noble-metal extraction to lead removal. **ACS Sustainable Chemistry & Engineering**, v. 4, n. 8, p. 4079–4083, 13 jul. 2016.

KARASU, B. et al. Cam Güneş Panelleri: Bir Derleme. **European Journal of Science and Technology**, 2 nov. 2020.

KEMPE, M. et al. Survey of mechanical durability of PV backsheets. In: 2017 **IEEE 44th Photovoltaic Specialist Conference (PVSC)**, 1 jun. 2017.

KHALIFA, M. et al. Poly (vinylidene fluoride)/Mica nanocomposite: A potential material for photovoltaic backsheet application. **Materials Chemistry and Physics**, v. 277, p. 125551–125551, 1 fev. 2022.

KLUGMANN-RADZIEMSKA, E.; KUCZYŃSKA-ŁĄŻEWSKA, A. The use of recycled semiconductor material in crystalline silicon photovoltaic modules production - A life cycle assessment of environmental impacts. **Solar Energy Materials and Solar Cells**, v. 205, p. 110259, fev. 2020.

KOHLBECK, E. et al. Praticidade e sustentabilidade no processo metodológico de pré-desenvolvimento de produtos. **DAPesquisa**, v. 15, p. 01-24, 7 abr. 2020.

KREBS, Robert E. The history and use of our Earth's chemical elements: a reference guide. Westport: Greenwood Press, 2006.

KUMARI, Neha; SINGH, Sanjay Kumar; KUMAR, Sanjay. A comparative study of different materials used for solar photovoltaics technology. **Materials Today: Proceedings**, v. 66, p. 3522-3528, 2022.

LATUNUSSA, C. E. L. et al. Life cycle assessment of an innovative recycling process for crystalline silicon photovoltaic panels. **Solar Energy Materials and Solar Cells**, v. 156, p. 101–111, nov. 2016.

LEANDRO, F. S. Análise do ciclo de vida de quatro diferentes tecnologias de aproveitamento de energia solar para produção de energia elétrica para Poços de Caldas - MG. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia de Energia) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2019.

LEE, J. S. et al. Development of new device and process to recover valuable materials from spent solar module. **Key Engineering Materials**, v. 780, p. 48–56, set. 2018.

LI, Z. et al. Cost analysis of perovskite tandem photovoltaics. **Joule**, v. 2, n. 8, p. 1559–1572, ago. 2018.

LÓPEZ, D. A. H., et al. Does recycling solar panels make this renewable resource sustainable? Evidence supported by environmental, economic, and social dimensions. **Sustainable Cities and Society**, v. 77, p. 103539, fev. 2022.

MAMBRINI, Vitor Vazgauska. Reciclagem de painéis solares fotovoltaicos no Brasil: aspectos técnicos, econômicos, regulatórios e socioambientais. 2020. [s. l.]. [s. n.]. Disponível em: <https://bdta.abcd.usp.br/directbitstream/540a4a58-2e91-4a90-8190-b635e3882e1a/VitorVazgauskaMambrini.pdf>. Acesso em: 10 set. 2024.

MAO, D. et al. Overview of life cycle assessment of recycling end-of-life photovoltaic panels:

A case study of crystalline silicon photovoltaic panels. **Journal of Cleaner Production**, v. 434, p. 140320–140320, 1 jan. 2024.

MARQUEZ, K. S. G. Um elemento de grande importância desde a idade da pedra. Disponível em: <https://crqsp.org.br/elementos-quimicos-silicio/#:~:text=Sua%20colora%C3%A7%C3%A3o%20%C3%A9%20cinza%20escuro,s%C3%A3o%3A%20sil%C3%ADcio%20amorfo%20e%20cristalino>. Acesso em: 15 ago. 2024.

MARSCHLICH, S.; HURTADO, E. The effect of third-party certifications on corporate social responsibility communication authenticity and credibility. **Corporate Communications: An International Journal**, v. 30, n. 7, p. 1–20, 9 jan. 2025.

MAYER, M. J.; SZILÁGYI, A.; GRÓF, G. Environmental and economic multi-objective optimization of a household level hybrid renewable energy system by genetic algorithm. **Applied Energy**, v. 269, p. 115058, 1 jul. 2020.

MELLO, A. B. Estudo sobre a reciclagem de painéis fotovoltaicos. 2020. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2020. Disponível em: [https://repositorio.unifei.edu.br/jspui/bitstream/123456789/3092/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o\\_2022030.pdf](https://repositorio.unifei.edu.br/jspui/bitstream/123456789/3092/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o_2022030.pdf). Acesso em: 18 ago. 2024.

MELO, Priscilla Kadja Pontes de. Montagem e caracterização de células solares fotovoltaicas de TiO<sub>2</sub>. 2016. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

MESQUITA, D. DE B. et al. A review and analysis of technologies applied in PV modules. In: 2019 **IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference - Latin America (ISGT Latin America)**, set. 2019.

MINEIRO, M. PESQUISA DE SURVEY E AMOSTRAGEM: APORTES TEÓRICOS ELEMENTARES. **Revista de Estudos em Educação e Diversidade - REED**, v. 1, n. 2, p. 284–306, 31 dez. 2020.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

Minitab. **Insira seus dados para Agrupamento de observações**. Disponível em: <https://support.minitab.com/pt-br/minitab/help-and-how-to/statistical-modeling/multivariate/how-to/cluster-observations/perform-the-analysis/enter-your-data/>. Acesso em: 15 maio. 2025.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Minerais são protagonistas na construção de placas solares**. Brasília, DF, [2023]. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/minerais-sao-protagonistas-na-construcao-de-placas-solares#:~:text=O%20sil%C3%ADcio%20e%20o%20alum%C3%ADnio,na%20constru%C3%A7%C3%A3o%20das%20placas%20solares>. Acesso em: 25 ago. 2024.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, DF, 25 jul. 2016. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos.html>. Acesso em: 25 ago. 2024.

MONTEIRO, A. M.; KOTLÍK, J.; PAPIREK, J. Viabilidade socioeconômica e ambiental de plantas de reciclagem de painéis fotovoltaicos após o término da vida útil no Brasil. In: **Anais do 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Química**, 2021, Gramado. Disponível em: <https://proceedings.science/cobeq/cobeq-2021/trabalhos/viabilidade-socioeconomica-e-ambiental-de-plantas-de-reciclagem-de-paineis-fotov?lang=pt-br>. Acesso em: 15 mai. 2025.

MUGNAINI, R. A bibliometria na exploração de bases de dados: a importância da Linguística.

10 dez. 2002. Acesso em: 7 jul. 2024.

MUTERI, V. et al. Review on life cycle assessment of solar photovoltaic panels. **Energies**, v. 13, n. 1, p. 252, 3 jan. 2020.

NAIN, P.; KUMAR, A. Understanding metal dissolution from solar photovoltaics in MSW leachate under standard waste characterization conditions for informing end-of-life photovoltaic waste management. **Waste Management**, v. 123, p. 97–110, mar. 2021.

NDALLOKA et al. Solar photovoltaic recycling strategies. **Solar Energy**, v. 270, p. 112379–112379, 1 mar. 2024.

OLIVEIRA, M. C. C. DE et al. The causes and effects of degradation of encapsulant ethylene vinyl acetate copolymer (EVA) in crystalline silicon photovoltaic modules: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 81, p. 2299–2317, jan. 2018.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustentavel>. Acesso em: 09 jun. 2024.

PASCUAL, J. et al. Long-term degradation rate of crystalline silicon PV modules at commercial PV plants: An 82-MWp assessment over 10 years. **Progress in Photovoltaics: Research and Applications**, v. 29, n. 12, p. 1294–1302, 3 ago. 2021.

PASTUSZAK, J.; WEĞIEREK, P. Photovoltaic cell generations and current research directions for their development. **Materials**, v. 15, n. 16, p. 5542, 12 ago. 2022.

PRADO, Pedro Forastieri de Almeida. **Reciclagem de painéis fotovoltaicos e recuperação de metais**. 2018. Tese de Doutorado – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

PREET, S.; SMITH, S. T. A comprehensive review on the recycling technology of silicon based photovoltaic solar panels: Challenges and future outlook. **Journal of Cleaner Production**, p. 141661–141661, 1 mar. 2024.

PUPIN, P. C. **Avaliação dos impactos ambientais da produção de painéis fotovoltaicos através de análise de ciclo de vida**. Disponível em: <repositorio.unifei.edu.br>. Acesso em: 1 fev. 2019.

RAPHAEL, E. et al. Células solares de perovskitas: uma nova tecnologia emergente. **Química Nova**, 2017.

RATHORE, N. et al. A comprehensive review of different types of solar photovoltaic cells and their applications. **International Journal of Ambient Energy**, v. 42, n. 10, p. 1–18, 11 mar. 2019.

RATHORE, N.; PANWAR, N. L. Strategic overview of management of future solar photovoltaic panel waste generation in the Indian context. **Waste Management Research**, v. 40, p. 504–518, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0734242X211003977>.

RAUPP, Fabiano Maury; BEUREN, Ilse Maria. Metodologia da pesquisa aplicável às ciências. **Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática**. São Paulo: Atlas, p. 76-97, 2006.

RIBEIRO, F. DE M.; KRUGLIANSKAS, I. Principles of environmental regulatory quality: a synthesis from literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 96, p. 58–76, jun. 2015.

RIBEIRO, L. C. DE S. *et al.* Aspectos econômicos e ambientais da reciclagem: um estudo exploratório nas cooperativas de catadores de material reciclável do Estado do Rio de Janeiro. **Nova Economia**, v. 24, p. 191–214, 2014.

RINOVA SOLAR. Disponível em: <https://www.rinovasol.com/>. Acesso em: 30 ago. 2024.

- SAH, D. N.; CHITRA; KUMAR, S. Investigation and recovery of copper from waste silicon solar module. **Materials Chemistry and Physics**, v. 296, p. 127205–127205, 1 fev. 2023.
- SAH, D.; KUMAR, S. Experimental, cost and waste analysis of recycling process for crystalline silicon solar module. **Solar Energy**, v. 273, p. 112534–112534, 1 maio 2024.
- SANTOS, G. G., NETO, J. C. L., MOTA, S. C. Ecodesign e desenvolvimento sustentável: nova abordagem para a elaboração de produtos. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 11, n. 28, p. 937–947, 31 ago. 2024.
- SAWANT, P. et al. Recycling methods for crystalline silicon solar panels. 17 mar. 2023.
- SAYÃO, L. F. Bases de dados: a metáfora da memória científica. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 23, n. 3, p. 314-318, 1996.
- SECPower. **Energia Solar Fotovoltaica**. [S. l.], [2024]. Disponível em: <https://secpower.com.br/energia-solar-fotovoltaica/>. Acesso em: 06 ago. 2024.
- SHARMA, A.; MAHAJAN, P.; GARG, R. End-of-life solar photovoltaic panel waste management in India: forecasting and environmental impact assessment. 7 maio 2023.
- SHARMA, A.; PANDEY, S.; KOLHE, M. Global review of policies & guidelines for recycling of solar PV modules. **International Journal of Smart Grid and Clean Energy**, p. 597–610, 2019.
- SHUKLA, A. et al. Cooling methodologies of photovoltaic module for enhancing electrical efficiency: A review. **Solar Energy Materials and Solar Cells**, v. 160, p. 275–286, fev. 2017.
- SILLA, C. N.; FREITAS, A. A. A survey of hierarchical classification across different application domains. **Data Mining and Knowledge Discovery**, v. 22, n. 1-2, p. 31–72, 7 abr. 2010.
- SINGH, B. P.; GOYAL, S. K.; KUMAR, P. Solar PV cell materials and technologies: Analyzing the recent developments. **Materials Today: Proceedings**, v. 43, p. 2843–2849, 2021.
- SIQUEIRA, N. G. G.; SILVA, C. E. S. **Reciclagem de painéis fotovoltaicos de primeira geração**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – ENEGEP, 2025. Anais ABEPRO, 2025. DOI: 10.14488/ENEGEP2025\_TN\_ST\_432\_2122\_50029.
- SISTINE SOLAR. What Are Thin-Film Solar Panels? [S. l.], [2024]. Disponível em: <https://sistinesolar.com/thin-film-solar-panels/>. Acesso em: 10 set. 2024.
- SOLUCCIONA. Disponível em: <http://solucciona.com/>. Acesso em: 30 ago. 2024.
- SONG, Z. et al. A techno-economic analysis of perovskite solar module manufacturing with low-cost materials and techniques. **Energy & Environmental Science**, v. 10, n. 6, p. 1297–1305, 2017.
- SOUZA, V.; FIGUEIREDO, A. M. R.; ESPEJO, M. M. dos S. Challenges and strategies for managing end-of-life photovoltaic equipment in Brazil: Learning from international experience. **Energy Policy**, v. 188, p. 114091–114091, 1 maio 2024.
- STATISTA. **Annual solar module manufacturing globally**. In: Statista. [S. l.], [2023]. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/668764/annual-solar-module-manufacturing-globally/>. Acesso em: 18 ago. 2024.
- STOPPATO, A. Life cycle assessment of photovoltaic electricity generation. **Energy**, v. 33, n. 2, p. 224–232, fev. 2008.

SUNR. Disponível em: <https://sunr.com.br>. Acesso em: 30 ago. 2024.

SWECO | Analysis of Aggregates Market in Ireland Analysis of Aggregates Market in Ireland In support of the development of National End-of-Waste Criteria Client: Environmental Protection Agency. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.epa.ie/publications/licensing--permitting/waste/SWECO-2023-Analysis-of-Aggregates-Market-in-Ireland.pdf>>.

TAO, J.; YU, S. Review on feasible recycling pathways and technologies of solar photovoltaic modules. **Solar Energy Materials and Solar Cells**, v. 141, p. 108–124, out. 2015.

TAO, M. et al. Major challenges and opportunities in silicon solar module recycling. **Progress in Photovoltaics: Research and Applications**, v. 28, n. 10, p. 1077–1088, 22 jul. 2020.

TRIVEDI, Harish Kumar; MESHARAM, Arunabh; GUPTA, Rajeev. Removal of encapsulant Ethylene-vinyl acetate (EVA) from solar cells of photovoltaic modules (PVMs). **Materials Today: Proceedings**, 2023.

TRIVIÑOS, Augusto N. S. Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1987.

TSANAKAS, J. A. et al. Towards a circular supply chain for PV modules: Review of today's challenges in PV recycling, refurbishment and re-certification. **Progress in Photovoltaics: Research and Applications**, v. 28, n. 6, p. 454–464, 11 set. 2019.

UFMG. **Você sabe o que é índice H? A gente te conta!**. In: UFMG Periódicos. [S. l.], [2017]. Disponível em: <https://www.ufmg.br/periodicos/voce-sabe-o-que-e-indice-h-a-gente-te-conta/>. Acesso em: 18 jul. 2024.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA. **End-of-Life Solar Panels: Regulations and Management**. Washington, D.C., [2023]. Disponível em: <https://www.epa.gov/hw/end-life-solar-panels-regulations-and-management>. Acesso em: 10 set. 2024.

VILLALVA, M. G. **Energia solar fotovoltaica: Conceitos e aplicações**. 2. ed. rev. e atual. [S. l.]: Érica, 2012. ISBN 8536514892.

WAHMAN, M. et al. PV back sheet recovery from c-Si modules using hot knife technique. **Solar Energy Materials and Solar Cells**, v. 276, p. 113067–113067, 1 out. 2024.

WAINER, Jacques et al. Métodos de pesquisa quantitativa e qualitativa para a Ciência da Computação. **Atualização em informática**, v. 1, n. 221-262, p. 32-33, 2007.

WEI, G. et al. Review of c-Si PV module recycling and industrial feasibility. **EES solar.**, 1 jan. 2025.

WORMELL, I. Informatria: explorando bases de dados como instrumentos de análise. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 210-216, 1998.

XAVIER, J. M. de A. Tecnologias de reciclagem de painéis fotovoltaicos. 2024. 100 f. **Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente)** – Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2024. Disponível em: [https://repositorio.ulisboa.pt/bitstream/10400.5/97896/1/TM\\_Jo%c3%a3o\\_Xavier.pdf](https://repositorio.ulisboa.pt/bitstream/10400.5/97896/1/TM_Jo%c3%a3o_Xavier.pdf). Acesso em: 09 maio 2025.

XIA, S.; YANG, Y.; JESSIE. How to tackle the looming challenge of solar PV panel recycling. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 122, n. 27, 2 jul. 2025.

XU, X. et al. A systematically integrated recycling and upgrading technology for waste crystalline silicon photovoltaic module. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 182, p.

106284, jul. 2022.

XU, Y. et al. Global status of recycling waste solar panels: A review. **Waste Management**, v. 75, p. 450–458, maio 2018.

YI, Y. K. et al. Recovering valuable metals from recycled photovoltaic modules. **Journal of the Air & Waste Management Association**, v. 64, n. 7, p. 797–807, 7 mar. 2014.

YU, H. F. et al. Global Challenges and Prospects of Photovoltaic Materials Disposal and Recycling: A Comprehensive Review. **Sustainability**, v. 14, n. 14, p. 8567, 13 jul. 2022.

ZAGROUBA, M. et al. Identification of PV solar cells and modules parameters using the genetic algorithms: Application to maximum power extraction. **Solar Energy**, v. 84, n. 5, p. 860–866, maio 2010.

ZHANG, Y.; WANG, Z.; SHANG, J. **ClusterLLM: Large Language Models as a Guide for Text Clustering**. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2305.14871>. Acesso em: 15 maio 2025.

ZIRAS, C.; CALEARO, L.; MARINELLI, M. The effect of net metering methods on prosumer energy settlements. **Sustainable Energy, Grids and Networks**, v. 27, p. 100519, set. 2021.

## ANEXOS

### ANEXO A - Artigos selecionados para análise qualitativa

Autor	DOI	Resumo
Huang, B. <i>et al.</i>	<a href="https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158910">https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158910</a>	<p><b>Título: Análise do custo do ciclo de vida da energia solar por meio da monetização das externalidades ambientais</b></p> <p>Propõe-se, neste artigo, realizar uma análise sobre como monetizar os impactos ambientais gerados pela energia solar em comparação com a geração de energia proveniente do carvão na China. O estudo sugere que políticas de incentivo econômico sejam implementadas para apoiar empresas que produzem painéis fotovoltaicos com menor impacto ambiental, e que a metodologia de monetização proposta possa servir como base para resolver as disputas econômicas relacionadas a problemas ambientais.</p>
Xu, X. <i>et al.</i>	<a href="https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106284">https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106284</a>	<p><b>Título: Uma tecnologia sistematicamente integrada de reciclagem e aprimoramento para módulos fotovoltaicos de silício cristalino descartados</b></p> <p>O artigo propõe uma técnica para regenerar células solares de silício cristalino, combinando processos sequenciais de recuperação não destrutiva, pré-purificação de wafers, ultra purificação em uma única etapa e texturização. Este estudo tem como objetivo ultrapassar os obstáculos referentes à gestão de painéis fotovoltaicos no final do seu ciclo de vida, juntamente com a falta de matérias-primas. Seu intuito é fomentar o processo da recuperação dos wafers inteiramente puros e íntegros feitos em silício.</p>
Li, T., Roskilly, A. P. e Wang Y.	<a href="https://doi.org/10.1016/j.penergy.2017.07.021">https://doi.org/10.1016/j.penergy.2017.07.021</a>	<p><b>Título: Avaliação da sustentabilidade do ciclo de vida da geração de energia fotovoltaica conectada à rede: um estudo de caso do nordeste da Inglaterra</b></p> <p>Os autores propõem um modelo amplo de avaliação de sustentabilidade para sistemas de painéis fotovoltaicos, focando em três tipos de sistemas: CdTe, policristalino e monocristalino. A pesquisa apontou o CdTe como a pior opção em termos de sustentabilidade, enquanto o sistema policristalino se destaca como a escolha mais sustentável em todas as categorias avaliadas.</p>
Luo, W. <i>et al.</i>	<a href="https://doi.org/10.1016/j.solmat.2017.08.040">https://doi.org/10.1016/j.solmat.2017.08.040</a>	<p><b>Título: Uma avaliação comparativa do ciclo de vida da geração de eletricidade fotovoltaica em Singapura por meio de tecnologias de silício multicristalino</b></p> <p>Neste artigo, é realizada uma análise comparativa do ciclo de vida da produção de energia elétrica através das tecnologias fotovoltaicas em Cingapura. Em particular, foram utilizadas várias técnicas empregando células fotovoltaicas multicristalinas tipo p à base de silício. Os autores analisam toda a cadeia de valor da energia solar, desde a extração da areia de sílica até a instalação do sistema fotovoltaico.</p>
Hou, G. <i>et al.</i>	<a href="https://doi.org/10.1016/j.penergy.2015.11.023">https://doi.org/10.1016/j.penergy.2015.11.023</a>	<p><b>Título: Avaliação do ciclo de vida da geração de energia fotovoltaica conectada à rede a partir de módulos solares de silício cristalino na China</b></p> <p>O artigo sugere uma avaliação do ciclo de vida (ACV) da geração de energia fotovoltaica conectada à rede, utilizando painéis fotovoltaicos de silício cristalino na China. O estudo ressalta a relevância de considerar todas as fases do ciclo de vida dos sistemas fotovoltaicos, desde a extração do quartzo até a produção do silício metalúrgico e</p>

		fabricação das células e painéis, bem como o descarte desses sistemas ao final da sua utilidade.
Sah, D. e Kumar, S.	<a href="https://doi.org/10.1016/j.solener.2024.112534">https://doi.org/10.1016/j.solener.2024.112534</a>	<b>Título: Análise experimental, de custos e de resíduos do processo de reciclagem de módulos solares de silício cristalino</b> O objetivo deste artigo é realizar uma análise experimental dos custos e resíduos associados ao processo de reciclagem de painéis fotovoltaicos feitos com silício cristalino. A recuperação de materiais valiosos, tais como silício, cobre e prata é objeto de estudo juntamente com a análise dos custos associados ao processo de reciclagem bem como os resíduos gerados.
Sah, D. et al.	<a href="https://doi.org/10.1016/j.solmat.2023.112524">https://doi.org/10.1016/j.solmat.2023.112524</a>	<b>Título: Crescimento e análise de lingotes de silício policristalino utilizando silício reciclado de módulos solares descartados</b> O artigo sugere a sustentabilidade na indústria fotovoltaica por meio da recuperação e reutilização do silício encontrado em painéis solares descartados. Com o crescente uso de painéis fotovoltaicos, há uma previsão de grande quantidade de resíduos gerados a partir do silício. Caso não sejam manejados corretamente, esses elementos podem levar à perda material e causar impactos ambientais adversos.
Kumari, N., Singh, S. K. e Kumar, S.	<a href="https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.06.403">https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.06.403</a>	<b>Título: Um estudo comparativo de diferentes materiais utilizados na tecnologia fotovoltaica solar</b> Os autores realizam um estudo comparativo que abrange diferentes tecnologias fotovoltaicas, com foco nas principais tecnologias de silício cristalino, fotovoltaicos de filme fino e tecnologias emergentes mais recentes. Além disso, a pesquisa aborda a necessidade de transformação energética, a evolução das tecnologias, os materiais das células, o desempenho das células, a participação no mercado global, os custos e as propriedades correspondentes de cada tecnologia fotovoltaica.
Zhu, Y. et al.	<a href="https://doi.org/10.1109/CSEE55282.2022.9976880">https://doi.org/10.1109/CSEE55282.2022.9976880</a>	<b>Título: Uma análise de células fotovoltaicas de telureto de cádmio e silício amorfo</b> Neste artigo, são examinados os dispositivos de células fotovoltaicas feitos com telureto de cádmio (CdTe) e silício amorfo (a-Si), considerando diversos aspectos como desenvolvimento histórico, princípios físicos, implementações, operação do sistema, avaliação ambiental e análise econômica. A proposta é comparar esses dois materiais, destacando que a tecnologia de silício amorfo tem sido melhorada para permitir um uso mais frequente, apesar da toxicidade associada ao CdTe. Ademais, constata-se por meio da pesquisa que a adoção de fontes de energia mais ecologicamente corretas, exemplificadas pelos painéis fotovoltaicos, traz benefícios relevantes à sociedade em face do aumento da busca por sustentabilidade energética.
Singh, R., Sharma, M. e Yadav, K.	<a href="https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.07.048">https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.07.048</a>	<b>Título: Análise da degradação e confiabilidade de módulos fotovoltaicos após 12 anos de operação: um estudo de caso com comparações</b> Neste artigo é avaliado o desempenho de três tecnologias de painéis fotovoltaicos baseados em silício: silício amorfo (a-Si), Heterojunção Intrínseca em Camada Fina (HIT) e Multi-Cristalino (mc-Si), após doze anos de exposição ao ar livre em um clima composto na Índia. A proposta utiliza técnicas de caracterização como Inspeção Visual, Termografia

		Infravermelha, Imagem de Eletroluminescência e caracterização elétrica para analisar a degradação dos painéis. O objetivo da pesquisa é fornecer dados para a compreensão do desempenho a longo prazo dos painéis fotovoltaicos em condições climáticas específicas.
Golive, Y. R. <i>et al.</i>	<a href="https://doi.org/10.1109/JP HOTOV.2019.2954777">https://doi.org/10.1109/JP HOTOV.2019.2954777</a>	<b>Título: Análise das taxas de degradação em campo observadas no levantamento nacional de confiabilidade de módulos fotovoltaicos de 2018 na Índia</b> O artigo analisa a taxa de deterioração dos painéis fotovoltaicos que utilizam tecnologias de silício cristalino. Além disso, a proposta engloba a correlação das taxas de degradação com a idade dos painéis, tamanho do sistema, configuração de montagem e clima de implantação. O estudo pode concluir que a implantação em climas quentes e em telhados acelera a degradação dos painéis.
Lee, J. <i>et al.</i>	<a href="https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.780.48">https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.780.48</a>	<b>Título: Desenvolvimento de um novo dispositivo e processo para recuperar materiais valiosos de módulos solares usados</b> O objetivo deste artigo é apresentar um processo e dispositivo para a obtenção de materiais preciosos como o cobre e o estanho, de painéis fotovoltaicos que já foram utilizados. Durante a pesquisa foi coletado metais valiosos do eletrodo de fita de cobre presente nos painéis fotovoltaicos, utilizando um processo hidro metalúrgico com ácido nítrico para separar e coletar o cobre e o estanho do ligante Cu-Sn. Os autores apresentam no artigo um forno de tratamento térmico dinâmico que melhora a separação dos materiais, resultando em altos níveis de pureza dos metais recuperados.
Maani, T. <i>et al.</i>	<a href="https://doi.org/10.1016/j.sctotenv.2020.138827">https://doi.org/10.1016/j.sctotenv.2020.138827</a>	<b>Título: Impactos ambientais da reciclagem de painéis solares de silício cristalino (c-Si) e telureto de cádmio (CDTE)</b> Este artigo investiga os efeitos no ambiente decorrentes de variadas técnicas de reciclagem referentes aos painéis fotovoltaicos produzidos com silício cristalino (c-Si) e telureto de cádmio (CdTe). Avaliando o ciclo de vida dos painéis fotovoltaicos, esta pesquisa se concentra nas etapas de delaminação e separação de materiais. Os resultados indicam que a reciclagem do (c-Si) e (CdTe) representam 13-25% e 3-4%, respectivamente, no total dos impactos ambientais gerados pelo ciclo completo da produção desses dispositivos fotovoltaicos. Além disso, os métodos de reciclagem térmica mostraram ter impactos ambientais menores em comparação com os métodos químicos e mecânicos, exceto a pirólise.
Gu, G. <i>et al.</i>	<a href="https://doi.org/10.1093/jlct/ctab095">https://doi.org/10.1093/jlct/ctab095</a>	<b>Título: Análise energética e financeira de um projeto de aterro solar: um estudo de caso em Qingyuan</b> Os autores analisam a viabilidade de projetos de “aterros solares” na cidade de Qingyuan, na China, utilizando duas tecnologias de painéis fotovoltaicos como comparação: silício policristalino (p-Si) e o filme fino. O estudo destaca que os aterros tradicionais ocupam enormes recursos da terra, e a implementação de sistemas fotovoltaicos em aterros fechados pode ser uma solução sustentável. O artigo conclui que os aterros solares são uma opção energeticamente e financeiramente viável para a região, com o p-Si tornando-se ideal para este projeto.

Fthenakis, V. M	<a href="https://doi.org/10.1016/S0301-4215(00)00091-4">https://doi.org/10.1016/S0301-4215(00)00091-4</a>	<p><b>Título: Gestão do fim de vida útil e reciclagem de módulos fotovoltaicos</b></p> <p>O artigo aborda sobre a viabilidade da coleta e reciclagem dos painéis fotovoltaicos ao final de sua vida útil, que é estimada em cerca de 30 anos. A preocupação com o descarte em aterros municipais é enfatizada, pois os painéis podem apresentar materiais regulamentados como cádmio, chumbo e selênio. O autor destaca que a reciclagem é benéfica não só para o meio ambiente, mas também para a economia do mercado. A pesquisa demonstra que a tecnologia de reciclagem de painéis fotovoltaicos já está disponível e que os custos relacionados à sua reutilização não são exorbitantes.</p>
Stoppato, A.	<a href="https://doi.org/10.1016/j.jenerg.2007.11.012">https://doi.org/10.1016/j.jenerg.2007.11.012</a>	<p><b>Título: Avaliação do ciclo de vida da geração de eletricidade fotovoltaica</b></p> <p>O autor apresenta uma Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) da geração elétrica por meio de painéis fotovoltaicos, considerando os fluxos de massa e energia desde a extração de sílica até a montagem final dos painéis. A pesquisa tem como foco as tecnologias mais avançadas para produzir painéis de silício policristalino, enfatizando fases críticas do ciclo produtivo, incluindo a transformação do silício metálico em energia solar e a montagem dos painéis que requerem um alto consumo energético.</p>

## ANEXO B – Questionário enviado às empresas recicladoras de painéis fotovoltaicos

### Pesquisa sobre a reciclagem de painéis fotovoltaicos de primeira geração

Estou realizando uma pesquisa sobre a reciclagem de painéis solares pois, no Brasil, temos uma capacidade de geração elétrica de 37.449,20 MW. Este questionário tem como objetivo completar os dados identificados no site da empresa.

Trata-se de uma pesquisa científica e sua resposta é muito importante.

O questionário é bem rápido, são menos de 5 minutos. Obrigada!

**OBS: Caso o formulário não esteja em seu idioma, basta selecioná-lo no canto superior direito.**

\* Obrigatória

1. Qual cargo ou função você ocupa na empresa? (Se marcar a opção "Outra", por favor, especifique) \*

- Gestor
- Técnico
- Operacional
- Outra

2. A empresa realiza qual tipo de reciclagem? (Marque todas as opções que se aplicam e, se marcar a opção "Outra", por favor, especifique)

\*

- Upcycling (Envolve a reciclagem de todos os componentes do painel fotovoltaico)
- Downcycling (Envolve a reciclagem da estrutura de alumínio, vidro, caixa de junção e os cabos)
- Outra

3. Quais materiais dos painéis fotovoltaicos de primeira geração são reciclados? (Marque todas as opções que se aplicam e, se marcar a opção "Outra", por favor, especifique) \*

- Vidro
- Moldura de alumínio
- Silício
- Célula solar de silício
- Encapsulante (EVA)
- Backsheet
- Cabos
- Cobre
- Estanho
- Prata
- Chumbo
- Outra

4. Os painéis fotovoltaicos reciclados em sua empresa, resultam em materiais usados para: (Se marcar a opção "Outra", por favor, especifique) \*

- Fabricação de novos painéis fotovoltaicos
- Utilizado como matéria prima para fabricação em outras indústrias
- Outra

5. Se os materiais reciclados são usados como matéria prima para outras indústrias, escreva qual o segmento destas indústrias:

6. Considerando que o painel pesa 100%, qual a porcentagem do peso total reciclado por sua empresa? (Resposta numérica em porcentagem) \*

7. Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa? \*

8. Quais as maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações/diretivas que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos? \*

9. Sua empresa possui parcerias/cooperações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos? (Marque todas as opções que se aplicam e, se marcar a opção "Outra", por favor, especifique) \*

- Universidades
- Centros de pesquisa
- Outras empresas de reciclagem
- Organizações governamentais
- Fabricantes de painéis fotovoltaicos
- Associações
- Outra

10. Sua empresa possui certificações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos? \*

- Sim
- Não

11. Se sua empresa possui certificações escreva quais:

12. Possuem filiais? \*

- Sim
- Não

13. Se sua empresa possui filiais escreva onde estão localizadas:

14. Qual a maior dificuldade enfrentada no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos? (Marque todas as opções que se aplicam e, se marcar a opção "Outra", por favor, especifique) \*

- Logística reversa
- Custo da reciclagem
- Falta de mão de obra especializada
- Complexidade dos materiais
- Falta de conscientização da população com relação ao destino correto dos painéis
- Falta de parcerias
- Falta de incentivos governamentais
- Outra

15. Caso queira descrever outros comentários:

16. Caso queira receber os resultados desta pesquisa informe seu e-mail:

## ANEXO C – Dados compilados das buscas nos sites, *Copilot*® e questionário

### Empresas da China

As células em azul correspondem as respostas adotadas para as análises. Por exemplo, na pergunta das certificações, a empresa Yingli (China) informou no *site* algumas certificações, já a busca feita através da IA *Copilot*® informou as normas ISO e forneceu referências compatíveis. Então, nesse caso, adotou-se a resposta do *site* e da IA.

	Busca na <i>Web</i>	Formulário	Busca IA - <i>Copilot</i> ®
Perguntas	JA Solar		
A empresa realiza qual tipo de reciclagem?	<i>Upcycling</i>	S/R	<i>Upcycling e Downcycling</i>
Quais materiais dos painéis fotovoltaicos de primeira geração são reciclados?	Sem informação	S/R	Vidro, alumínio, silício, célula de silício, encapsulante (EVA), <i>Backsheet</i> , cabos, cobre, estanho, prata e chumbo
Os painéis fotovoltaicos reciclados em sua empresa, resultam em materiais usados para:	Sem informação	S/R	Fabricação de novos painéis fotovoltaicos e utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores
Se os materiais reciclados são usados como matéria prima para outras indústrias, escreva qual o segmento destas indústrias:	Sem informação	S/R	Os materiais reciclados são usados nos setores de construção, eletrônicos e automotivo
Considerando que o painel pesa 100%, qual a porcentagem do peso total reciclado por sua empresa?	Sem informação	S/R	85%
Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa?	Diretiva WEEE Diretiva RoHS/REACH	S/R	Diretiva de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) da União Europeia, regulamentações de Responsabilidade Estendida do Produtor (EPR) da China e outras leis locais de proteção ambiental
Quais as maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações/diretivas que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Complexidade da conformidade com diversas regulamentações internacionais, os altos custos associados aos processos de reciclagem e a necessidade de avanços tecnológicos contínuos para atender aos padrões regulatórios
Sua empresa possui parcerias/cooperações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Instituições científicas e acadêmicas	S/R	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem, Organizações governamentais, Fabricantes de painéis fotovoltaicos e Associações
Se sua empresa possui certificações escreva quais:	ISO9001, ISO14001, ISO45001	S/R	ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001
Se sua empresa possui filiais escreva onde estão localizadas:	China, EUA, Alemanha, Japão, Austrália, Brasil e Coreia do Sul	S/R	Pequim, Xangai, <i>San Jose</i> (EUA), Munique (Alemanha), Tóquio (Japão), <i>Sydney</i> (Austrália), São Paulo (Brasil) e <i>Seul</i> (Coreia do Sul)

Qual a maior dificuldade enfrentada no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Logística reversa, Custo de reciclagem, Falta de mão de obra qualificada, Complexidade dos materiais, Falta de conscientização do público em relação ao descarte correto dos outdoors, Falta de parcerias e Falta de incentivos governamentais
--	----------------	-----	--

	Busca na <i>Web</i>	Formulário	Busca IA - <i>Copilot®</i>
<b>Perguntas</b>	<b>Suzhou Green Source Photovoltaic Technology Co., Ltd.! - LZY Solar</b>		
A empresa realiza qual tipo de reciclagem?	<i>Upcycling</i>	S/R	<i>Upcycling e Downcycling</i>
Quais materiais dos painéis fotovoltaicos de primeira geração são reciclados?	Vidro, alumínio, silício, célula de silício, encapsulante (EVA), <i>Backsheet</i> , cabos, cobre, estanho, prata e chumbo	S/R	Vidro, alumínio, silício, célula de silício, encapsulante (EVA), <i>Backsheet</i> , cabos, cobre, estanho, prata e chumbo
Os painéis fotovoltaicos reciclados em sua empresa, resultam em materiais usados para:	Sem informação	S/R	Fabricação de novos painéis fotovoltaicos e utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores
Se os materiais reciclados são usados como matéria prima para outras indústrias, escreva qual o segmento destas indústrias:	Sem informação	S/R	Os materiais reciclados são usados nos setores de construção, eletrônicos e automotivo
Considerando que o painel pesa 100%, qual a porcentagem do peso total reciclado por sua empresa?	Sem informação	S/R	90%
Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa?	Sem informação	S/R	Diretiva de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) da União Europeia, regulamentações de Responsabilidade Estendida do Produtor (EPR) da China e outras leis locais de proteção ambiental
Quais as maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações/diretivas que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Complexidade da conformidade com diversas regulamentações internacionais, os altos custos associados aos processos de reciclagem e a necessidade de avanços tecnológicos contínuos para atender aos padrões regulatórios
Sua empresa possui parcerias/cooperações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem, Organizações governamentais, Fabricantes de painéis fotovoltaicos e Associações
Se sua empresa possui certificações escreva quais:	Sem informação	S/R	ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001
Se sua empresa possui filiais escreva onde estão localizadas:	Sem informação	S/R	<i>Suzhou</i> , Xangai, Pequim, <i>San Jose</i> (EUA), Munique (Alemanha), Tóquio (Japão), <i>Sydney</i> (Austrália), São Paulo (Brasil) e <i>Seul</i> (Coreia do Sul)

Qual a maior dificuldade enfrentada no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Logística reversa, Custo de reciclagem, Falta de mão de obra qualificada, Complexidade dos materiais, Falta de conscientização do público em relação ao descarte correto dos outdoors, Falta de parcerias e Falta de incentivos governamentais
--	----------------	-----	--

	Busca na <i>Web</i>	Formulário	Busca IA - <i>Copilot</i> ®
<b>Perguntas</b>	<b>Sinopower Holding</b>		
A empresa realiza qual tipo de reciclagem?	<i>Downcycling</i>	S/R	<i>Upcycling e Downcycling</i>
Quais materiais dos painéis fotovoltaicos de primeira geração são reciclados?	Vidro, encapsulante (EVA), <i>Backsheet</i> e cabos	S/R	Vidro, alumínio, silício, célula de silício, encapsulante (EVA), <i>Backsheet</i> , cabos, cobre, estanho, prata e chumbo
Os painéis fotovoltaicos reciclados em sua empresa, resultam em materiais usados para:	Sem informação	S/R	Fabricação de novos painéis fotovoltaicos e utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores
Se os materiais reciclados são usados como matéria prima para outras indústrias, escreva qual o segmento destas indústrias:	Sem informação	S/R	Os materiais reciclados são usados nos setores de construção, eletrônicos e automotivo
Considerando que o painel pesa 100%, qual a porcentagem do peso total reciclado por sua empresa?	95%	S/R	85%
Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa?	Sem informação	S/R	Diretiva de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) da União Europeia, regulamentações de Responsabilidade Estendida do Produtor (EPR) da China e outras leis locais de proteção ambiental
Quais as maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações/diretivas que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Complexidade da conformidade com diversas regulamentações internacionais, os altos custos associados aos processos de reciclagem e a necessidade de avanços tecnológicos contínuos para atender aos padrões regulatórios
Sua empresa possui parcerias/cooperações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem, Organizações governamentais, Fabricantes de painéis fotovoltaicos e Associações
Se sua empresa possui certificações escreva quais:	Sem informação	S/R	ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001
Se sua empresa possui filiais escreva onde estão localizadas:	Sem informação	S/R	<i>Hong Kong</i> , Xangai, Pequim, <i>San Jose</i> (EUA), Munique (Alemanha), Tóquio (Japão), <i>Sydney</i> (Austrália), São Paulo (Brasil) e <i>Seul</i> (Coreia do Sul)
Qual a maior dificuldade enfrentada no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Logística reversa, Custo de reciclagem, Falta de mão de obra qualificada, Complexidade dos materiais, Falta de conscientização do público em relação ao descarte correto dos outdoors, Falta de parcerias e Falta de incentivos governamentais

	Busca nos <i>sites</i>	Formulário	Busca IA - <i>Copilot</i> ®
<b>Perguntas</b>	<b>Yingli Energy Co.</b>		
A empresa realiza qual tipo de reciclagem?	Sem informação	S/R	<i>Upcycling</i>
Quais materiais dos painéis fotovoltaicos de primeira geração são reciclados?	Sem informação	S/R	Vidro, alumínio, silício, célula de silício, encapsulante (EVA), <i>Backsheet</i> , cabos, cobre, estanho, prata e chumbo
Os painéis fotovoltaicos reciclados em sua empresa, resultam em materiais usados para:	Sem informação	S/R	Fabricação de novos painéis fotovoltaicos e utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores
Se os materiais reciclados são usados como matéria prima para outras indústrias, escreva qual o segmento destas indústrias:	Sem informação	S/R	Os materiais reciclados são usados nos setores de construção, eletrônicos e automotivo
Considerando que o painel pesa 100%, qual a porcentagem do peso total reciclado por sua empresa?	Sem informação	S/R	85%
Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa?	Sem informação	S/R	Regulamentações de Responsabilidade Estendida do Produtor (EPR) da China
Quais as maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações/diretivas que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Complexidade da conformidade com diversas regulamentações internacionais, os altos custos associados aos processos de reciclagem e a necessidade de avanços tecnológicos contínuos para atender aos padrões regulatórios
Sua empresa possui parcerias/cooperações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Universidades, Centros de pesquisa e Fabricantes de painéis fotovoltaicos	S/R	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem, Organizações governamentais, Fabricantes de painéis fotovoltaicos e Associações
Se sua empresa possui certificações escreva quais:	Certificação TÜV Rheinland, TÜV Norte, Certificação UL dos EUA, Certificação CQC da China, ISO9001, IEC62941	S/R	ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001
Se sua empresa possui filiais escreva onde estão localizadas:	Filadélfia (EUA), México, Campinas (Brasil), Madri (Espanha), Hebei (China), Tóquio (Japão) e Sydney (Austrália)	S/R	EUA, México, Brasil, Espanha, China, Japão e Austrália
Qual a maior dificuldade enfrentada no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Logística reversa, Custo de reciclagem, Falta de mão de obra qualificada, Complexidade dos materiais, Falta de conscientização do público em relação ao descarte correto dos outdoors, Falta de parcerias e Falta de incentivos governamentais

## Empresas dos Estados Unidos (EUA)

	Busca <i>Web</i>	Formulário	Busca IA - <i>Copilot®</i>
<b>Perguntas</b>	<b>Cleanlites Recycling</b>		
A empresa realiza qual tipo de reciclagem?	<i>Upcycling</i>	S/R	<i>Upcycling e Downcycling</i>
Quais materiais dos painéis fotovoltaicos de primeira geração são reciclados?	Sem informação	S/R	Vidro, alumínio, silício, célula de silício, encapsulante (EVA), <i>Backsheet</i> , cabos, cobre, estanho, prata e chumbo
Os painéis fotovoltaicos reciclados em sua empresa, resultam em materiais usados para:	Sem informação	S/R	Fabricação de novos painéis fotovoltaicos e utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores
Se os materiais reciclados são usados como matéria prima para outras indústrias, escreva qual o segmento destas indústrias:	Sem informação	S/R	Os materiais reciclados são usados nos setores de construção, eletrônicos e automotivo
Considerando que o painel pesa 100%, qual a porcentagem do peso total reciclado por sua empresa?	Sem informação	S/R	85%
Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa?	MDEQ Waste Management, MDEQ Regulated Waste, EPA Notifications of PCB Activity, EPA CERCLA Approval, MDEQ E-Waste Recycler Registration, EPA TSCA PCB Commercial Storage Approval, MN PCA Electronics Recycler Registrant, Dakota County Hazardous Waste Facility License, MN PCA E-Waste Recycling Permit, Lead Acid Battery Registration, Hazardous Waste Transporter Licenses (15 States)	S/R	Segue várias regulamentações internacionais e regionais, incluindo as diretrizes da Agência de Proteção Ambiental (EPA), regulamentações específicas do estado e outras leis locais de proteção ambiental
Quais as maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações/diretivas que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Complexidade da conformidade com diversas regulamentações internacionais, os altos custos associados aos processos de reciclagem e a necessidade de avanços tecnológicos contínuos para atender aos padrões regulatórios
Sua empresa possui parcerias/cooperações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Associações	S/R	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem, Organizações governamentais, Fabricantes de painéis fotovoltaicos e Associações
Se sua empresa possui certificações escreva quais:	R2 Responsible Recycling Certificate, EPA Part B Facility, Haz Mat Certificate, Part B Hazardous Waste Facility, HIPAA Destruction	S/R	R2 (Responsible Recycling), RIOS (Recycling Industry Operating Standard) e certificação EPA Part B Facility para manuseio de materiais perigosos

Se sua empresa possui filiais escreva onde estão localizadas:	Minnesota, Michigan, Ohio e Carolina do Sul	S/R	Cincinnati (OH), Lakeville (MN), Mason (MI), Spartanburg (SC) e Wauseon (OH)
Qual a maior dificuldade enfrentada no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Logística reversa, Custo de reciclagem, Falta de mão de obra qualificada, Complexidade dos materiais, Falta de conscientização do público em relação ao descarte correto dos outdoors, Falta de parcerias e Falta de incentivos governamentais

	Busca Web	Formulário	Busca IA - Copilot®
<b>Perguntas</b>	<b>Electronic Recycling &amp; IT Asset Disposition Services</b>		
A empresa realiza qual tipo de reciclagem?	<i>Upcycling</i>	S/R	<i>Upcycling e Downcycling</i>
Quais materiais dos painéis fotovoltaicos de primeira geração são reciclados?	Vidro, alumínio, silício, célula de silício, encapsulante (EVA), <i>Backsheet</i> , cabos, cobre, estanho, prata e chumbo	S/R	Vidro, alumínio, silício, célula de silício, encapsulante (EVA), <i>Backsheet</i> , cabos, cobre, estanho, prata e chumbo
Os painéis fotovoltaicos reciclados em sua empresa, resultam em materiais usados para:	Sem informação	S/R	Fabricação de novos painéis fotovoltaicos e utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores
Se os materiais reciclados são usados como matéria prima para outras indústrias, escreva qual o segmento destas indústrias:	Sem informação	S/R	Os materiais reciclados são usados nos setores de construção, eletrônicos e automotivo
Considerando que o painel pesa 100%, qual a porcentagem do peso total reciclado por sua empresa?	Sem informação	S/R	85%
Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa?	Sem informação	S/R	Segue várias regulamentações internacionais e regionais, incluindo as diretrizes da Agência de Proteção Ambiental (EPA), regulamentações específicas do estado e outras leis locais de proteção ambiental
Quais as maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações/diretivas que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Complexidade da conformidade com diversas regulamentações internacionais, os altos custos associados aos processos de reciclagem e a necessidade de avanços tecnológicos contínuos para atender aos padrões regulatórios
Sua empresa possui parcerias/cooperações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Associações	S/R	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem, Organizações governamentais, Fabricantes de painéis fotovoltaicos e Associações
Se sua empresa possui certificações escreva quais:	ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001, R2, e-Stewards	S/R	R2 (Responsible Recycling), RIOS (Recycling Industry Operating Standard) e certificação EPA Part B Facility para manuseio de materiais perigosos
Se sua empresa possui filiais escreva onde estão localizadas:	Goodyear - AZ, Fresno - CA, Plainfield - IN, Columbus - OH, Holliston - MA, Badin - NC, Raleigh - NC, Lincoln Park - NJ, Nova York - NY, Flower	S/R	Goodyear - AZ, Fresno - CA, Plainfield - IN, Columbus - OH, Holliston - MA, Badin - NC, Raleigh - NC, Lincoln Park - NJ, Nova York - NY, Flower Mound - TX, Sumner - WA

	Mound - TX, Sumner - WA		
Qual a maior dificuldade enfrentada no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Logística reversa, Custo de reciclagem, Falta de mão de obra qualificada, Complexidade dos materiais, Falta de conscientização do público em relação ao descarte correto dos outdoors, Falta de parcerias e Falta de incentivos governamentais

	Busca Web	Formulário	Busca IA - Copilot®
<b>Perguntas</b>	<b>Good Sun</b>		
A empresa realiza qual tipo de reciclagem?	Sem informação	S/R	<i>Upcycling e Downcycling</i>
Quais materiais dos painéis fotovoltaicos de primeira geração são reciclados?	Sem informação	S/R	Vidro, alumínio, silício, célula de silício, encapsulante (EVA), <i>Backsheet</i> , cabos, cobre, estanho, prata e chumbo
Os painéis fotovoltaicos reciclados em sua empresa, resultam em materiais usados para:	Sem informação	S/R	Fabricação de novos painéis fotovoltaicos e utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores
Se os materiais reciclados são usados como matéria prima para outras indústrias, escreva qual o segmento destas indústrias:	Sem informação	S/R	Os materiais reciclados são usados nos setores de construção, eletrônicos e automotivo
Considerando que o painel pesa 100%, qual a porcentagem do peso total reciclado por sua empresa?	Sem informação	S/R	85%
Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa?	Sem informação	S/R	Segue várias regulamentações internacionais e regionais, incluindo as diretrizes da Agência de Proteção Ambiental (EPA), regulamentações específicas do estado e outras leis locais de proteção ambiental
Quais as maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações/diretivas que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Complexidade da conformidade com diversas regulamentações internacionais, os altos custos associados aos processos de reciclagem e a necessidade de avanços tecnológicos contínuos para atender aos padrões regulatórios
Sua empresa possui parcerias/cooperações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Outras empresas de reciclagem, Organizações governamentais e Fabricantes de painéis fotovoltaicos	S/R	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem, Organizações governamentais, Fabricantes de painéis fotovoltaicos e Associações
Se sua empresa possui certificações escreva quais:	Sem informação	S/R	R2 (Responsible Recycling), RIOS (Recycling Industry Operating Standard) e certificação EPA Part B Facility para manuseio de materiais perigosos
Se sua empresa possui filiais escreva onde estão localizadas:	Sem informação	S/R	Grass Valley (CA) e Carmichael (CA)

Qual a maior dificuldade enfrentada no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Logística reversa, Custo de reciclagem, Falta de mão de obra qualificada, Complexidade dos materiais, Falta de conscientização do público em relação ao descarte correto dos outdoors, Falta de parcerias e Falta de incentivos governamentais
--	----------------	-----	--

	Busca Web	Formulário	Busca IA - Copilot®
<b>Perguntas</b>	<b>Good Sun</b>		
A empresa realiza qual tipo de reciclagem?	Sem informação	S/R	<i>Upcycling e Downcycling</i>
Quais materiais dos painéis fotovoltaicos de primeira geração são reciclados?	Sem informação	S/R	Vidro, alumínio, silício, célula de silício, encapsulante (EVA), <i>Backsheet</i> , cabos, cobre, estanho, prata e chumbo
Os painéis fotovoltaicos reciclados em sua empresa, resultam em materiais usados para:	Sem informação	S/R	Fabricação de novos painéis fotovoltaicos e utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores
Se os materiais reciclados são usados como matéria prima para outras indústrias, escreva qual o segmento destas indústrias:	Sem informação	S/R	Os materiais reciclados são usados nos setores de construção, eletrônicos e automotivo
Considerando que o painel pesa 100%, qual a porcentagem do peso total reciclado por sua empresa?	Sem informação	S/R	85%
Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa?	Sem informação	S/R	Segue várias regulamentações internacionais e regionais, incluindo as diretrizes da Agência de Proteção Ambiental (EPA), regulamentações específicas do estado e outras leis locais de proteção ambiental
Quais as maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações/diretivas que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Complexidade da conformidade com diversas regulamentações internacionais, os altos custos associados aos processos de reciclagem e a necessidade de avanços tecnológicos contínuos para atender aos padrões regulatórios
Sua empresa possui parcerias/cooperações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Outras empresas de reciclagem e Associações	S/R	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem, Organizações governamentais, Fabricantes de painéis fotovoltaicos e Associações
Se sua empresa possui certificações escreva quais:	R2v3, ISO 14001, ISO 45001, ISO 9001	S/R	R2 (Responsible Recycling), RIOS (Recycling Industry Operating Standard) e ISO para suas práticas de reciclagem e gestão ambiental
Se sua empresa possui filiais escreva onde estão localizadas:	Portland (OR) e Washington	S/R	Portland (OR) e Washington
Qual a maior dificuldade enfrentada no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Logística reversa, Custo de reciclagem, Falta de mão de obra qualificada, Complexidade dos materiais, Falta de conscientização do público em relação ao descarte correto dos outdoors, Falta de parcerias e Falta de incentivos governamentais

	Busca <i>Web</i>	Formulário
Perguntas	Green Clean Solar	
A empresa realiza qual tipo de reciclagem?	Sem informação	<i>Upcycling</i>
Quais materiais dos painéis fotovoltaicos de primeira geração são reciclados?	Sem informação	Vidro, alumínio, silício, célula de silício, encapsulante (EVA), <i>Backsheet</i> , cabos, cobre e prata
Os painéis fotovoltaicos reciclados em sua empresa, resultam em materiais usados para:	Sem informação	Fabricação de novos painéis fotovoltaicos e utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores
Se os materiais reciclados são usados como matéria prima para outras indústrias, escreva qual o segmento destas indústrias:	Sem informação	Indústria automotiva
Considerando que o painel pesa 100%, qual a porcentagem do peso total reciclado por sua empresa?	Sem informação	80%
Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa?	Sem informação	Nenhum até o momento
Quais as maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações/diretivas que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	Há muita pouca legislação nos EUA. Alguns estados exigem a reciclagem dos painéis, mas não muitos.
Sua empresa possui parcerias/cooperações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem e Fabricantes de painéis fotovoltaicos
Se sua empresa possui certificações escreva quais:	Sem informação	Não possui certificações
Se sua empresa possui filiais escreva onde estão localizadas:	Sem informação	Não possui filial
Qual a maior dificuldade enfrentada no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	Logística reversa, Custo de reciclagem, Complexidade dos materiais, Falta de conscientização do público em relação ao descarte correto dos outdoors e Falta de incentivos governamentais

	Busca <i>Web</i>	Formulário	Busca IA - <i>Copilot</i> ®
Perguntas	Interco Trading, Inc.		
A empresa realiza qual tipo de reciclagem?	<i>Upcycling</i>	S/R	<i>Upcycling e Downcycling</i>
Quais materiais dos painéis fotovoltaicos de primeira geração são reciclados?	Alumínio, célula de silício, cobre, estanho, prata e chumbo	S/R	Vidro, alumínio, silício, célula de silício, encapsulante (EVA), <i>Backsheet</i> , cabos, cobre, estanho, prata e chumbo
Os painéis fotovoltaicos reciclados em sua empresa, resultam em materiais usados para:	Utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores	S/R	Fabricação de novos painéis fotovoltaicos e utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores
Se os materiais reciclados são usados como matéria prima para outras indústrias, escreva qual o segmento destas indústrias:	Sem informação	S/R	Os materiais reciclados são usados nos setores de construção, eletrônicos e automotivo
Considerando que o painel pesa 100%, qual a porcentagem do peso total reciclado por sua empresa?	90%	S/R	85%

Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa?	Sem informação	S/R	Segue várias regulamentações internacionais e regionais, incluindo as diretrizes da Agência de Proteção Ambiental (EPA), regulamentações específicas do estado e outras leis locais de proteção ambiental
Quais as maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações/diretivas que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Complexidade da conformidade com diversas regulamentações internacionais, os altos custos associados aos processos de reciclagem e a necessidade de avanços tecnológicos contínuos para atender aos padrões regulatórios
Sua empresa possui parcerias/cooperações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem, Organizações governamentais e Associações	S/R	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem, Organizações governamentais, Fabricantes de painéis fotovoltaicos e Associações
Se sua empresa possui certificações escreva quais:	R2v3, ISO 14001, ISO 45001, ISO 9001	S/R	ISO 9001, ISO 14001 e R2 (Responsible Recycling)
Se sua empresa possui filiais escreva onde estão localizadas:	EUA	S/R	Madison (IL), St. Louis (MO) e outras localidades nos Estados Unidos
Qual a maior dificuldade enfrentada no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Logística reversa, Custo de reciclagem, Complexidade dos materiais, Falta de conscientização do público em relação ao descarte correto dos outdoors e Falta de incentivos governamentais

	Busca Web	Formulário	Busca IA - Copilot®
<b>Perguntas</b>	<b>Recycle 1234</b>		
A empresa realiza qual tipo de reciclagem?	<i>Upcycling</i>	S/R	<i>Upcycling e Downcycling</i>
Quais materiais dos painéis fotovoltaicos de primeira geração são reciclados?	Vidro, Alumínio, Silício, Cabos, Cobre e Prata	S/R	Vidro, alumínio, silício, célula de silício, encapsulante (EVA), <i>Backsheet</i> , cabos, cobre, estanho, prata e chumbo
Os painéis fotovoltaicos reciclados em sua empresa, resultam em materiais usados para:	Sem informação	S/R	Fabricação de novos painéis fotovoltaicos e utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores
Se os materiais reciclados são usados como matéria prima para outras indústrias, escreva qual o segmento destas indústrias:	Sem informação	S/R	Os materiais reciclados são usados nos setores de construção, eletrônicos e automotivo
Considerando que o painel pesa 100%, qual a porcentagem do peso total reciclado por sua empresa?	Sem informação	S/R	85%
Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa?	CalRecycle, DTSC e CA EPA	S/R	Segue várias regulamentações internacionais e regionais, incluindo as diretrizes da Agência de Proteção Ambiental (EPA), regulamentações específicas do estado e outras leis locais de proteção ambiental
Quais as maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações/diretivas que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Complexidade da conformidade com diversas regulamentações internacionais, os altos custos associados aos processos de reciclagem e a necessidade de avanços tecnológicos contínuos para atender aos padrões regulatórios

Sua empresa possui parcerias/cooperações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Universidades, Centros de pesquisa, Outras empresas de reciclagem, Organizações governamentais, Fabricantes de painéis fotovoltaicos e Associações
Se sua empresa possui certificações escreva quais:	Sem informação	S/R	R2 (Responsible Recycling), RIOS (Recycling Industry Operating Standard) e ISO para suas práticas de reciclagem e gestão ambiental
Se sua empresa possui filiais escreva onde estão localizadas:	Sem informação	S/R	Union City (CA) e em outros locais na Califórnia
Qual a maior dificuldade enfrentada no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Logística reversa, Custo de reciclagem, Complexidade dos materiais, Falta de conscientização do público em relação ao descarte correto dos outdoors e Falta de incentivos governamentais

	Busca Web	Formulário	Busca IA - Copilot®
<b>Perguntas</b>	<b>SolarCycle</b>		
A empresa realiza qual tipo de reciclagem?	<i>Upcycling</i>	S/R	<i>Upcycling e Downcycling</i>
Quais materiais dos painéis fotovoltaicos de primeira geração são reciclados?	Vidro, alumínio, silício, célula de silício, encapsulante (EVA), <i>Backsheet</i> , cabos, cobre, estanho, prata e chumbo	S/R	Vidro, alumínio, silício, célula de silício, encapsulante (EVA), <i>Backsheet</i> , cabos, cobre, estanho, prata e chumbo
Os painéis fotovoltaicos reciclados em sua empresa, resultam em materiais usados para:	Fabricação de novos painéis fotovoltaicos e utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores	S/R	Fabricação de novos painéis fotovoltaicos e utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores
Se os materiais reciclados são usados como matéria prima para outras indústrias, escreva qual o segmento destas indústrias:	Os materiais reciclados são usados nos setores de construção, eletrônicos e automotivo	S/R	Os materiais reciclados são usados nos setores de construção, eletrônicos e automotivo
Considerando que o painel pesa 100%, qual a porcentagem do peso total reciclado por sua empresa?	95%	S/R	95%
Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa?	Sem informação	S/R	Segue várias regulamentações internacionais e regionais, incluindo as diretrizes da Agência de Proteção Ambiental (EPA), regulamentações específicas do estado e outras leis locais de proteção ambiental
Quais as maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações/diretivas que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Complexidade da conformidade com diversas regulamentações internacionais, os altos custos associados aos processos de reciclagem e a necessidade de avanços tecnológicos contínuos para atender aos padrões regulatórios
Sua empresa possui parcerias/cooperações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem e Associações	S/R	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem, Organizações governamentais, Fabricantes de painéis fotovoltaicos e Associações
Se sua empresa possui certificações escreva quais:	ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001	S/R	R2 (Responsible Recycling), RIOS (Recycling Industry Operating Standard) e ISO para suas práticas de reciclagem e gestão ambiental

Se sua empresa possui filiais escreva onde estão localizadas:	Odessa (TX) e Mesa (AZ)	S/R	Odessa (TX) e Mesa (AZ)
Qual a maior dificuldade enfrentada no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Logística reversa, Custo de reciclagem, Complexidade dos materiais, Falta de conscientização do público em relação ao descarte correto dos outdoors e Falta de incentivos governamentais

	Busca Web	Formulário	Busca IA - Copilot®
<b>Perguntas</b>	<b>We Recycle Solar, Inc.</b>		
A empresa realiza qual tipo de reciclagem?	<i>Upcycling</i>	S/R	<i>Upcycling e Downcycling</i>
Quais materiais dos painéis fotovoltaicos de primeira geração são reciclados?	Vidro, alumínio, cobre e prata	S/R	Vidro, alumínio, silício, célula de silício, encapsulante (EVA), <i>Backsheet</i> , cabos, cobre, estanho, prata e chumbo
Os painéis fotovoltaicos reciclados em sua empresa, resultam em materiais usados para:	Sem informação	S/R	Fabricação de novos painéis fotovoltaicos e utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores
Se os materiais reciclados são usados como matéria prima para outras indústrias, escreva qual o segmento destas indústrias:	Sem informação	S/R	Os materiais reciclados são usados nos setores de construção, eletrônicos e automotivo
Considerando que o painel pesa 100%, qual a porcentagem do peso total reciclado por sua empresa?	Sem informação	S/R	95%
Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa?	Sem informação	S/R	Segue várias regulamentações internacionais e regionais, incluindo as diretrizes da Agência de Proteção Ambiental (EPA), regulamentações específicas do estado e outras leis locais de proteção ambiental
Quais as maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações/diretivas que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Complexidade da conformidade com diversas regulamentações internacionais, os altos custos associados aos processos de reciclagem e a necessidade de avanços tecnológicos contínuos para atender aos padrões regulatórios
Sua empresa possui parcerias/cooperações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem, Fabricantes de painéis fotovoltaicos e Associações	S/R	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem, Organizações governamentais, Fabricantes de painéis fotovoltaicos e Associações
Se sua empresa possui certificações escreva quais:	ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001	S/R	R2 (Responsible Recycling), RIOS (Recycling Industry Operating Standard) e ISO para suas práticas de reciclagem e gestão ambiental
Se sua empresa possui filiais escreva onde estão localizadas:	Sem informação	S/R	Arizona e em outros locais dos EUA
Qual a maior dificuldade enfrentada no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Logística reversa, Custo de reciclagem, Complexidade dos materiais, Falta de conscientização do público em relação ao descarte correto dos outdoors e Falta de incentivos governamentais

## Empresas do Japão

	Busca Web	Formulário
Perguntas	Eiki Shoji	
A empresa realiza qual tipo de reciclagem?	<i>Upcycling e Downcycling</i>	<i>Upcycling</i>
Quais materiais dos painéis fotovoltaicos de primeira geração são reciclados?	Vidro, alumínio, EVA, <i>Backsheet</i> , cabos e cobre	Alumínio, silício, célula de silício, cabos, cobre e prata
Os painéis fotovoltaicos reciclados em sua empresa, resultam em materiais usados para:	Sem informação	Utilizado como matéria prima para fabricação em outras indústrias
Se os materiais reciclados são usados como matéria prima para outras indústrias, escreva qual o segmento destas indústrias:	Sem informação	Refino de metais (Industria metalúrgica)
Considerando que o painel pesa 100%, qual a porcentagem do peso total reciclado por sua empresa?	Sem informação	80%
Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa?	Sem informação	Gestão de Resíduos Industriais e Lei de Limpeza Pública
Quais as maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações/diretivas que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	Difícil processamento de vidro
Sua empresa possui parcerias/cooperações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	Outras empresas de reciclagem e Organizações governamentais
Se sua empresa possui certificações escreva quais:	ISO 14001	Não possui
Se sua empresa possui filiais escreva onde estão localizadas:	Osaka	Osaka
Qual a maior dificuldade enfrentada no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	Custo da reciclagem

	Busca Web	Formulário	Busca IA - Copilot®
Perguntas	Kinki Denden Yuso, Ltd.		
A empresa realiza qual tipo de reciclagem?	Sem informação	S/R	<i>Upcycling e Downcycling</i>
Quais materiais dos painéis fotovoltaicos de primeira geração são reciclados?	Sem informação	S/R	Vidro, alumínio, silício, célula de silício, encapsulante (EVA), <i>Backsheet</i> , cabos, cobre, estanho, prata e chumbo
Os painéis fotovoltaicos reciclados em sua empresa, resultam em materiais usados para:	Sem informação	S/R	Fabricação de novos painéis fotovoltaicos e utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores
Se os materiais reciclados são usados como matéria prima para outras indústrias, escreva qual o segmento destas indústrias:	Sem informação	S/R	Os materiais reciclados são usados nos setores de construção, eletrônicos e automotivo
Considerando que o painel pesa 100%, qual a porcentagem do peso total reciclado por sua empresa?	Sem informação	S/R	90%
Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa?	Sem informação	S/R	Lei de Gestão de Resíduos e Limpeza Pública do Japão, a Diretiva de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (WEEE) da União Europeia e outras leis locais de proteção ambiental

Quais as maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações/diretivas que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Complexidade da conformidade com diversas regulamentações internacionais, os altos custos associados aos processos de reciclagem e a necessidade de avanços tecnológicos contínuos para atender aos padrões regulatórios
Sua empresa possui parcerias/cooperações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem, Organizações governamentais, Fabricantes de painéis fotovoltaicos e Associações	S/R	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem, Organizações governamentais, Fabricantes de painéis fotovoltaicos e Associações
Se sua empresa possui certificações escreva quais:	ISO9001, ISO14001	S/R	ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001
Se sua empresa possui filiais escreva onde estão localizadas:	Osaka, Kyoto, Kakogawa	S/R	Osaka, Tokyo e outros locais do Japão
Qual a maior dificuldade enfrentada no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Logística reversa, Custo de reciclagem, Falta de mão de obra qualificada, Complexidade dos materiais, Falta de conscientização do público em relação ao descarte correto dos outdoors, Falta de parcerias e Falta de incentivos governamentais

	Busca <i>Web</i>	Formulário	Busca IA - <i>Copilot®</i>
<b>Perguntas</b>	<b>Mitsukaido Sangyo</b>		
A empresa realiza qual tipo de reciclagem?	<i>Upcycling</i>	S/R	<i>Upcycling e Downcycling</i>
Quais materiais dos painéis fotovoltaicos de primeira geração são reciclados?	Vidro, alumínio, célula de silício, EVA, <i>Backsheet</i> e prata	S/R	Vidro, alumínio, silício, célula de silício, encapsulante (EVA), <i>Backsheet</i> , cabos, cobre, estanho, prata e chumbo
Os painéis fotovoltaicos reciclados em sua empresa, resultam em materiais usados para:	Utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores	S/R	Fabricação de novos painéis fotovoltaicos e utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores
Se os materiais reciclados são usados como matéria prima para outras indústrias, escreva qual o segmento destas indústrias:	Revendedores de metais, Fabricantes de fibra de vidro, Refinarias, Fábricas de cimento	S/R	Setores de construção, eletrônicos e automotivo
Considerando que o painel pesa 100%, qual a porcentagem do peso total reciclado por sua empresa?	Sem informação	S/R	90%
Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa?	Sem informação	S/R	Lei de Gestão de Resíduos e Limpeza Pública do Japão, a Diretiva de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (WEEE) da União Europeia e outras leis locais de proteção ambiental
Quais as maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações/diretivas que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Complexidade da conformidade com diversas regulamentações internacionais, os altos custos associados aos processos de reciclagem e a necessidade de avanços tecnológicos contínuos para atender aos padrões regulatórios
Sua empresa possui parcerias/cooperações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Associações	Sem resposta	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem, Organizações governamentais, Fabricantes de painéis fotovoltaicos e Associações

Se sua empresa possui certificações escreva quais:	Sem informação	S/R	ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001
Se sua empresa possui filiais escreva onde estão localizadas:	Sem informação	S/R	Ibaraki, Tóquio e outros locais no Japão
Qual a maior dificuldade enfrentada no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Logística reversa, Custo de reciclagem, Falta de mão de obra qualificada, Complexidade dos materiais, Falta de conscientização do público em relação ao descarte correto dos outdoors, Falta de parcerias e Falta de incentivos governamentais

	Busca Web	Formulário	Busca IA - Copilot®
<b>Perguntas</b>	<b>Okaishi Construction Co., Ltd. (Kousai)</b>		
A empresa realiza qual tipo de reciclagem?	<i>Upcycling</i>	S/R	<i>Upcycling e Downcycling</i>
Quais materiais dos painéis fotovoltaicos de primeira geração são reciclados?	Vidro, alumínio, cobre e prata	S/R	Vidro, alumínio, silício, célula de silício, encapsulante (EVA), <i>Backsheet</i> , cabos, cobre, estanho, prata e chumbo
Os painéis fotovoltaicos reciclados em sua empresa, resultam em materiais usados para:	Sem informação	S/R	Fabricação de novos painéis fotovoltaicos e utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores
Se os materiais reciclados são usados como matéria prima para outras indústrias, escreva qual o segmento destas indústrias:	Sem informação	S/R	Setores de construção, eletrônicos e automotivo
Considerando que o painel pesa 100%, qual a porcentagem do peso total reciclado por sua empresa?	Sem informação	S/R	90%
Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa?	Sem informação	S/R	Lei de Gestão de Resíduos e Limpeza Pública do Japão, a Diretiva de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (WEEE) da União Europeia e outras leis locais de proteção ambiental
Quais as maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações/diretivas que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Complexidade da conformidade com diversas regulamentações internacionais, os altos custos associados aos processos de reciclagem e a necessidade de avanços tecnológicos contínuos para atender aos padrões regulatórios
Sua empresa possui parcerias/cooperações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem, Organizações governamentais, Fabricantes de painéis fotovoltaicos e Associações
Se sua empresa possui certificações escreva quais:	ISO9001, ISO14001	Sem resposta	ISO9001, ISO14001
Se sua empresa possui filiais escreva onde estão localizadas:	Sem informação	S/R	Tóquio, Osaka e outros locais do Japão
Qual a maior dificuldade enfrentada no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Logística reversa, Custo de reciclagem, Falta de mão de obra qualificada, Complexidade dos materiais, Falta de conscientização do público em relação ao descarte correto dos outdoors, Falta de parcerias e Falta de incentivos governamentais

	Busca Web	Formulário	Busca IA - Copilot®
Perguntas	RecycleTech Co., Ltd.		
A empresa realiza qual tipo de reciclagem?	Sem informação	S/R	<i>Upcycling e Downcycling</i>
Quais materiais dos painéis fotovoltaicos de primeira geração são reciclados?	Sem informação	S/R	Vidro, alumínio, silício, célula de silício, encapsulante (EVA), <i>Backsheet</i> , cabos, cobre, estanho, prata e chumbo
Os painéis fotovoltaicos reciclados em sua empresa, resultam em materiais usados para:	Sem informação	S/R	Fabricação de novos painéis fotovoltaicos e utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores
Se os materiais reciclados são usados como matéria prima para outras indústrias, escreva qual o segmento destas indústrias:	Sem informação	S/R	Setores de construção, eletrônicos e automotivo
Considerando que o painel pesa 100%, qual a porcentagem do peso total reciclado por sua empresa?	Sem informação	S/R	90%
Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa?	Sem informação	S/R	Lei de Gestão de Resíduos e Limpeza Pública do Japão, a Diretiva de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (WEEE) da União Europeia e outras leis locais de proteção ambiental
Quais as maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações/diretivas que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Complexidade da conformidade com diversas regulamentações internacionais, os altos custos associados aos processos de reciclagem e a necessidade de avanços tecnológicos contínuos para atender aos padrões regulatórios
Sua empresa possui parcerias/cooperações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem, Organizações governamentais, Fabricantes de painéis fotovoltaicos e Associações
Se sua empresa possui certificações escreva quais:	Sem informação	S/R	ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001
Se sua empresa possui filiais escreva onde estão localizadas:	Sem informação	S/R	Tóquio, Osaka e outros locais do Japão
Qual a maior dificuldade enfrentada no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Logística reversa, Custo de reciclagem, Falta de mão de obra qualificada, Complexidade dos materiais, Falta de conscientização do público em relação ao descarte correto dos outdoors, Falta de parcerias e Falta de incentivos governamentais

	Busca Web	Formulário	Busca IA - Copilot®
Perguntas	Re-Tem Corporation		
A empresa realiza qual tipo de reciclagem?	<i>Upcycling</i>	S/R	<i>Upcycling e Downcycling</i>
Quais materiais dos painéis fotovoltaicos de primeira geração são reciclados?	Cobre, estanho, prata e chumbo	S/R	Vidro, alumínio, silício, célula de silício, encapsulante (EVA), <i>Backsheet</i> , cabos, cobre, estanho, prata e chumbo
Os painéis fotovoltaicos reciclados em sua empresa, resultam em materiais usados para:	Sem informação	S/R	Fabricação de novos painéis fotovoltaicos e utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores
Se os materiais reciclados são usados como matéria prima para outras indústrias, escreva qual o segmento destas indústrias:	Sem informação	S/R	Setores de construção, eletrônicos e automotivo

Considerando que o painel pesa 100%, qual a porcentagem do peso total reciclado por sua empresa?	Sem informação	S/R	90%
Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa?	Sem informação	S/R	Lei de Gestão de Resíduos e Limpeza Pública do Japão, a Diretiva de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (WEEE) da União Europeia e outras leis locais de proteção ambiental
Quais as maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações/diretivas que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Complexidade da conformidade com diversas regulamentações internacionais, os altos custos associados aos processos de reciclagem e a necessidade de avanços tecnológicos contínuos para atender aos padrões regulatórios
Sua empresa possui parcerias/cooperações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Associações	S/R	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem, Organizações governamentais, Fabricantes de painéis fotovoltaicos e Associações
Se sua empresa possui certificações escreva quais:	ISO 14001, ISO 27001, ISO 45001	S/R	ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001
Se sua empresa possui filiais escreva onde estão localizadas:	Tóquio e Mito	S/R	Tóquio, Osaka e outros locais do Japão
Qual a maior dificuldade enfrentada no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Logística reversa, Custo de reciclagem, Falta de mão de obra qualificada, Complexidade dos materiais, Falta de conscientização do público em relação ao descarte correto dos outdoors, Falta de parcerias e Falta de incentivos governamentais

	Busca Web	Formulário	Busca IA - Copilot®
<b>Perguntas</b>	<b>Shirakawa Syouten</b>		
A empresa realiza qual tipo de reciclagem?	<i>Upcycling</i>	S/R	<i>Upcycling e Downcycling</i>
Quais materiais dos painéis fotovoltaicos de primeira geração são reciclados?	Vidro, alumínio, EVA, <i>Backsheet</i> , cabos e cobre	S/R	Vidro, alumínio, silício, célula de silício, encapsulante (EVA), <i>Backsheet</i> , cabos, cobre, estanho, prata e chumbo
Os painéis fotovoltaicos reciclados em sua empresa, resultam em materiais usados para:	Sem informação	S/R	Fabricação de novos painéis fotovoltaicos e utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores
Se os materiais reciclados são usados como matéria prima para outras indústrias, escreva qual o segmento destas indústrias:	Sem informação	S/R	Setores de construção, eletrônicos e automotivo
Considerando que o painel pesa 100%, qual a porcentagem do peso total reciclado por sua empresa?	Sem informação	S/R	90%
Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa?	Sem informação	S/R	Lei de Gestão de Resíduos e Limpeza Pública do Japão, a Diretiva de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (WEEE) da União Europeia e outras leis locais de proteção ambiental
Quais as maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações/diretivas que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Complexidade da conformidade com diversas regulamentações internacionais, os altos custos associados aos processos de reciclagem e a necessidade de avanços tecnológicos contínuos para atender aos padrões regulatórios

Sua empresa possui parcerias/cooperações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem, Organizações governamentais, Fabricantes de painéis fotovoltaicos e Associações
Se sua empresa possui certificações escreva quais:	Eco Action 21	S/R	ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001
Se sua empresa possui filiais escreva onde estão localizadas:	Fukushima	S/R	Fukushima
Qual a maior dificuldade enfrentada no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Logística reversa, Custo de reciclagem, Falta de mão de obra qualificada, Complexidade dos materiais, Falta de conscientização do público em relação ao descarte correto dos outdoors, Falta de parcerias e Falta de incentivos governamentais

	Busca Web	Formulário	Busca IA - Copilot®
<b>Perguntas</b>	<b>Sunada Co., Ltd.</b>		
A empresa realiza qual tipo de reciclagem?	<i>Upcycling</i>	S/R	<i>Upcycling e Downcycling</i>
Quais materiais dos painéis fotovoltaicos de primeira geração são reciclados?	Vidro, alumínio, célula de silício, <i>Backsheet</i> , cobre e prata	S/R	Vidro, alumínio, silício, célula de silício, encapsulante (EVA), <i>Backsheet</i> , cabos, cobre, estanho, prata e chumbo
Os painéis fotovoltaicos reciclados em sua empresa, resultam em materiais usados para:	Sem informação	S/R	Fabricação de novos painéis fotovoltaicos e utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores
Se os materiais reciclados são usados como matéria prima para outras indústrias, escreva qual o segmento destas indústrias:	Sem informação	S/R	Setores de construção, eletrônicos e automotivo
Considerando que o painel pesa 100%, qual a porcentagem do peso total reciclado por sua empresa?	90%	S/R	90%
Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa?	Sem informação	S/R	Lei de Gestão de Resíduos e Limpeza Pública do Japão, a Diretiva de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (WEEE) da União Europeia e outras leis locais de proteção ambiental
Quais as maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações/diretivas que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Complexidade da conformidade com diversas regulamentações internacionais, os altos custos associados aos processos de reciclagem e a necessidade de avanços tecnológicos contínuos para atender aos padrões regulatórios
Sua empresa possui parcerias/cooperações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem, Organizações governamentais, Fabricantes de painéis fotovoltaicos e Associações
Se sua empresa possui certificações escreva quais:	ISO 14001	S/R	ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001
Se sua empresa possui filiais escreva onde estão localizadas:	Hiroshima	S/R	Tóquio, Osaka e outros locais do Japão
Qual a maior dificuldade enfrentada no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Logística reversa, Custo de reciclagem, Falta de mão de obra qualificada, Complexidade dos materiais, Falta de conscientização do público em relação ao descarte correto dos outdoors, Falta de parcerias e Falta de incentivos governamentais

	Busca Web	Formulário	Busca IA - Copilot®
<b>Perguntas</b>	<b>Tokyo Power Technology, Ltd.</b>		
A empresa realiza qual tipo de reciclagem?	<i>Downcycling</i>	S/R	<i>Upcycling e Downcycling</i>
Quais materiais dos painéis fotovoltaicos de primeira geração são reciclados?	Vidro	S/R	Vidro, alumínio, silício, célula de silício, encapsulante (EVA), <i>Backsheet</i> , cabos, cobre, estanho, prata e chumbo
Os painéis fotovoltaicos reciclados em sua empresa, resultam em materiais usados para:	Sem informação	S/R	Fabricação de novos painéis fotovoltaicos e utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores
Se os materiais reciclados são usados como matéria prima para outras indústrias, escreva qual o segmento destas indústrias:	Sem informação	S/R	Setores de construção, eletrônicos e automotivo
Considerando que o painel pesa 100%, qual a porcentagem do peso total reciclado por sua empresa?	Sem informação	S/R	90%
Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa?	Sem informação	S/R	Lei de Gestão de Resíduos e Limpeza Pública do Japão, a Diretiva de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (WEEE) da União Europeia e outras leis locais de proteção ambiental
Quais as maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações/diretivas que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Complexidade da conformidade com diversas regulamentações internacionais, os altos custos associados aos processos de reciclagem e a necessidade de avanços tecnológicos contínuos para atender aos padrões regulatórios
Sua empresa possui parcerias/cooperações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem, Organizações governamentais, Fabricantes de painéis fotovoltaicos e Associações
Se sua empresa possui certificações escreva quais:	ISO 9001, ISO 14001, ISO 17025,	S/R	ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001
Se sua empresa possui filiais escreva onde estão localizadas:	Futtsu, Kawasaki, Katashina, Chiba, Tóquio, Fukushima, Kashiwazaki, Kamikita, Kimitsu Kyoka, Yokohama, Hirono	S/R	Tóquio, Kawasaki e outras localidades no Japão
Qual a maior dificuldade enfrentada no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Logística reversa, Custo de reciclagem, Falta de mão de obra qualificada, Complexidade dos materiais, Falta de conscientização do público em relação ao descarte correto dos outdoors, Falta de parcerias e Falta de incentivos governamentais

### Empresas da Alemanha

	Busca Web	Formulário
<b>Perguntas</b>	<b>Luxchem Tech</b>	
A empresa realiza qual tipo de reciclagem?	<i>Upcycling e Downcycling</i>	<i>Upcycling</i>
Quais materiais dos painéis fotovoltaicos de primeira geração são reciclados?	Vidro, silício e prata	Vidro, alumínio, silício, célula de silício, cabos, cobre, estanho, prata

Os painéis fotovoltaicos reciclados em sua empresa, resultam em materiais usados para:	Sem informação	Utilizado como matéria prima para fabricação em outras indústrias
Se os materiais reciclados são usados como matéria prima para outras indústrias, escreva qual o segmento destas indústrias:	Sem informação	Metalúrgica
Considerando que o painel pesa 100%, qual a porcentagem do peso total reciclado por sua empresa?	Sem informação	90%
Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa?	Sem informação	WEEE
Quais as maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações/diretivas que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	Porcentagem em massa na taxa de reciclagem
Sua empresa possui parcerias/cooperações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	Universidades, Centros de pesquisa, Fabricantes de painéis fotovoltaicos e Associações
Se sua empresa possui certificações escreva quais:	Sem informação	Não possui
Se sua empresa possui filiais escreva onde estão localizadas:	Sem informação	Não possui
Qual a maior dificuldade enfrentada no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	Custo da reciclagem, falta de parcerias e falta de incentivos governamentais

	Busca Web	Formulário
<b>Perguntas</b>	<b>Reiling GmbH &amp; Co. KG</b>	
A empresa realiza qual tipo de reciclagem?	<i>Upcycling e Downcycling</i>	<i>Upcycling</i>
Quais materiais dos painéis fotovoltaicos de primeira geração são reciclados?	Vidro, alumínio, silício, cobre, estanho	Vidro, alumínio, silício, célula de silício, cabos, cobre, prata
Os painéis fotovoltaicos reciclados em sua empresa, resultam em materiais usados para:	Sem informação	Utilizado como matéria prima para fabricação em outras indústrias
Se os materiais reciclados são usados como matéria prima para outras indústrias, escreva qual o segmento destas indústrias:	Sem informação	Não respondeu
Considerando que o painel pesa 100%, qual a porcentagem do peso total reciclado por sua empresa?	Sem informação	80 - 85%
Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa?	ElektroG (WEEE), VO 1179/2012	ElektroG (WEEE)
Quais as maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações/diretivas que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	Nenhuma
Sua empresa possui parcerias/cooperações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem, Fabricantes de painéis fotovoltaicos e Associações	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem, Fabricantes de painéis fotovoltaicos e Associações
Se sua empresa possui certificações escreva quais:	ISO 14001, ISO 9001, ISO 50001, Verificado VBG	Nenhuma

Se sua empresa possui filiais escreva onde estão localizadas:	Alemanha: Marienfeld, Hamm-Uentrop, Münster, Lünen, Husum, Gladbeck, Lauenburg, Osterweddingen, Burgbernheim, Torgau e Knittlingen Internacional: Arnhem (NL), Næstved (DK), Vamdrup (DK), Askersund (SE), Dabrowa Górnica (PL) e Ujazd (PL)	Outros locais do grupo de empresas para a aceitação de módulos (certificados pela ElektroG)
Qual a maior dificuldade enfrentada no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	Logística reversa, custo da reciclagem, complexidade dos materiais

	Busca Web	Formulário	Busca IA - Copilot®
<b>Perguntas</b>	<b>Rinovasol</b>		
A empresa realiza qual tipo de reciclagem?	<i>Upcycling</i>	S/R	<i>Upcycling e Downcycling</i>
Quais materiais dos painéis fotovoltaicos de primeira geração são reciclados?	Vidro, alumínio, silício, EVA, <i>Backsheet</i> , cabos, cobre, estanho, prata e chumbo	S/R	Vidro, alumínio, silício, célula de silício, encapsulante (EVA), <i>Backsheet</i> , cabos, cobre, estanho, prata e chumbo
Os painéis fotovoltaicos reciclados em sua empresa, resultam em materiais usados para:	Sem informação	S/R	Fabricação de novos painéis fotovoltaicos e utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores
Se os materiais reciclados são usados como matéria prima para outras indústrias, escreva qual o segmento destas indústrias:	Sem informação	S/R	Os materiais reciclados são usados nos setores de construção, eletrônicos e automotivo
Considerando que o painel pesa 100%, qual a porcentagem do peso total reciclado por sua empresa?	95%	S/R	95%
Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa?	Sem informação	S/R	Diretiva de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (WEEE) da União Europeia, a Lei de Economia Circular da Alemanha (KrWG) e outras leis locais de proteção ambiental
Quais as maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações/diretivas que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Complexidade da conformidade com diversas regulamentações internacionais, os altos custos associados aos processos de reciclagem e a necessidade de avanços tecnológicos contínuos para atender aos padrões regulatórios
Sua empresa possui parcerias/cooperações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem, Organizações governamentais, Fabricantes de painéis fotovoltaicos e Associações
Se sua empresa possui certificações escreva quais:	Sem informação	S/R	ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001
Se sua empresa possui filiais escreva onde estão localizadas:	Berlim e Den Haag (Holanda)	S/R	Berlim e Holanda
Qual a maior dificuldade enfrentada no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Logística reversa, Custo de reciclagem, Falta de mão de obra qualificada, Complexidade dos materiais, Falta de conscientização do público em relação ao descarte correto dos outdoors, Falta de parcerias e Falta de incentivos governamentais

	Busca Web	Formulário
Perguntas	Solar Materials GmbH	
A empresa realiza qual tipo de reciclagem?	<i>Upcycling e Downcycling</i>	<i>Upcycling</i>
Quais materiais dos painéis fotovoltaicos de primeira geração são reciclados?	Vidro, alumínio, silício, EVA, <i>Backsheet</i> , cabos, cobre, prata	Vidro, alumínio, silício, célula de silício, encapsulante (EVA), <i>Backsheet</i> , cabos, cobre e prata
Os painéis fotovoltaicos reciclados em sua empresa, resultam em materiais usados para:	Sem informação	Utilizado como matéria prima para fabricação em outras indústrias
Se os materiais reciclados são usados como matéria prima para outras indústrias, escreva qual o segmento destas indústrias:	Sem informação	O vidro vai para a indústria de vidro plano, o alumínio para a indústria de alumínio, o cobre e a prata para processadores de metais preciosos e o silício é usado como elemento de liga na indústria de alumínio. Os diversos materiais plásticos são utilizados termicamente.
Considerando que o painel pesa 100%, qual a porcentagem do peso total reciclado por sua empresa?	98%	98%
Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa?	Diretiva ElektroG/WEEE	Diretiva ElektroG/WEEE e Lei Federal de Controle de Emissões da Alemanha
Quais as maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações/diretivas que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	O esforço burocrático e a duração associada dos procedimentos de autorização, bem como os custos incorridos nesse contexto.
Sua empresa possui parcerias/cooperações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem, Fabricantes de painéis fotovoltaicos e Associações	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem, Fabricantes de painéis fotovoltaicos e Associações
Se sua empresa possui certificações escreva quais:	Sem informação	A Solar Materials foi certificada como uma empresa especializada em gerenciamento de resíduos e instalação de tratamento primário (ElektroG/WEEE-Directive) na Alemanha desde outubro de 2023.
Se sua empresa possui filiais escreva onde estão localizadas:	Sem informação	Não possui
Qual a maior dificuldade enfrentada no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	Falta de conscientização da população com relação ao destino correto dos painéis e Falta de incentivos governamentais

### Empresa do Brasil

	Busca Web	Formulário
Perguntas	SunR	
A empresa realiza qual tipo de reciclagem?	<i>Upcycling e Downcycling</i>	<i>Upcycling</i>
Quais materiais dos painéis fotovoltaicos de primeira geração são reciclados?	Vidro, alumínio, silício, cabos, cobre, estanho e prata	Vidro, alumínio, silício, célula de silício, encapsulante (EVA), <i>Backsheet</i> , cabos, cobre, estanho, prata e chumbo
Os painéis fotovoltaicos reciclados em sua empresa, resultam em materiais usados para:	Sem informação	Utilizado como matéria prima para fabricação em outras indústrias
Se os materiais reciclados são usados como matéria prima para outras indústrias, escreva qual o segmento destas indústrias:	Sem informação	Não respondeu

Considerando que o painel pesa 100%, qual a porcentagem do peso total reciclado por sua empresa?	80%	97%
Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa?	Sem informação	Política Nacional de Resíduos Sólidos
Quais as maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações/diretivas que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	Nenhuma
Sua empresa possui parcerias/cooperações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Universidades, Centros de pesquisa e Associações	Universidades, Centros de pesquisa, Organizações governamentais e Fabricantes de painéis fotovoltaicos
Se sua empresa possui certificações escreva quais:	Sem informação	Não há nenhuma específica
Se sua empresa possui filiais escreva onde estão localizadas:	MG, SP, SC	Montes Claros MG, Valinhos SP, Florianópolis SC
Qual a maior dificuldade enfrentada no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	Logística reversa e Falta de conscientização da população com relação ao destino correto dos painéis

### Empresas da Austrália

	Busca Web	Formulário	Busca IA - Copilot®
<b>Perguntas</b>	<b>Elecsome Pty. Ltd, Ojas Group</b>		
A empresa realiza qual tipo de reciclagem?	<i>Upcycling</i>	S/R	<i>Upcycling e Downcycling</i>
Quais materiais dos painéis fotovoltaicos de primeira geração são reciclados?	Vidro, alumínio, silício, célula de silício, encapsulante (EVA), <i>Backsheet</i> , cabos, cobre, estanho, prata e chumbo	S/R	Vidro, alumínio, silício, célula de silício, encapsulante (EVA), <i>Backsheet</i> , cabos, cobre, estanho, prata e chumbo
Os painéis fotovoltaicos reciclados em sua empresa, resultam em materiais usados para:	Utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores	S/R	Fabricação de novos painéis fotovoltaicos e utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores
Se os materiais reciclados são usados como matéria prima para outras indústrias, escreva qual o segmento destas indústrias:	Setores da construção	S/R	Os materiais reciclados são usados nos setores de construção, eletrônicos e automotivo
Considerando que o painel pesa 100%, qual a porcentagem do peso total reciclado por sua empresa?	97%	S/R	97%
Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa?	Cumprem os requisitos ESG, EPA e outros requisitos estatutários e regulamentares para reciclagem de painéis solares	S/R	Agência de Proteção Ambiental (EPA), regulamentações específicas do estado e outras leis locais de proteção ambiental
Quais as maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações/diretivas que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Complexidade da conformidade com diversas regulamentações internacionais, os altos custos associados aos processos de reciclagem e a necessidade de avanços tecnológicos contínuos para atender aos padrões regulatórios

Sua empresa possui parcerias/cooperações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem, Organizações governamentais, Fabricantes de painéis fotovoltaicos e Associações	S/R	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem, Organizações governamentais, Fabricantes de painéis fotovoltaicos e Associações
Se sua empresa possui certificações escreva quais:	Sem informação	S/R	ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001
Se sua empresa possui filiais escreva onde estão localizadas:	Richmond Valley (NSW), Toowoomba (QLD), Wellington Shire (VIC), and East Pilbara (WA)	S/R	Richmond Valley (NSW), Toowoomba (QLD), Wellington Shire (VIC), and East Pilbara (WA)
Qual a maior dificuldade enfrentada no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Logística reversa, Custo de reciclagem, Falta de mão de obra qualificada, Complexidade dos materiais, Falta de conscientização do público em relação ao descarte correto dos outdoors, Falta de parcerias e Falta de incentivos governamentais

	Busca <i>Web</i>	Formulário	Busca IA - <i>Copilot</i> ®
<b>Perguntas</b>	<b>Infoactiv Group PTY LTD</b>		
A empresa realiza qual tipo de reciclagem?	Sem informação	S/R	<i>Upcycling e Downcycling</i>
Quais materiais dos painéis fotovoltaicos de primeira geração são reciclados?	Sem informação	S/R	Vidro, alumínio, silício, célula de silício, encapsulante (EVA), Backsheet, cabos, cobre, estanho, prata e chumbo
Os painéis fotovoltaicos reciclados em sua empresa, resultam em materiais usados para:	Sem informação	S/R	Fabricação de novos painéis fotovoltaicos e utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores
Se os materiais reciclados são usados como matéria prima para outras indústrias, escreva qual o segmento destas indústrias:	Sem informação	S/R	Os materiais reciclados são usados nos setores de construção, eletrônicos e automotivo
Considerando que o painel pesa 100%, qual a porcentagem do peso total reciclado por sua empresa?	Sem informação	S/R	85%
Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa?	Sem informação	S/R	Agência de Proteção Ambiental (EPA) e outras leis locais de proteção ambiental
Quais as maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações/diretivas que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Complexidade da conformidade com diversas regulamentações internacionais, os altos custos associados aos processos de reciclagem e a necessidade de avanços tecnológicos contínuos para atender aos padrões regulatórios
Sua empresa possui parcerias/cooperações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem, Organizações governamentais, Fabricantes de painéis fotovoltaicos e Associações
Se sua empresa possui certificações escreva quais:	Sem informação	S/R	ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001
Se sua empresa possui filiais escreva onde estão localizadas:	Sem informação	S/R	Não possui

Qual a maior dificuldade enfrentada no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Logística reversa, Custo de reciclagem, Falta de mão de obra qualificada, Complexidade dos materiais, Falta de conscientização do público em relação ao descarte correto dos outdoors, Falta de parcerias e Falta de incentivos governamentais
--	----------------	-----	--

	Busca <i>Web</i>	Formulário
Perguntas	Lotus Energy Recycling	
A empresa realiza qual tipo de reciclagem?	Sem informação	<i>Upcycling</i>
Quais materiais dos painéis fotovoltaicos de primeira geração são reciclados?	Sem informação	Vidro, alumínio, silício, célula de silício, encapsulante (EVA), <i>Backsheet</i> , cabos, cobre, estanho, prata e chumbo
Os painéis fotovoltaicos reciclados em sua empresa, resultam em materiais usados para:	Sem informação	Fabricação de novos painéis fotovoltaicos e utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores
Se os materiais reciclados são usados como matéria prima para outras indústrias, escreva qual o segmento destas indústrias:	Sem informação	Nano silício para baterias e vidro para reboco
Considerando que o painel pesa 100%, qual a porcentagem do peso total reciclado por sua empresa?	100%	100%
Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa?	Sem informação	O estado de Victoria, na Austrália, proibiu o uso de painéis solares em aterros sanitários. Isso só impediu que as empresas profissionais os enviassem para aterros sanitários. A maioria ainda os descarta ou envia para a África porque não há penalidades punitivas em vigor
Quais as maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações/diretivas que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	Convencer os operadores a fazerem o que é certo
Sua empresa possui parcerias/cooperações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem, Organizações governamentais, Fabricantes de painéis fotovoltaicos e Associações	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem, Organizações governamentais, Fabricantes de painéis fotovoltaicos e Associações
Se sua empresa possui certificações escreva quais:	Sem informação	Nenhuma
Se sua empresa possui filiais escreva onde estão localizadas:	Sem informação	Ainda não, mas há vários em planejamento. Alemanha, Índia, França e Canadá, além de mais 2 localmente
Qual a maior dificuldade enfrentada no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	Logística reversa, Custo de reciclagem, Complexidade dos materiais, Falta de conscientização do público em relação ao descarte correto dos outdoors e Falta de incentivos governamentais

	Busca <i>Web</i>	Formulário	Busca IA - <i>Copilot</i> ®
Perguntas	PV Industries Pty. Ltd.		
A empresa realiza qual tipo de reciclagem?	<i>Upcycling</i>	S/R	<i>Upcycling e Downcycling</i>

Quais materiais dos painéis fotovoltaicos de primeira geração são reciclados?	Vidro, alumínio, cabos, cobre, estanho, prata e chumbo	S/R	Vidro, alumínio, silício, célula de silício, encapsulante (EVA), <i>Backsheet</i> , cabos, cobre, estanho, prata e chumbo
Os painéis fotovoltaicos reciclados em sua empresa, resultam em materiais usados para:	Sem informação	S/R	Fabricação de novos painéis fotovoltaicos e utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores
Se os materiais reciclados são usados como matéria prima para outras indústrias, escreva qual o segmento destas indústrias:	Sem informação	S/R	Os materiais reciclados são usados nos setores de construção, eletrônicos e automotivo
Considerando que o painel pesa 100%, qual a porcentagem do peso total reciclado por sua empresa?	Sem informação	S/R	90%
Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa?	Sem informação	S/R	A principal legislação inclui a proibição do lixo eletrônico de Victoria, que proíbe que os painéis solares sejam enviados para aterros sanitários.
Quais as maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações/diretivas que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Complexidade dos materiais, a falta de conscientização do público e a necessidade de tecnologia avançada de reciclagem.
Sua empresa possui parcerias/cooperações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem, Organizações governamentais, Fabricantes de painéis fotovoltaicos e Associações	S/R	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem, Organizações governamentais, Fabricantes de painéis fotovoltaicos e Associações
Se sua empresa possui certificações escreva quais:	Sem informação	S/R	A PV Industries possui certificações para gerenciamento ambiental e padrões de reciclagem
Se sua empresa possui filiais escreva onde estão localizadas:	Sidney e Melbourne	S/R	Sidney e Melbourne
Qual a maior dificuldade enfrentada no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Logística reversa, Custo de reciclagem, Complexidade dos materiais, Falta de conscientização do público em relação ao descarte correto dos outdoors e Falta de incentivos governamentais

	Busca Web	Formulário	Busca IA - Copilot®
<b>Perguntas</b>	<b>Solar Professionals (KGM Services Pty Ltd)</b>		
A empresa realiza qual tipo de reciclagem?	<i>Upcycling</i>	S/R	<i>Upcycling e Downcycling</i>
Quais materiais dos painéis fotovoltaicos de primeira geração são reciclados?	Vidro, alumínio, silício, EVA, <i>Backsheet</i> , cabos, cobre e prata	S/R	Vidro, alumínio, silício, célula de silício, encapsulante (EVA), <i>Backsheet</i> , cabos, cobre, estanho, prata e chumbo
Os painéis fotovoltaicos reciclados em sua empresa, resultam em materiais usados para:	Utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores	S/R	Fabricação de novos painéis fotovoltaicos e utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores
Se os materiais reciclados são usados como matéria prima para outras indústrias, escreva qual o segmento destas indústrias:	Sem informação	S/R	Vários setores de fabricação, incluindo eletrônicos e construção
Considerando que o painel pesa 100%, qual a porcentagem do peso total reciclado por sua empresa?	Sem informação	S/R	90%
Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa?	EPA Circular Solar Trials e a Estratégia Nacional de Resíduos	S/R	Programa de subsídios NSW EPA Circular Solar Trials e a Estratégia Nacional de Resíduos

Quais as maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações/diretivas que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Complexidade dos materiais, a falta de conscientização do público e a necessidade de tecnologia avançada de reciclagem.
Sua empresa possui parcerias/cooperações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem, Organizações governamentais, Fabricantes de painéis fotovoltaicos	Sem resposta	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem, Organizações governamentais e Fabricantes de painéis fotovoltaicos
Se sua empresa possui certificações escreva quais:	ISO 9001, ISO 14001 e AS/NZS 4801:2001	S/R	ISO 9001, ISO 14001 e AS/NZS 4801:2001
Se sua empresa possui filiais escreva onde estão localizadas:	Wagga Wagga, Bendigo, Wodonga e East Melbourne	S/R	Wagga Wagga, Bendigo, Wodonga e East Melbourne
Qual a maior dificuldade enfrentada no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Logística reversa, Custo de reciclagem, Complexidade dos materiais, Falta de conscientização do público em relação ao descarte correto dos outdoors e Falta de incentivos governamentais

	Busca Web	Formulário	Busca IA - Copilot®
<b>Perguntas</b>	<b>Busca Web</b>		
A empresa realiza qual tipo de reciclagem?	<i>Upcycling</i>	S/R	<i>Upcycling e Downcycling</i>
Quais materiais dos painéis fotovoltaicos de primeira geração são reciclados?	Vidro, alumínio, silício, EVA, <i>Backsheet</i> , cabos e cobre	S/R	Vidro, alumínio, silício, célula de silício, encapsulante (EVA), <i>Backsheet</i> , cabos, cobre, estanho, prata e chumbo
Os painéis fotovoltaicos reciclados em sua empresa, resultam em materiais usados para:	Sem informação	S/R	Fabricação de novos painéis fotovoltaicos e utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores
Se os materiais reciclados são usados como matéria prima para outras indústrias, escreva qual o segmento destas indústrias:	Sem informação	S/R	Vários setores de fabricação, incluindo eletrônicos e construção
Considerando que o painel pesa 100%, qual a porcentagem do peso total reciclado por sua empresa?	99%	S/R	99%
Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa?	WEEE, Política Nacional de Resíduos de 2018 (Estratégia Nacional de Resíduos); Política de Economia Circular Vitoriana 2020; Política de Gestão de Resíduos e-waste 2019 e Diretrizes da EPA para armazenamento, transporte e processamento de lixo eletrônico 2021.	S/R	WEEE, Política Nacional de Resíduos de 2018; Menos Resíduos, Mais Recursos; Política de Economia Circular Vitoriana 2020; Política de Gestão de Resíduos e-waste 2019 e Diretrizes da EPA para armazenamento, transporte e processamento de lixo eletrônico 2021.
Quais as maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações/diretivas que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Complexidade dos materiais, a falta de conscientização do público e a necessidade de tecnologia avançada de reciclagem.

Sua empresa possui parcerias/cooperações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem, Organizações governamentais e Fabricantes de painéis fotovoltaicos	S/R	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem, Organizações governamentais e Fabricantes de painéis fotovoltaicos
Se sua empresa possui certificações escreva quais:	Sem informação	S/R	Certificações de gerenciamento ambiental e padrões de reciclagem
Se sua empresa possui filiais escreva onde estão localizadas:	Melbourne, Bendigo, Biloela	S/R	Queensland e Vitória
Qual a maior dificuldade enfrentada no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Logística reversa, Custo de reciclagem, Complexidade dos materiais, Falta de conscientização do público em relação ao descarte correto dos outdoors e Falta de incentivos governamentais

### Empresa da Espanha

	Busca Web	Formulário	Busca IA - Copilot®
<b>Perguntas</b>	<b>Soluciona Energia</b>		
A empresa realiza qual tipo de reciclagem?	Sem informação	S/R	<i>Upcycling e Downcycling</i>
Quais materiais dos painéis fotovoltaicos de primeira geração são reciclados?	Sem informação	S/R	Vidro, alumínio, silício, célula de silício, encapsulante (EVA), <i>Backsheet</i> , cabos, cobre, estanho, prata e chumbo
Os painéis fotovoltaicos reciclados em sua empresa, resultam em materiais usados para:	Sem informação	S/R	Fabricação de novos painéis fotovoltaicos e utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores
Se os materiais reciclados são usados como matéria prima para outras indústrias, escreva qual o segmento destas indústrias:	Sem informação	S/R	Os materiais reciclados são usados nos setores de construção, eletrônicos e automotivo
Considerando que o painel pesa 100%, qual a porcentagem do peso total reciclado por sua empresa?	Sem informação	S/R	90%
Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa?	Sem informação	S/R	Diretiva de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (WEEE) da União Europeia e o Decreto Real 110/2015 da Espanha sobre resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos.
Quais as maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações/diretivas que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Complexidade dos materiais, a falta de conscientização do público e a necessidade de tecnologia avançada de reciclagem.
Sua empresa possui parcerias/cooperações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Universidades, Centros de pesquisa, Organizações governamentais	S/R	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem, Organizações governamentais, Fabricantes de painéis fotovoltaicos
Se sua empresa possui certificações escreva quais:	Sem informação	S/R	Certificações de gestão ambiental e padrões de reciclagem, incluindo a ISO 14001
Se sua empresa possui filiais escreva onde estão localizadas:	Sem informação	S/R	Madri e Barcelona
Qual a maior dificuldade enfrentada no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Logística reversa, Custo de reciclagem, Falta de mão de obra qualificada, Complexidade dos materiais, Falta de conscientização do público em relação ao descarte correto dos outdoors, Falta de

			parcerias e Falta de incentivos governamentais
--	--	--	--

### Empresas da Itália

	Busca Web	Formulário	Busca IA - Copilot®
Perguntas	ECO PV		
A empresa realiza qual tipo de reciclagem?	<i>Upcycling</i>	S/R	<i>Upcycling e Downcycling</i>
Quais materiais dos painéis fotovoltaicos de primeira geração são reciclados?	Vidro, alumínio, silício, célula de silício, encapsulante (EVA), <i>Backsheet</i> , cabos, cobre, estanho, prata e chumbo	S/R	Vidro, alumínio, silício, célula de silício, encapsulante (EVA), <i>Backsheet</i> , cabos, cobre, estanho, prata e chumbo
Os painéis fotovoltaicos reciclados em sua empresa, resultam em materiais usados para:	Sem informação	S/R	Fabricação de novos painéis fotovoltaicos e utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores
Se os materiais reciclados são usados como matéria prima para outras indústrias, escreva qual o segmento destas indústrias:	Sem informação	S/R	Os materiais reciclados são usados nos setores de construção, eletrônicos e automotivo
Considerando que o painel pesa 100%, qual a porcentagem do peso total reciclado por sua empresa?	99,90%	S/R	99,90%
Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa?	WEEE, Decreto Legislativo 49/2014	S/R	Diretiva de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (WEEE) da União Europeia e o Decreto Legislativo 49/2014 da Itália sobre resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos
Quais as maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações/diretivas que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Complexidade dos materiais, a falta de conscientização do público e a necessidade de tecnologia avançada de reciclagem
Sua empresa possui parcerias/cooperações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Centros de pesquisa	S/R	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem, Organizações governamentais, Fabricantes de painéis fotovoltaicos e Associações
Se sua empresa possui certificações escreva quais:	ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001	S/R	ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001
Se sua empresa possui filiais escreva onde estão localizadas:	Milão e Roma	S/R	Milão e Roma
Qual a maior dificuldade enfrentada no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Logística reversa, Custo de reciclagem, Falta de mão de obra qualificada, Complexidade dos materiais, Falta de conscientização do público em relação ao descarte correto dos outdoors, Falta de parcerias e Falta de incentivos governamentais

	Busca Web	Formulário
Perguntas	Tialpi s.r.l	
A empresa realiza qual tipo de reciclagem?	<i>Upcycling e Downcycling</i>	<i>Upcycling</i>
Quais materiais dos painéis fotovoltaicos de primeira geração são reciclados?	Vidro, alumínio, silício e cobre	Vidro, alumínio, silício, encapsulante (EVA), cabos, cobre e prata

Os painéis fotovoltaicos reciclados em sua empresa, resultam em materiais usados para:	Sem informação	Utilizado como matéria prima para fabricação em outras indústrias
Se os materiais reciclados são usados como matéria prima para outras indústrias, escreva qual o segmento destas indústrias:	Sem informação	Vidrarias, fundições Alumínio, cobre, metais preciosos
Considerando que o painel pesa 100%, qual a porcentagem do peso total reciclado por sua empresa?	98%	98%
Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa?	Sem informação	Lei 152/2006
Quais as maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações/diretivas que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	Nenhuma
Sua empresa possui parcerias/cooperações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	Centros de pesquisa e Organizações governamentais
Se sua empresa possui certificações escreva quais:	Sem informação	ISO 9001 e ISO 14001
Se sua empresa possui filiais escreva onde estão localizadas:	Sem informação	Não possui
Qual a maior dificuldade enfrentada no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	Não respondeu

	Busca Web	Formulário	Busca IA - Copilot®
<b>Perguntas</b>	<b>Yousolar s.l.r.</b>		
A empresa realiza qual tipo de reciclagem?	Sem informação	S/R	<i>Upcycling e Downcycling</i>
Quais materiais dos painéis fotovoltaicos de primeira geração são reciclados?	Sem informação	S/R	Vidro, alumínio, silício, célula de silício, encapsulante (EVA), Backsheet, cabos, cobre, estanho, prata e chumbo
Os painéis fotovoltaicos reciclados em sua empresa, resultam em materiais usados para:	Sem informação	S/R	Fabricação de novos painéis fotovoltaicos e utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores
Se os materiais reciclados são usados como matéria prima para outras indústrias, escreva qual o segmento destas indústrias:	Sem informação	S/R	Os materiais reciclados são usados nos setores de construção, eletrônicos e automotivo
Considerando que o painel pesa 100%, qual a porcentagem do peso total reciclado por sua empresa?	95%	S/R	99%
Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa?	WEEE, Decreto Legislativo 49/2014	S/R	WEEE, Decreto Legislativo 49/2014
Quais as maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações/diretivas que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Complexidade dos materiais, a falta de conscientização do público e a necessidade de tecnologia avançada de reciclagem.
Sua empresa possui parcerias/cooperações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Universidades, Centros de pesquisa, outras empresas de reciclagem, Organizações governamentais, Fabricantes de painéis fotovoltaicos e Associações

Se sua empresa possui certificações escreva quais:	Sem informação	S/R	ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001
Se sua empresa possui filiais escreva onde estão localizadas:	Sem informação	S/R	Milão e Roma
Qual a maior dificuldade enfrentada no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos?	Sem informação	S/R	Logística reversa, Custo de reciclagem, Falta de mão de obra qualificada, Complexidade dos materiais, Falta de conscientização do público em relação ao descarte correto dos outdoors, Falta de parcerias e Falta de incentivos governamentais

## ANEXO D – Análise descritiva

### Pergunta 2 - A empresa realiza qual tipo de reciclagem?

Empresa	Tipo de reciclagem	Empresa	Tipo de reciclagem
JA Solar	Upcycling	Shirakawa Syouten	Upcycling
Suzhou Green Source Photovoltaic Technology Co., Ltd.! - LZY Solar	Upcycling	Sunada Co., Ltd.	Upcycling
Sinopower Holding	Downcycling	Tokyo Power Technology, Ltd.	Downcycling
Yingli Energy Co.	Upcycling	Luxchem Tech	Upcycling
Cleanlites Recycling	Upcycling	Reiling GmbH & Co. KG	Upcycling
Electronic Recycling & IT Asset Disposition Services	Upcycling	Rinovasol	Upcycling
Good Sun	S/R	Solar Materials GmbH	Upcycling
Green Century Electronics Recycling	S/R	SunR	Upcycling
Green Clean Solar	Upcycling	Eleosome Pty. Ltd, Ojas Group	Upcycling
Interco Trading, Inc.	Upcycling	Infoactiv Group PTY LTD	S/R
Recycle 1234	Upcycling	Lotus Energy Recycling	Upcycling
SolarCycle	Upcycling	PV Industries Pty. Ltd.	Upcycling
We Recycle Solar, Inc.	Upcycling	Solar Professionals (KGM Services Pty Ltd)	Upcycling
Eiki Shoji	Upcycling	Solar Recovery Corporation	Upcycling
Kinki Denden Yuso, Ltd.	S/R	Solucciona Energia	S/R
Mitsukaido Sangyo	Upcycling	ECO PV	Upcycling
Okaishi Construction Co., Ltd. (Kousai)	Upcycling	Tialpi s.r.l	Upcycling
RecycleTech Co., Ltd.	S/R	Yousolar s.l.r.	S/R
Re-Tem Corporation	Upcycling		

### Pergunta 3 - Quais materiais dos painéis fotovoltaicos de primeira geração são reciclados?

Empresa	Vidro	Al	Cu	Ag	Cabos	Si	Célula de Si	(EVA)	Backsheet	Sn	Pb	%
JA Solar	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	68,00%
Suzhou Green Source Photovoltaic Technology Co., Ltd.! - LZY Solar	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100,00%
Sinopower Holding	X				X			X	X			36,36%

Yingli Energy Co.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100,00%	
Cleanlites Recycling	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	68,00%	
Electronic Recycling & IT Asset Disposition Services	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100,00%	
Good Sun	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	68,00%	
Green Century Electronics Recycling	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	68,00%	
Green Clean Solar	X	X	X	X	X	X	X	X	X			81,82%	
Interco Trading, Inc.		X	X	X			X			X	X	54,55%	
Recycle 1234	X	X	X	X	X	X						54,55%	
SolarCycle	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100,00%	
We Recycle Solar, Inc.	X	X	X	X								36,36%	
Eiki Shoji		X	X	X	X	X	X					54,55%	
Kinki Denden Yuso, Ltd.	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	68,00%	
Mitsukaido Sangyo	X	X		X			X	X	X			54,55%	
Okaishi Construction Co., Ltd. (Kousai)	X	X	X	X								36,36%	
RecycleTech Co., Ltd.	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	68,00%	
Re-Tem Corporation			X	X						X	X	36,36%	
Shirakawa Syouten	X	X	X		X			X	X			54,55%	
Sunada Co., Ltd.	X	X	X	X			X		X			54,55%	
Tokyo Power Technology, Ltd.	X											9,09%	
Luxchem Tech	X	X	X	X	X	X	X			X		72,73%	
Reiling GmbH & Co. KG	X	X	X	X	X	X	X					63,64%	
Rinovasol	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	90,91%	
Solar Materials GmbH	X	X	X	X	X	X	X	X	X			81,82%	
SunR	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100,00%	
Elecsome Pty. Ltd, Ojas Group	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100,00%	
Infoactiv Group PTY LTD	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	68,00%	
Lotus Energy Recycling	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100,00%	
PV Industries Pty. Ltd.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100,00%	
Solar Professionals (KGM Services Pty Ltd)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100,00%	
Solar Recovery Corporation	X	X	X		X	X		X	X			63,64%	
Solucionera Energia	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	68,00%	
ECO PV	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100,00%	
Tialpi s.r.l	X	X	X	X	X	X		X				63,64%	
Yousolar s.l.r.	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	68,00%	
												<b>Mediana</b>	<b>68,00%</b>

Pergunta 4 - Os painéis fotovoltaicos reciclados em sua empresa, resultam em materiais usados para:

<b>Empresa</b>	<b>Fabricação de novos painéis fotovoltaicos</b>	<b>Utilizado como matéria-prima para fabricação em outros setores</b>	<b>Valor numérico adotado</b>
JA Solar	X	X	3

Suzhou Green Source Photovoltaic Technology Co., Ltd. - LZY Solar	S/R	S/R	2
Sinopower Holding	S/R	S/R	2
Yingli Energy Co.	X	X	3
Cleanlites Recycling	S/R	S/R	2
Electronic Recycling & IT Asset Disposition Services	S/R	S/R	2
Good Sun	S/R	S/R	2
Green Century Electronics Recycling	S/R	S/R	2
Green Clean Solar	X	X	3
Interco Trading, Inc.		X	2
Recycle 1234	S/R	S/R	2
SolarCycle	X	X	3
We Recycle Solar, Inc.	S/R	S/R	2
Eiki Shoji		X	2
Kinki Denden Yuso, Ltd.	S/R	S/R	2
Mitsukaido Sangyo		X	2
Okaishi Construction Co., Ltd. (Kousai)	S/R	S/R	2
RecycleTech Co., Ltd.	S/R	S/R	2
Re-Tem Corporation	S/R	S/R	2
Shirakawa Syouten	S/R	S/R	2
Sunada Co., Ltd.	S/R	S/R	2
Tokyo Power Technology, Ltd.	S/R	S/R	2
Luxchem Tech		X	2
Reiling GmbH & Co. KG		X	2
Rinovasol	S/R	S/R	2
Solar Materials GmbH		X	2
SunR		X	2
Elecsome Pty. Ltd, Ojas Group	X	X	3
Infoactiv Group PTY LTD	S/R	S/R	2
Lotus Energy Recycling	X	X	3
PV Industries Pty. Ltd.	S/R	S/R	2
Solar Professionals (KGM Services Pty Ltd)		X	2
Solar Recovery Corporation	S/R	S/R	2
Solucionera Energia	S/R	S/R	2
ECO PV	S/R	S/R	2
Tialpi s.r.l		X	2
Yousolar s.l.r.	S/R	S/R	2
		Mediana	2

Pergunta 5 - Se os materiais reciclados são usados como matéria prima para outras indústrias, escreva qual o segmento destas indústrias:

Empresa	Indústria de construção civil	Indústria de eletrônicos	Indústria automotiva	Indústria metalúrgica	%
JA Solar	S/R	S/R	S/R	S/R	50%

Suzhou Green Source Photovoltaic Technology Co., Ltd.! - LZY Solar	S/R	S/R	S/R	S/R	50%
Sinopower Holding	S/R	S/R	S/R	S/R	50%
Yingli Energy Co.	X	X	X		75%
Cleanlites Recycling	S/R	S/R	S/R	S/R	50%
Electronic Recycling & IT Asset Disposition Services	S/R	S/R	S/R	S/R	50%
Good Sun	S/R	S/R	S/R	S/R	50%
Green Century Electronics Recycling	S/R	S/R	S/R	S/R	50%
Green Clean Solar			X		25%
Interco Trading, Inc.	S/R	S/R	S/R	S/R	50%
Recycle 1234	S/R	S/R	S/R	S/R	50%
SolarCycle	X	X	X		75%
We Recycle Solar, Inc.	S/R	S/R	S/R	S/R	50%
Eiki Shoji				X	25%
Kinki Denden Yuso, Ltd.	S/R	S/R	S/R	S/R	50%
Mitsukaido Sangyo	X			X	50%
Okaishi Construction Co., Ltd. (Kousai)	S/R	S/R	S/R	S/R	50%
RecycleTech Co., Ltd.	S/R	S/R	S/R	S/R	50%
Re-Tem Corporation	S/R	S/R	S/R	S/R	50%
Shirakawa Syouten	S/R	S/R	S/R	S/R	50%
Sunada Co., Ltd.	S/R	S/R	S/R	S/R	50%
Tokyo Power Technology, Ltd.	S/R	S/R	S/R	S/R	50%
Luxchem Tech				X	25%
Reiling GmbH & Co. KG	S/R	S/R	S/R	S/R	50%
Rinovasol	S/R	S/R	S/R	S/R	50%
Solar Materials GmbH	X	X		X	75%
SunR	S/R	S/R	S/R	S/R	50%
Elecsome Pty. Ltd, Ojas Group	X				25%
Infoactiv Group PTY LTD	S/R	S/R	S/R	S/R	50%
Lotus Energy Recycling	X	X			50%
PV Industries Pty. Ltd.	S/R	S/R	S/R	S/R	50%
Solar Professionals (KGM Services Pty Ltd)	S/R	S/R	S/R	S/R	50%
Solar Recovery Corporation	S/R	S/R	S/R	S/R	50%
Solucionaria Energia	S/R	S/R	S/R	S/R	50%
ECO PV	S/R	S/R	S/R	S/R	50%
Tialpi s.r.l	X	X		X	75%
Yousolar s.l.r.	S/R	S/R	S/R	S/R	50%
				<b>Mediana</b>	<b>50%</b>

Pergunta 6 - Considerando que o painel pesa 100%, qual a porcentagem do peso total reciclado por sua empresa?

<b>Empresa</b>	<b>% reciclado</b>	<b>% após mediana</b>
JA Solar	S/R	95%

Suzhou Green Source Photovoltaic Technology Co., Ltd.! - LZY Solar	S/R	95%
Sinopower Holding	95%	95%
Yingli Energy Co.	85%	85%
Cleanlites Recycling	S/R	95%
Electronic Recycling & IT Asset Disposition Services	S/R	95%
Good Sun	S/R	95%
Green Century Electronics Recycling	S/R	95%
Green Clean Solar	80%	80%
Interco Trading, Inc.	90%	90%
Recycle 1234	S/R	95%
SolarCycle	95%	95%
We Recycle Solar, Inc.	S/R	95%
Eiki Shoji	80%	80%
Kinki Denden Yuso, Ltd.	S/R	95%
Mitsukaido Sangyo	S/R	95%
Okaishi Construction Co., Ltd. (Kousai)	90%	90%
RecycleTech Co., Ltd.	S/R	95%
Re-Tem Corporation	S/R	95%
Shirakawa Syouten	S/R	95%
Sunada Co., Ltd.	90%	90%
Tokyo Power Technology, Ltd.	S/R	95%
Luxchem Tech	90%	90%
Reiling GmbH & Co. KG	82,5%	82,5%
Rinivasol	95%	95%
Solar Materials GmbH	98%	98%
SunR	97%	97%
Elecsome Pty. Ltd, Ojas Group	97%	97%
Infoactiv Group PTY LTD	S/R	95%
Lotus Energy Recycling	100%	100%
PV Industries Pty. Ltd.	S/R	95%
Solar Professionals (KGM Services Pty Ltd)	S/R	95%
Solar Recovery Corporation	99%	99%
Solucciona Energia	S/R	95%
ECO PV	99,9%	99,9%
Tialpi s.r.l	98%	98%
Yousolar s.l.r.	95%	95%
	Mediana	95%

Pergunta 7 - Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa? (Tabela antes do agrupamento)

Empresa	Diretiva WEEE	Diretiva RoHS	Diretiva REACH	Responsabilidade Estendida ao Produtor (REP)	Diretrizes do Departamento de Qualidade Ambiental de Michigan (MDEQ)	Agência de Proteção Ambiental (EPA)	Agência de Controle de Poluição de Minnesota (MPCA)
JA Solar	X	X	X	X	-	-	-
Suzhou Green Source Photovoltaic Technology Co., Ltd.! - LZY Solar	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Sinopower Holding	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Yingli Energy Co.	-	-	-	X	-	-	-
Cleanlites Recycling	-	-	-	-	X	X	X
Electronic Recycling & IT Asset Disposition Services	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Good Sun	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Green Century Electronics Recycling	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Green Clean Solar	-	-	-	-	-	-	-
Interco Trading, Inc.	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Recycle 1234	-	-	-	-	-	-	-
SolarCycle	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
We Recycle Solar, Inc.	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Eiki Shoji	-	-	-	-	-	-	-
Kinki Denden Yuso, Ltd.	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Mitsukaido Sangyo	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Okaishi Construction Co., Ltd. (Kousai)	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
RecycleTech Co., Ltd.	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Re-Tem Corporation	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Shirakawa Syouten	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Sunada Co., Ltd.	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Tokyo Power Technology, Ltd.	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Luxchem Tech	X	-	-	-	-	-	-
Reiling GmbH & Co. KG	X	-	-	-	-	-	-
Rinovasol	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Solar Materials GmbH	X	-	-	-	-	-	-
SunR	-	-	-	-	-	-	-
Elecsome Pty. Ltd, Ojas Group	-	-	-	-	-	X	-
Infoactiv Group PTY LTD	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Lotus Energy Recycling	-	-	-	-	-	X	-
PV Industries Pty. Ltd.	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Solar Professionals (KGM Services Pty Ltd)	-	-	-	-	-	X	-
Solar Recovery Corporation	X					X	
Solucionera Energia	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
ECO PV	X	-	-	-	-	-	-
Tialpi s.r.l	-	-	-	-	-	-	-
Yousolar s.l.r.	X	-	-	-	-	-	-



Empresa	Lei de Limpeza Pública (Japão)	Lei Federal de Controle de Emissões da Alemanha	Política Nacional de Resíduos Sólidos	Requisitos ESG	Não respondeu	Estratégia Nacional de Resíduos	Política de Economia Circular Vitoriana 2020	Política de Gestão de Resíduos e-waste 2019	Lei 152/2006
JA Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Suzhou Green Source Photovoltaic Technology Co., Ltd.! - LZY Solar	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Sinopower Holding	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Yingli Energy Co.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cleanlites Recycling	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Electronic Recycling & IT Asset Disposition Services	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Good Sun	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Green Century Electronics Recycling	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Green Clean Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Interco Trading, Inc.	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Recycle 1234	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SolarCycle	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
We Recycle Solar, Inc.	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Eiki Shoji	X	-	-	-	-	-	-	-	-
Kinki Denden Yuso, Ltd.	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Mitsukaido Sangyo	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Okaishi Construction Co., Ltd. (Kousai)	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
RecycleTech Co., Ltd.	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Re-Tem Corporation	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Shirakawa Syouten	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Sunada Co., Ltd.	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Tokyo Power Technology, Ltd.	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Luxchem Tech	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Reiling GmbH & Co. KG	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rinivasol	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Solar Materials GmbH	-	X	-	-	-	-	-	-	-
SunR	-	-	X	-	-	-	-	-	-
Elecsome Pty. Ltd, Ojas Group	-	-	-	X	-	-	-	-	-
Infoactiv Group PTY LTD	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Lotus Energy Recycling	-	-	-	-	X	-	-	-	-
PV Industries Pty. Ltd.	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Solar Professionals (KGM Services Pty Ltd)	-	-	-	-	-	X	-	-	-
Solar Recovery Corporation	-	-	-	-	-	X	X	X	-
Solucionaria Energia	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
ECO PV	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tialpi s.r.l	-	-	-	-	-	-	-	-	X
Yousolar s.l.r.	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Pergunta 7 - Quais as principais legislações/diretivas que regulam a reciclagem de painéis fotovoltaicos de sua empresa? (Tabela após o agrupamento realizado pelo ChatGPT®)

Empresa	Legislações da União Europeia	Políticas Nacionais de Resíduos	Legislações Ambientais dos Estados Unidos	Legislações Ambientais de Outros Países	Conceitos e Diretrizes Gerais	Não respondeu ou Não Aplicável
JA Solar	X	-	-	-	X	-
Suzhou Green Source Photovoltaic Technology Co., Ltd.! - LZY Solar	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Sinopower Holding	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Yingli Energy Co.	-	-	-	-	X	-
Cleanlites Recycling	-	-	X	-	-	-

Electronic Recycling & IT Asset Disposition Services	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Good Sun	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Green Century Electronics Recycling	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Green Clean Solar	-	-	-	-	-	X
Interco Trading, Inc.	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Recycle 1234	-	-	X	-	-	-
SolarCycle	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
We Recycle Solar, Inc.	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Eiki Shoji	-	-	-	X	-	-
Kinki Denden Yuso, Ltd.	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Mitsukaido Sangyo	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Okaishi Construction Co., Ltd. (Kousai)	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
RecycleTech Co., Ltd.	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Re-Tem Corporation	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Shirakawa Syouten	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Sunada Co., Ltd.	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Tokyo Power Technology, Ltd.	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Luxchem Tech	X	-	-	-	-	-
Reiling GmbH & Co. KG	X	-	-	-	-	-
Rinivasol	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Solar Materials GmbH	X	-	-	X	-	-
SunR	-	X	-	-	-	-
Elecsome Pty. Ltd, Ojas Group	-	-	X	-	X	-
Infoactiv Group PTY LTD	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Lotus Energy Recycling	-	X	-	-	-	-
PV Industries Pty. Ltd.	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
Solar Professionals (KGM Services Pty Ltd)	-	X	X	-	-	-
Solar Recovery Corporation	X	X	X			
Solucionera Energia	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R
ECO PV	X	-	-	-	-	-
Tialpi s.r.l	-	-	-	X	-	-
Yousolar s.l.r.	X	-	-	-	-	-



Pergunta 8 - Quais as maiores dificuldades enfrentadas no cumprimento das legislações/diretivas que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos? (Tabela após o agrupamento realizado pelo *ChatGPT*®)

Empresa	Regulamentação	Valor numérico atribuído	Custos	Valor numérico atribuído	Tecnologia	Valor numérico atribuído	Processo	Valor numérico atribuído	Comportamento	Valor numérico atribuído	Ausência de resposta
JA Solar	X	1	X	1	X	1	-	0	-	0	-
Suzhou Green Source Photovoltaic Technology Co., Ltd.! - LZY Solar	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R
Sinopower Holding	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R
Yingli Energy Co.	X	1	X	1	X	1	-	0	-	0	-
Cleanlites Recycling	X	1	X	1	X	1	-	0	-	0	-
Electronic Recycling & IT Asset Disposition Services	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R
Good Sun	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R
Green Century Electronics Recycling	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R
Green Clean Solar	X	1	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Interco Trading, Inc.	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R
Recycle 1234	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R
SolarCycle	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R
We Recycle Solar, Inc.	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R
Eiki Shoji	-	0	-	0	-	0	X	1	-	0	-
Kinki Denden Yuso, Ltd.	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R
Mitsukaido Sangyo	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R
Okaishi Construction Co., Ltd. (Kousai)	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R
RecycleTech Co., Ltd.	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R
Re-Tem Corporation	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R
Shirakawa Syouten	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R
Sunada Co., Ltd.	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R
Tokyo Power Technology, Ltd.	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R
Luxchem Tech	-	0	-	0	-	0	X	1	-	0	-
Reiling GmbH & Co. KG	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	X
Rinovasol	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R
Solar Materials GmbH	X	1	-	0	-	0	-	0	-	0	-
SunR	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	X
Elecsome Pty. Ltd, Ojas Group	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R
Infoactiv Group PTY LTD	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R
Lotus Energy Recycling	-	0	-	0	-	0	-	0	X	1	-
PV Industries Pty. Ltd.	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R
Solar Professionals (KGM Services Pty Ltd)	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R
Solar Recovery Corporation	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R
Solucionera Energia	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R
ECO PV	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R
Tialpi s.r.l	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	X
Yousolar s.l.r.	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R	0	S/R
	Mediana	0		0		0		0		0	

Pergunta 9 - Sua empresa possui parcerias/cooperações que envolvem a reciclagem de painéis fotovoltaicos?

Empresa	Universidades	Centros de pesquisa	Outras empresas de reciclagem	Organizações governamentais	Fabricantes de painéis fotovoltaicos	Associações	%
JA Solar	X	X	X	X	X	X	100,00%
Suzhou Green Source Photovoltaic Technology Co., Ltd.! - LZ Y Solar	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	75,00%
Sinopower Holding	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	75,00%
Yingli Energy Co.	X	X	X	X	X	X	100,00%
Cleanlites Recycling	-	-	-	-	-	X	16,67%
Electronic Recycling & IT Asset Disposition Services	-	-	-	-	-	X	16,67%
Good Sun	-	-	X	X	X	-	50,00%
Green Century Electronics Recycling	-	-	X	-	-	X	33,33%
Green Clean Solar	X	X	X	-	X	-	66,67%
Interco Trading, Inc.	X	X	X	X	X	X	100,00%
Recycle 1234	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	75,00%
SolarCycle	X	X	X	-	-	X	66,67%
We Recycle Solar, Inc.	X	X	X	-	X	X	83,33%
Eiki Shoji	-	-	X	X	-	-	33,33%
Kinki Denden Yuso, Ltd.	X	X	X	X	X	X	100,00%
Mitsukaido Sangyo	-	-	-	-	-	X	16,67%
Okaishi Construction Co., Ltd. (Kousai)	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	75,00%
RecycleTech Co., Ltd.	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	75,00%
Re-Tem Corporation	X	X	X	X	X	X	100,00%
Shirakawa Syouten	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	75,00%
Sunada Co., Ltd.	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	75,00%
Tokyo Power Technology, Ltd.	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	75,00%
Luxchem Tech	X	X	-	-	X	X	66,67%
Reiling GmbH & Co. KG	X	X	X	-	X	X	83,33%
Rinivasol	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	75,00%
Solar Materials GmbH	X	X	X	-	X	X	83,33%
SunR	X	X	-	X	X	-	66,67%
Elecsome Pty. Ltd, Ojas Group	X	X	X	X	X	X	100,00%
Infoactiv Group PTY LTD	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	75,00%
Lotus Energy Recycling	X	X	X	X	X	X	100,00%
PV Industries Pty. Ltd.	X	X	X	X	X	X	100,00%
Solar Professionals (KGM Services Pty Ltd)	X	X	X	X	X	-	83,33%
Solar Recovery Corporation	X	X	X	X	X	-	83,33%
Solucionaria Energia	X	X	-	X	-	-	50,00%
ECO PV	-	X	-	-	-	-	16,67%
Tialpi s.r.l	-	X	-	X	-	-	33,33%
Yousolar s.l.r.	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	75,00%
						Mediana	75,00%







Pergunta 10 - Se sua empresa possui certificações escreva quais: (Tabela após o agrupamento realizado pelo *ChatGPT*®)

Empresa	Normas ISO (Padrões Internacionais de Gestão)	Certificações Regionais e de Conformidade Técnica	Certificações Específicas de Reciclagem e Resíduos Perigosos	Certificações de Segurança e Privacidade de Dados	Certificações de Sustentabilidade e Responsabilidade Ambiental	Ausência de Certificação	Valor numérico adotado
JA Solar	X	-	-	-	-	-	1
Suzhou Green Source Photovoltaic Technology Co., Ltd.! - LZY Solar	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	1
Sinopower Holding	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	1
Yingli Energy Co.	X	X	-	-	-	-	1
Cleanlites Recycling	-	-	X	X	-	-	1
Electronic Recycling & IT Asset Disposition Services	X	-	X	-	X	-	1
Good Sun	-	-	X	-	-	-	1
Green Century Electronics Recycling	X	-	X	-	-	-	1
Green Clean Solar	-	-	-	-	-	X	0
Intercor Trading, Inc.	X	-	X	-	-	-	1
Recycle 1234	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	1
SolarCycle	X	-	-	-	-	-	1
We Recycle Solar, Inc.	X	-	-	-	-	-	1
Eiki Shoji	-	-	-	-	-	X	0
Kinki Denden Yuso, Ltd.	X	-	-	-	-	-	1
Mitsukaido Sangyo	X	-	-	-	-	-	1
Okaishi Construction Co., Ltd. (Kousai)	X	-	-	-	-	-	1
RecycleTech Co., Ltd.	X	-	-	-	-	-	1
Re-Tem Corporation	X	-	-	-	-	-	1
Shirakawa Syouten	-	-	-	-	X	-	1
Sunada Co., Ltd.	X	-	-	-	-	-	1
Tokyo Power Technology, Ltd.	X	-	-	-	-	-	1
Luxchem Tech	-	-	-	-	-	X	0
Reiling GmbH & Co. KG	X	-	-	-	X	-	1
Rinvasol	X	-	-	-	-	-	1
Solar Materials GmbH	X	-	-	-	-	-	1
SunR	-	-	-	-	-	X	0
Elecsome Pty. Ltd, Ojas Group	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	1
Infoactiv Group PTY LTD	X	-	-	-	-	-	1
Lotus Energy Recycling	-	-	-	-	-	X	0
PV Industries Pty. Ltd.	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	1
Solar Professionals (KGM Services Pty Ltd)	X	X	-	-	-	-	1
Solar Recovery Corporation	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	1
Solucionera Energia	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	1
ECO PV	X	-	-	-	-	-	1
Tialpi s.r.l	X	-	-	-	-	-	1
Yousolar s.l.r.	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	1
						Mediana	1























Pergunta 11 - Se sua empresa possui filiais escreva onde estão localizadas: (Tabela após o agrupamento realizado pelo *ChatGPT*®)

Empresa	Estados Unidos (EUA)	China	Japão	Alemanha	Coreia do Sul	Brasil	Austrália	Valor numérico adotado
JA Solar	X	X	X	X	X	X	X	1
Suzhou Green Source Photovoltaic Technology Co., Ltd.! - LZY Solar	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	1
Sinopower Holding	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	1
Yingli Energy Co.	X	X	X	-	-	X	X	1
Cleanlites Recycling	X	-	-	-	-	-	-	1
Electronic Recycling & IT Asset Disposition Services	X	-	-	-	-	-	-	1
Good Sun	X	-	-	-	-	-	-	1
Green Century Electronics Recycling	X	-	-	-	-	-	-	1
Green Clean Solar	-	-	-	-	-	-	-	0
Interco Trading, Inc.	X	-	-	-	-	-	-	1
Recycle 1234	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	1
SolarCycle	X	-	-	-	-	-	-	1
We Recycle Solar, Inc.	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	1
Eiki Shoji	-	-	X	-	-	-	-	1
Kinki Denden Yuso, Ltd.	-	-	X	-	-	-	-	1
Mitsukaido Sangyo	-	-	X	-	-	-	-	1
Okaishi Construction Co., Ltd. (Kousai)	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	1
RecycleTech Co., Ltd.	-	-	X	-	-	-	-	1
Re-Tem Corporation	-	-	X	-	-	-	-	1
Shirakawa Syouten	-	-	X	-	-	-	-	1
Sunada Co., Ltd.	-	-	X	-	-	-	-	1
Tokyo Power Technology, Ltd.	-	-	X	-	-	-	-	1
Luxchem Tech	-	-	-	-	-	-	-	0
Reiling GmbH & Co. KG	-	-	-	X	-	-	-	1
Rinovasol	-	-	-	X	-	-	-	1
Solar Materials GmbH	-	-	-	-	-	-	-	0
SunR	-	-	-	-	-	X	-	1
Elecsome Pty. Ltd, Ojas Group	-	-	-	-	-	-	X	1
Infoactiv Group PTY LTD	-	-	-	-	-	-	-	1
Lotus Energy Recycling	-	-	-	-	-	-	-	1
PV Industries Pty. Ltd.	-	-	-	-	-	-	X	1
Solar Professionals (KGM Services Pty Ltd)	-	-	-	-	-	-	X	1
Solar Recovery Corporation	-	-	-	-	-	-	X	1
Solucciona Energia	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	1
ECO PV	-	-	-	-	-	-	-	1
Tialpi s.r.l	-	-	-	-	-	-	-	1
Yousolar s.l.r.	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	1
							Mediana	1

Empresa	México	Espanha	Holanda	Dinamarca	Suécia	Polónia	Itália	Sem filial	Valor numérico adotado
JA Solar	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Suzhou Green Source Photovoltaic Technology Co., Ltd.! - LZY Solar	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	1
Sinopower Holding	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	1
Yingli Energy Co.	X	X	-	-	-	-	-	-	1
Cleanlites Recycling	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Electronic Recycling & IT Asset Disposition Services	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Good Sun	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Green Century Electronics Recycling	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Green Clean Solar	-	-	-	-	-	-	-	X	0
Interco Trading, Inc.	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Recycle 1234	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	1
SolarCycle	-	-	-	-	-	-	-	-	1
We Recycle Solar, Inc.	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	1
Eiki Shoji	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Kinki Denden Yuso, Ltd.	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Mitsukaido Sangyo	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Okaishi Construction Co., Ltd. (Kousai)	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	1
RecycleTech Co., Ltd.	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Re-Tem Corporation	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Shirakawa Syouten	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Sunada Co., Ltd.	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Tokyo Power Technology, Ltd.	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Luxchem Tech	-	-	-	-	-	-	-	X	0
Reiling GmbH & Co. KG	-	-	X	X	X	X	-	-	1
Rinivasol	-	-	X	-	-	-	-	-	1
Solar Materials GmbH	-	-	-	-	-	-	-	X	0
SunR	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Elecsome Pty. Ltd, Ojas Group	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Infoactiv Group PTY LTD	-	-	-	-	-	-	-	X	1
Lotus Energy Recycling	-	-	-	-	-	-	-	X	1
PV Industries Pty. Ltd.	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Solar Professionals (KGM Services Pty Ltd)	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Solar Recovery Corporation	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Solucciona Energia	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	1
ECO PV	-	-	-	-	-	-	X	-	1
Tialpi s.r.l	-	-	-	-	-	-	-	X	1
Yousolar s.l.r.	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	S/R	1
								Mediana	1

Pergunta 12 - Qual a maior dificuldade enfrentada no mercado de reciclagem de painéis fotovoltaicos?

Empresa	Logística reversa	Valor numérico adotado	Custo de reciclagem	Valor numérico adotado	Falta de mão de obra qualificada	Valor numérico adotado	Complexidade dos materiais	Valor numérico adotado
JA Solar	X	1	X	1	X	1	X	1
Suzhou Green Source Photovoltaic Technology Co., Ltd.! - LZY Solar	S/R	1	S/R	1	S/R	0	S/R	1
Sinopower Holding	S/R	1	S/R	1	S/R	0	S/R	1
Yingli Energy Co.	X	1	X	1	X	1	X	1
Cleanlites Recycling	S/R	1	S/R	1	S/R	0	S/R	1
Electronic Recycling & IT Asset Disposition Services	S/R	1	S/R	1	S/R	0	S/R	1
Good Sun	S/R	1	S/R	1	S/R	0	S/R	1
Green Century Electronics Recycling	S/R	1	S/R	1	S/R	0	S/R	1
Green Clean Solar	X	1	X	1	-	0	X	1
Interco Trading, Inc.	S/R	1	S/R	1	S/R	0	S/R	1
Recycle 1234	S/R	1	S/R	1	S/R	0	S/R	1
SolarCycle	S/R	1	S/R	1	S/R	0	S/R	1
We Recycle Solar, Inc.	S/R	1	S/R	1	S/R	0	S/R	1
Eiki Shoji	-	0	X	1	-	0	-	0
Kinki Denden Yuso, Ltd.	S/R	1	S/R	1	S/R	0	S/R	1
Mitsukaido Sangyo	S/R	1	S/R	1	S/R	0	S/R	1
Okaishi Construction Co., Ltd. (Kousai)	S/R	1	S/R	1	S/R	0	S/R	1
RecycleTech Co., Ltd.	S/R	1	S/R	1	S/R	0	S/R	1
Re-Tem Corporation	S/R	1	S/R	1	S/R	0	S/R	1
Shirakawa Syouten	S/R	1	S/R	1	S/R	0	S/R	1
Sunada Co., Ltd.	S/R	1	S/R	1	S/R	0	S/R	1
Tokyo Power Technology, Ltd.	S/R	1	S/R	1	S/R	0	S/R	1
Luxchem Tech	-	0	X	1	-	0	-	0
Reiling GmbH & Co. KG	X	1	X	1	-	0	X	1
Rinovasol	X	1	X	1	X	1	X	1
Solar Materials GmbH	-	0	-	0	-	0	-	0
SunR	X	1	-	0	-	0	-	0
Elecsome Pty. Ltd, Ojas Group	S/R	1	S/R	1	S/R	0	S/R	1
Infoactiv Group PTY LTD	S/R	1	S/R	1	S/R	0	S/R	1
Lotus Energy Recycling	X	1	X	1	-	0	X	1
PV Industries Pty. Ltd.	S/R	1	S/R	1	S/R	0	S/R	1
Solar Professionals (KGM Services Pty Ltd)	S/R	1	S/R	1	S/R	0	S/R	1
Solar Recovery Corporation	S/R	1	S/R	1	S/R	0	S/R	1
Solucciona Energia	S/R	1	S/R	1	S/R	0	S/R	1
ECO PV	S/R	1	S/R	1	S/R	0	S/R	1
Tialpi s.r.l	-	0	-	0	-	0	-	0
Yousolar s.l.r.	S/R	1	S/R	1	S/R	0	S/R	1
<b>Mediana</b>		<b>1</b>		<b>1</b>		<b>0</b>		<b>1</b>

Empresa	Falta de conscientização do público em relação ao descarte correto dos painéis	Valor numérico adotado	Falta de parcerias	Valor numérico adotado	Falta de incentivos governamentais	Valor numérico adotado	Não respondeu
JA Solar	X	1	X	1	X	1	-
Suzhou Green Source Photovoltaic Technology Co., Ltd.! - LZY Solar	S/R	1	S/R	0	S/R	1	-
Sinopower Holding	S/R	1	S/R	0	S/R	1	-
Yingli Energy Co.	X	1	X	1	X	1	X
Cleanlites Recycling	S/R	1	S/R	0	S/R	1	-
Electronic Recycling & IT Asset Disposition Services	S/R	1	S/R	0	S/R	1	-
Good Sun	S/R	1	S/R	0	S/R	1	-
Green Century Electronics Recycling	S/R	1	S/R	0	S/R	1	-
Green Clean Solar	X	1	-	0	X	1	-
Interco Trading, Inc.	S/R	1	S/R	0	S/R	1	-
Recycle 1234	S/R	1	S/R	0	S/R	1	-
SolarCycle	S/R	1	S/R	0	S/R	1	-
We Recycle Solar, Inc.	S/R	1	S/R	0	S/R	1	-
Eiki Shoji	-	0	-	0	-	0	-
Kinki Denden Yuso, Ltd.	S/R	1	S/R	0	S/R	1	-
Mitsukaido Sangyo	S/R	1	S/R	0	S/R	1	-
Okaishi Construction Co., Ltd. (Kousai)	S/R	1	S/R	0	S/R	1	-
RecycleTech Co., Ltd.	S/R	1	S/R	0	S/R	1	-
Re-Tem Corporation	S/R	1	S/R	0	S/R	1	-
Shirakawa Syouten	S/R	1	S/R	0	S/R	1	-
Sunada Co., Ltd.	S/R	1	S/R	0	S/R	1	-
Tokyo Power Technology, Ltd.	S/R	1	S/R	0	S/R	1	-
Luxchem Tech	-	0	X	1	X	1	-
Reiling GmbH & Co. KG	-	0	-	0	-	0	-
Rinovasol	X	1	X	1	X	1	-
Solar Materials GmbH	X	1	-	0	X	1	-
SunR	X	1	-	0	-	0	-
Elecsome Pty. Ltd, Ojas Group	S/R	1	S/R	0	S/R	1	-
Infoactiv Group PTY LTD	S/R	1	S/R	0	S/R	1	-
Lotus Energy Recycling	X	1	-	0	X	1	-
PV Industries Pty. Ltd.	S/R	1	S/R	0	S/R	1	-
Solar Professionals (KGM Services Pty Ltd)	S/R	1	S/R	0	S/R	1	-
Solar Recovery Corporation	S/R	1	S/R	0	S/R	1	-
Solucionera Energia	S/R	1	S/R	0	S/R	1	-
ECO PV	S/R	1	S/R	0	S/R	1	-
Tialpi s.r.l	-	0	-	0	-	0	X
Yousolar s.l.r.	S/R	1	S/R	0	S/R	1	-
<b>Mediana</b>		<b>1</b>		<b>0</b>		<b>1</b>	