

ESTUDO SOBRE DESCARTE DE PAINÉIS SOLARES DANIFICADOS

Marcos de Souza Neves¹, Kennedy Tavares Lirio¹, André dos Santos Cardoso¹
Daniele Drumond Neves,² Eberte Valter da Silva Freitas² e Brunna Oliveira Guimaraes²

¹Acadêmico do curso de Engenharia de Produção

²Mestre – Professora Multivix – Serra

RESUMO

O crescimento na quantidade de instalações de painéis solares para a geração de energia elétrica representa um movimento sustentável, no entanto esse aumento também resulta na geração de novos resíduos que antes não tinham tanta incidência. Consequentemente, surgem, naturalmente, questionamentos sobre o destino desses resíduos, considerando esse crescimento. Portanto, a presente pesquisa visa responder à seguinte questão: como é realizado o descarte das placas solares não conformes de empresas que instalam painéis solares na região da Grande Vitória e Norte do Espírito Santo? Logo, esta pesquisa teve como objetivo geral analisar como as empresas, responsáveis pela instalação de painéis solares fotovoltaicos, realizam os descartes das placas não conformes nas regiões do Espírito Santo. Neste trabalho foram aplicadas as metodologias de pesquisa aplicada, quali-quantitativa descritiva e pesquisa de campo, que envolveram as etapas de seleção das empresas, aplicação do questionário, tratamento dos dados e análise quali-quantitativa. Quanto aos resultados, observou-se que mais de 84% das empresas relataram que o principal motivo de ocorrência de danos às placas solares é o transporte e 46% das organizações afirmaram manter em estoque as placas danificadas em suas instalações. Portanto, ficou evidente que o descarte dos resíduos de placas solares em empresas especializadas, quando ocorre, não é realizado de forma similar entre os instaladores respondentes. Constatou-se, ainda, que uma parte considerável (61,54%) não tem orientação ou conhecimento sobre boas práticas de descarte, e, em alguns casos, mesmo com essas recomendações disponíveis, elas não são seguidas, o que pode causar sérios impactos negativos ao meio ambiente.

Palavras-chave: energia solar; painel solar; sustentabilidade; descarte de resíduos.

ABSTRACT

The growth in the number of solar panel installations represents a sustainable movement for the electrical energy generation, however this increase also results in the generation of new waste that was not so common before. Consequently, questions naturally arise about the destination of this waste, considering its growth. Therefore, this research aims to answer the following question: how is the disposal of non-conforming solar panels done by companies that install solar panels in the Greater Vitória and Northern Espírito Santo region? Thus, this research had the general objective of analyzing how companies, responsible for installing photovoltaic solar panels, do the disposal of non-conforming panels in the regions of Espírito Santo. In this work, applied research, quali-quantitative descriptive research and field research methodologies were applied, which involved the stages of selecting companies, application of the questionnaire, data processing and quali-quantitative analysis. Regarding the results, it was observed that more than 84% of companies reported that the main reason for damage to solar panels is transportation and 46% of organizations stated that they keep damaged panels in stock at their facilities. Therefore, it was evident that the disposal of solar

panel waste in specialized companies, when it occurs, is not carried out in a similar way among the responding installers. It was also found that a considerable number (61.54%) do not have guidance or knowledge about good disposal practices, and, in some cases, even with these recommendations available, they are not followed, which can cause serious negative impacts on the environment.

Keywords: solar energy; solar panel; sustainability; waste disposal.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, observou-se um crescimento considerável na expansão da geração de energia solar, com destaque para o ano de 2023, que apresentou o maior aumento na capacidade de geração de energia fotovoltaica. Juntamente com outras fontes de energias renováveis, a energia solar soma 83,79% de toda a matriz elétrica brasileira (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2023).

A Aneel (2022) afirma que nos últimos anos, o Brasil se posicionou entre os países com os maiores índices de produção de energia sustentável, registrando um aumento de 29% na produção de energia solar somente em 2022 (ANEEL, 2022). No país, mais de 20 mil empresas atuam nesse setor de energia e o crescimento de instalações residenciais com placas fotovoltaicas é notável (PORTAL SOLAR, 2021).

Vale ressaltar que a ampliação da produção da energia solar é considerada um ponto positivo para a sociedade. No entanto, como em qualquer outra fonte de energia, é importante se atentar que quanto maior a demanda de instalação de painéis solares, maior é a quantidade de resíduos gerados para descarte (FTHENAKIS, 2018). Por isso, é necessário que as empresas considerem e se preocupem com os impactos ambientais ocasionados por essa energia, de forma que não prejudique o meio ambiente (FTHENAKIS, 2018).

Estima-se que, no ano de 2030, atinja-se em torno de 2 milhões de toneladas de resíduos de placas solares a serem descartadas, e em 2050, aproximadamente 78 milhões de resíduos de placas (IRENA, 2016).

Conforme os dados publicados em 2016 pelo *Internacional Renewable Energy Agency* (IRENA), 550 mil toneladas de módulos fotovoltaicos serão descartados até 2050. Esses dados apresentados são alarmantes, porque o Brasil passará a ser o maior produtor de resíduo proveniente de sistemas fotovoltaicos, ou seja, a produção de energia limpa vai crescer ainda mais e, conseqüentemente, a geração de resíduos sólidos também

crescerá (IRENA, 2016). Logo, compreende-se que todo esse processo é um resultado do aumento tanto na fabricação quanto no número de instalações do sistema (IRENA, 2016).

Portanto, Ghizoni (2016), Tonholi (2021) e Zamarchi (2020) declaram que apesar dessa energia ser sustentável, para que ela se torne assim, na prática, é preciso exigir das empresas ações para mitigar os impactos ocasionados pelo acúmulo dos resíduos gerados nos processos, desde a fabricação até a distribuição e instalação.

Com isso, o presente estudo visa responder a seguinte questão: como é realizado o descarte das placas solares não conformes de empresas que instalam painéis solares na região da Grande Vitória e Norte do Espírito Santo?

Partido disso, procurou-se analisar as seguintes hipóteses: h1) o instalador de placas solares devolve o produto que não está conforme e repassa para uma empresa terceirizada, a fim de que o descarte seja feito da forma adequada; h2) o volume de placas que hoje são geradas pode se multiplicar quando alguns fatores são considerados, como as placas danificadas depois de instaladas ou que são de baixa qualidade.

Assim, o presente trabalho possui como objetivo geral analisar como as empresas, responsáveis pela instalação de painéis solares fotovoltaicos, realizam os descartes das placas não conformes nas regiões da Grande Vitória e Norte do Estado do Espírito Santo.

Como objetivos específicos, a pesquisa pretende: i) realizar um questionário com os proprietários da empresa, a fim de entender como os materiais descartados, por motivos de avarias, são destinados; ii) identificar como é realizado o tratamento e a destinação dos painéis solares não conformes; e iii) averiguar como as empresas, hoje, estão fazendo para minimizar os impactos ambientais causados pelas placas solares que não são usadas por motivos de avarias.

Trata-se de uma pesquisa relevante, uma vez que, conforme cresce a procura por painéis solares, há um aumento correspondente nesse mercado, o que, conseqüentemente, intensifica a quantidade de resíduos gerados. Assim, torna-se necessário maximizar os locais destinados ao descarte desses resíduos e, por conseguinte, é preciso buscar formas eficientes para sua destinação, a fim de minimizar os impactos ambientais.

2 METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa aplicada (quanto à natureza), pesquisa quali-quantitativa (quanto à abordagem), pesquisa descritiva (quanto aos objetivos), pesquisa de campo (quanto aos procedimentos) e questionário (quanto aos instrumentos).

Segundo Paranhos e Rodolpho (2014, p. 24), a pesquisa aplicada “é o levantamento de conhecimentos necessários para a utilização em situações práticas empregadas em problemas reais”. Fleury e Werlang (2017, p. 11) complementam que esse método tem o objetivo de “criar uma visão geral de um determinado fenômeno ou de uma dada condição; gerar novas ideias; ou conhecer os fatos básicos que circundam uma situação”.

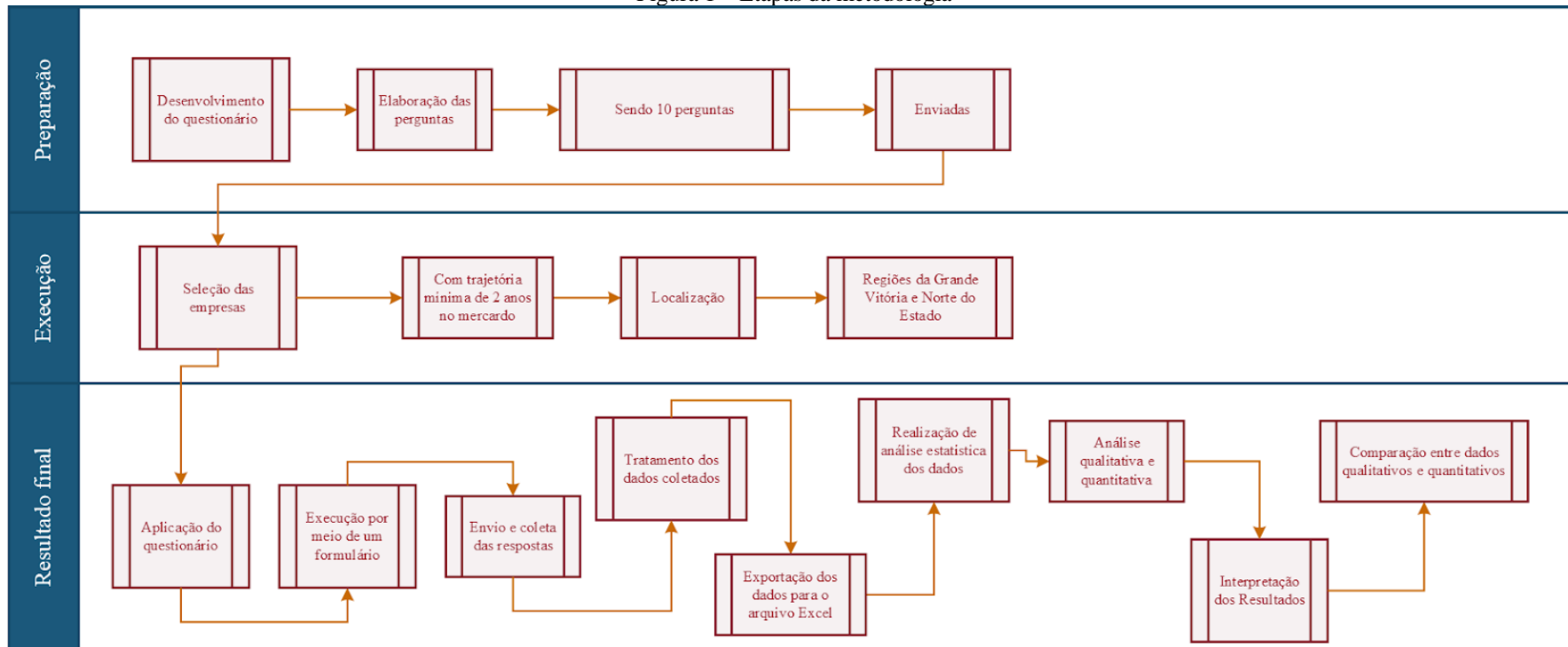
González (2020, p. 162) afirma que a pesquisa qualitativa serve para “capturar, coletar e registrar informações que sirvam de base para a emissão de julgamentos, tomada de decisões, apresentação de argumentos, formulação de críticas, identificação de discrepâncias, proposição de soluções para problemas, etc”.

Reis Neto, Silva e Gil (2019, p. 49) dizem que “pesquisas quantitativas, de modo geral, partem de hipóteses que, por sua vez, são deduzidas de teorias (ainda que de médio alcance)” e também auxiliam na determinação dos indicadores (MUSSI *et al.*, 2019).

E, por fim, na pesquisa de campo, Lakatos e Marconi (2021) destacam que esse tipo de pesquisa possui a finalidade de observar os fatos e fenômenos e coletar os dados, a fim de analisá-los. Com isso, Oliveira *et al.* (2016) acrescentam que com esse método é possível vivenciar o objeto que está sendo estudado.

Portanto, a realização do estudo foi executada por meio das seguintes etapas descritas na Figura 1:

Figura 1 – Etapas da metodologia



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Como evidenciado acima, a coleta de dados foi realizada mediante a aplicação de um questionário estruturado (Apêndice A), com 09 perguntas fechadas e 01 semiaberta. Tais perguntas tratam sobre o perfil de cada empresa, sobre a demanda das empresas que instalam os painéis e os principais problemas identificados.

Para concluir o questionário, as perguntas finais foram relacionadas diretamente com o objetivo da pesquisa, focando nas ações que as empresas tomam, com o intuito de minimizar os impactos dos resíduos gerados durante todo o processo, desde a aquisição do produto até as atividades de instalação das placas solares.

Para o estudo foram consideradas 13 empresas com uma trajetória de, no mínimo, 2 anos no mercado, sediadas nas regiões da Grande Vitória e Norte do Estado do Espírito Santo. O contato foi realizado através do WhatsApp, onde foi enviado o questionário do Google Forms, durante o período de 25 de abril de 2024 a 24 de maio de 2024.

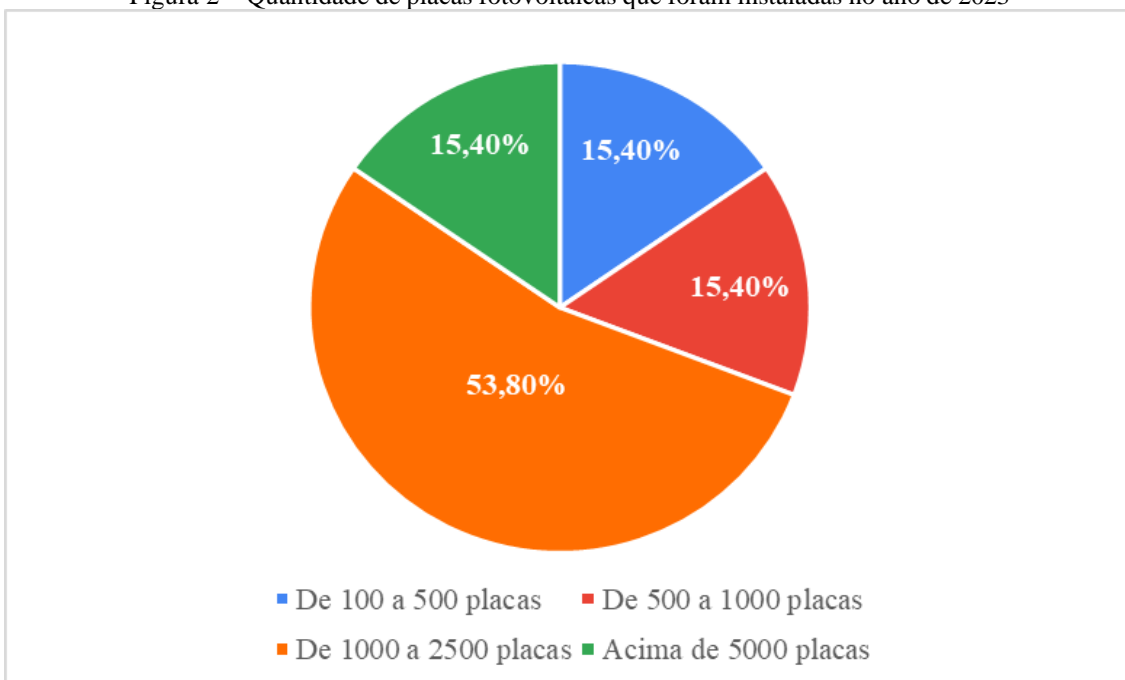
A coleta de dados foi realizada utilizando métodos de pesquisa qualitativa e quantitativa. Para o tratamento dos dados, estes foram exportados para o *software* Microsoft Excel, onde foram analisados e apresentados. Em seguida, os dados foram interpretados, permitindo a comparação e análise entre os dados qualitativos e quantitativos da pesquisa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, foram apresentados os dados obtidos após a aplicação do questionário, com o intuito de analisar como as empresas responsáveis pela instalação de painéis solares fotovoltaicos de diferentes regiões do Espírito Santo realizam os descartes das placas defeituosas. Embora o questionário contenha dez perguntas, seis delas contextualizam sobre a empresa do ponto de vista social, demográfico e mercadológico. As quatro perguntas restantes, destacadas nesta seção (Figuras 2, 3, 4, 5 e 6), estão alinhadas diretamente com o objetivo proposto deste trabalho.

Portanto, a Figura 2, abaixo, mostra a quantidade de placas solares que foram instaladas somente no ano de 2023 por essas 13 empresas (pergunta 4):

Figura 2 – Quantidade de placas fotovoltaicas que foram instaladas no ano de 2023

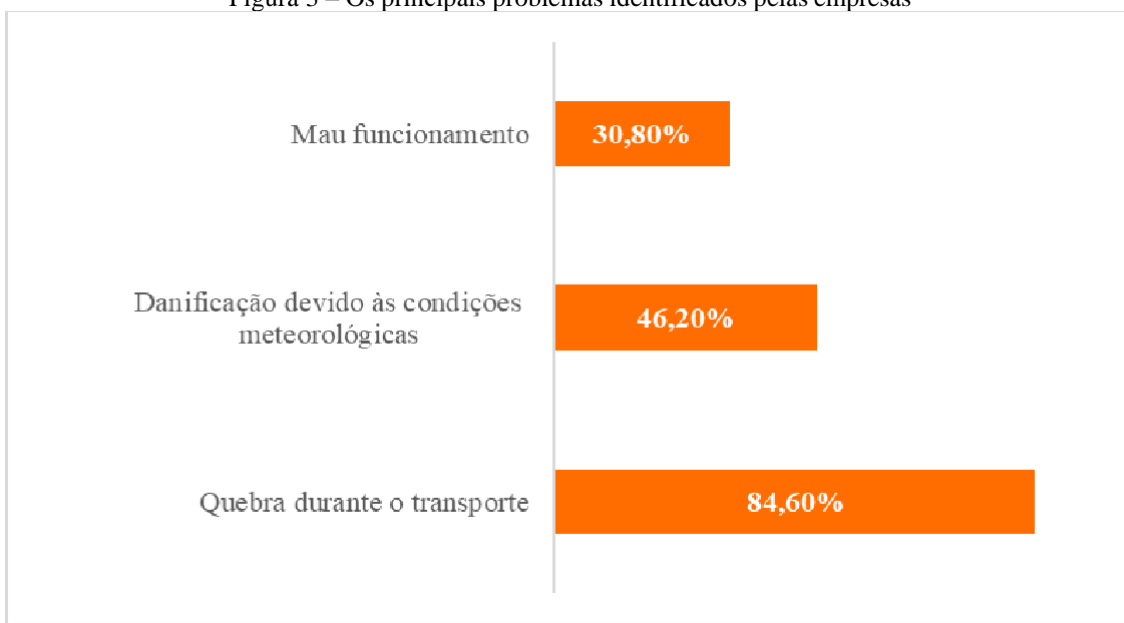


Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Como evidenciado na Figura 2, acima, 53,80% dos respondentes afirmaram instalar entre 1.000 e 2.500 placas solares, e 15,40% das empresas relataram ter instalado mais de 5.000 placas. Com esse resultado, observa-se que o setor de energia fotovoltaica está crescendo em ritmo acelerado: o Estado do Espírito Santo atingiu a marca 31,8 mil sistemas de energia fotovoltaica instalados em todos os seus municípios (ABSOLAR, 2023). Em âmbito nacional, 2023 foi o ano com o maior crescimento na capacidade de energia solar no Brasil, superando o ano de 2022. Em 2022, houve um aumento de 2,5 Gigawatts (GW) na produção, enquanto nos primeiros nove meses de 2023, esse aumento já alcançou 3 GW (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2023).

Na sequência, a Figura 3 aponta os principais problemas identificados pelas empresas (pergunta 6), como evidenciado abaixo:

Figura 3 – Os principais problemas identificados pelas empresas



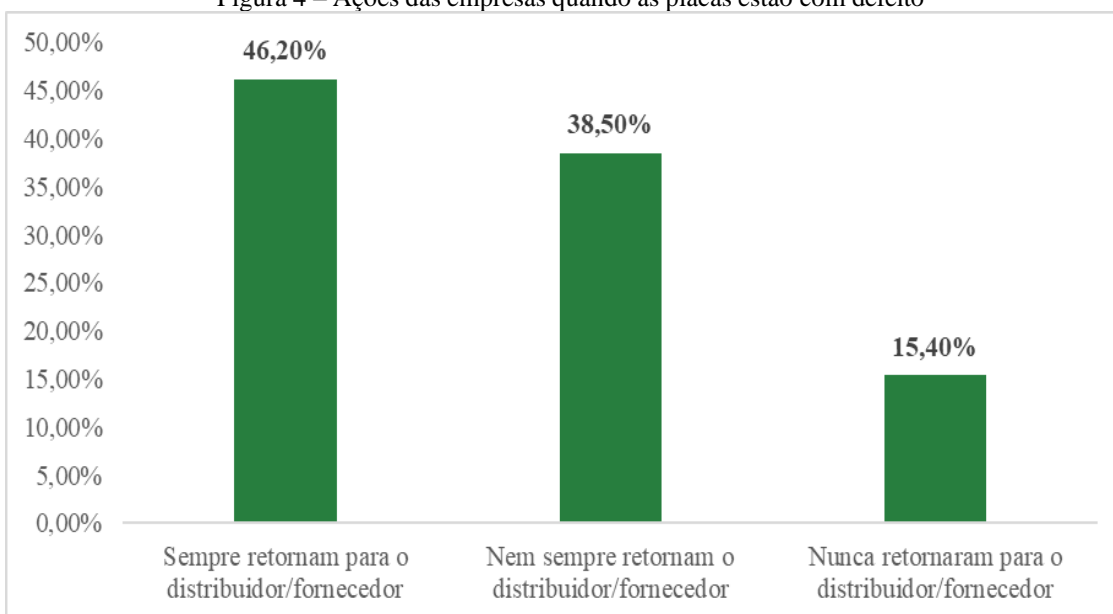
Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Pode-se analisar que a maior parcela dos problemas que ocorrem nas empresas é quanto à quebra durante o transporte, representando um defeito enfrentado por 84,60% das empresas. Outras anomalias citadas foram quanto aos danos devido às condições meteorológicas, apontado por 46,20% das organizações e quanto ao mau funcionamento relatado por 30,80% das empresas. Destaca-se que os problemas podem ser acumulativos, permitindo que mais de uma situação de desvio seja reportada pela mesma empresa. Por essa razão, foi permitido que os respondentes selecionassem mais de uma opção.

É importante destacar que todos esses problemas ocorridos trazem impactos significativos para o meio ambiente, visto que eles aumentam a quantidade de resíduos gerados, caso não sejam descartados adequadamente (TAO; YU, 2015).

Com isso, a Figura 4 apresenta o resultado das ações tomadas pelas empresas junto aos fornecedores/distribuidores, quando identificam alguma placa solar apresentando qualquer problema (pergunta 8):

Figura 4 – Ações das empresas quando as placas estão com defeito



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Evidenciou-se que 46,20% das empresas retornam as placas defeituosas ao distribuidor/fornecedor. Por outro lado, 38,50% das empresas, esporadicamente, tomam uma dessas duas ações, indicando que a destinação ainda não está clara. Quando somados os 15,40% das empresas que não retornam as placas para o distribuidor/fornecedor, observa-se que 53,90% das placas defeituosas têm uma destinação inadequada ou desconhecida. Portanto, vale ressaltar que esses dados são alarmantes, já que essa porcentagem total é maior do que a das organizações que retornam as placas para os distribuidores/fornecedores, refletindo diretamente na forma como as empresas ainda tratam os resíduos.

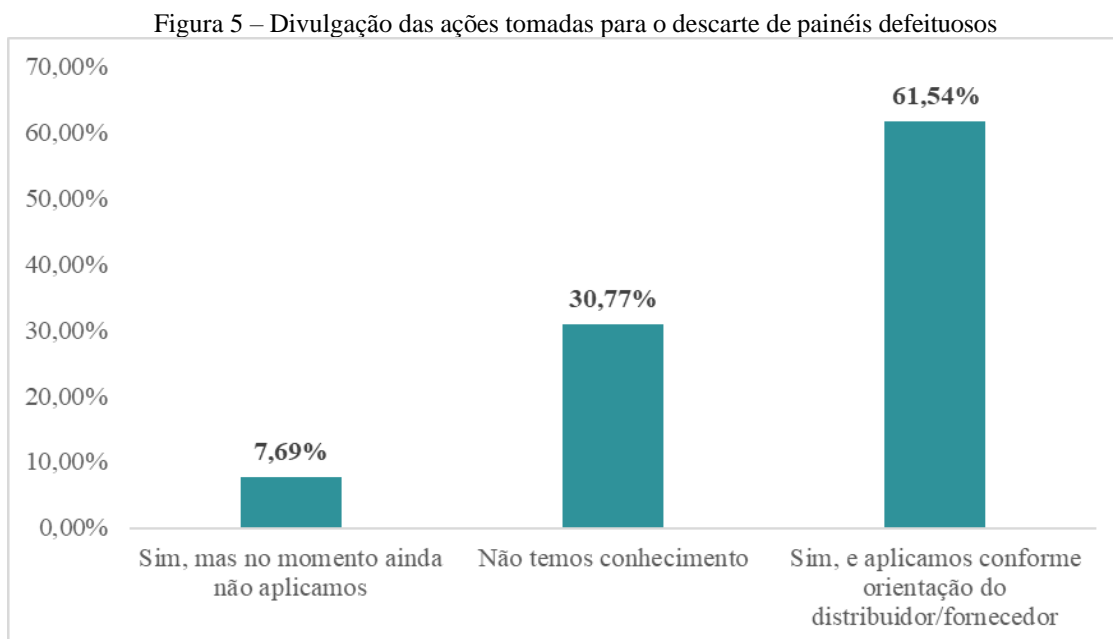
Para que todo o processo de reciclagem seja viável, é importante que as organizações envolvidas, ou seja, fabricantes, distribuidores, instaladores e sociedade estejam comprometidos com as práticas sustentáveis e com um objetivo em comum: cuidar do meio ambiente (PORTAL SOLAR, 2023).

Um estudo realizado por Murthy e Ramakrishna (2022) aponta que, para que isso ocorra, é preciso implementar práticas legais e conscientizar os *stakeholders* a incluírem, em sua formalização, tecnologias que ajudem as empresas a realizarem a destinação correta dos resíduos e, com isso, alcançarem um futuro ecologicamente correto.

Maia e Varella (2022) afirmam que essas tecnologias têm o intuito de buscar métodos para gerir os resíduos, que cada vez mais desafiam os meios e recursos tradicionalmente usados. Exemplos dessas tecnologias incluem o uso da logística reversa, a reciclagem e o programa do Método 3R's (reduzir, reciclar e reutilizar), cujo principal objetivo é minimizar o desperdício e a geração de lixo, considerados dois grandes efeitos negativos que o mundo enfrenta atualmente (BONELLI, 2010).

Tonholi (2021) reforça, portanto, que as ações tomadas hoje irão refletir no futuro. Com o surgimento desse volume de resíduos proporcional à produção, distribuição e instalação atuais, é importante utilizar os métodos adequados para mitigar as consequências ocasionadas pelo acúmulo desses resíduos no meio ambiente (TONHOLI, 2021).

Assim, a Figura 5 tratou sobre divulgação, conhecimento e aplicação (ou não) de práticas de descarte das placas solares quando estas apresentam alguma anomalia (pergunta 9):



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Salienta-se que com 61,54% de adesão, a maioria das empresas conhecem e aplicam orientações de seus fornecedores para o descarte das placas com anomalias. Por

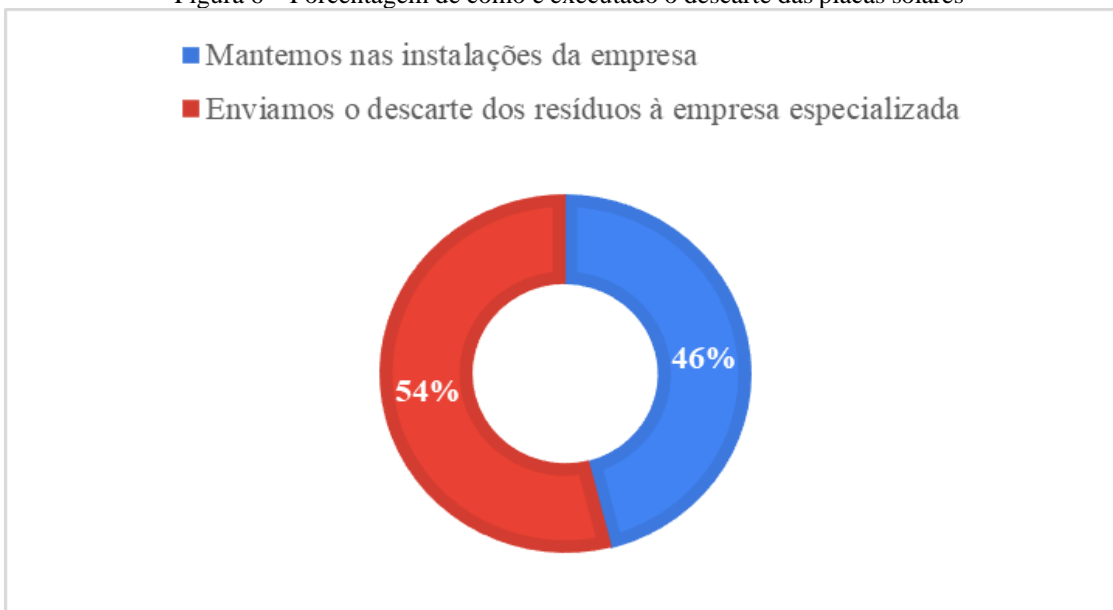
outro lado, 30,77% não têm qualquer conhecimento de orientações ou procedimentos de descarte para estes painéis. Já 7,69% dos respondentes admitiram que apesar de terem conhecimento, por algum motivo, ainda não conseguem seguir as orientações de descarte recebidas do fornecedor.

De acordo com o projeto de Lei nº 3784, de 2023, que está tramitando no Senado, haverá alteração na lei nº 12.305 de agosto de 2010, obrigando os fabricantes, importadores e fornecedores de painéis fotovoltaicos a implementar a logística reversa (SENADO, 2023). Essa e outras ações podem reduzir o percentual de empresas sem conhecimento de descarte adequado (30,77%), desde que todos os setores contribuam para o processo.

Outro ponto importante a ser ressaltado é que um produto ou um serviço fornecido por uma empresa sustentável traz credibilidade ao negócio, gera valor e, ao mesmo tempo, influencia outras empresas, principalmente as concorrentes, a adotarem essas práticas. Isso pode atrair clientes que preferem consumir produtos de empresas que adotam medidas sustentáveis (BRAGA; MOURA, 2015).

Por fim, a Figura 6, a seguir, mostra como é feito o descarte das placas e seus componentes (pergunta 10):

Figura 6 – Porcentagem de como é executado o descarte das placas solares



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

A partir da figura supracitada, observou-se que 46% das empresas respondentes mantêm em suas instalações, por algum motivo, estoque de peças ou componentes que apresentam algum defeito. Em contrapartida, 54% afirmaram que realizam a segregação e o descarte desses materiais por meio de uma companhia de coleta, que se encarrega do destino final dos resíduos.

À vista disso, enfatiza-se que quando as organizações acumulam resíduos provenientes do processo de instalação dos sistemas fotovoltaicos, onde 46% preferem manter esses resíduos nas suas instalações, isso pode parecer uma prática contrária às práticas sustentáveis. No entanto, essa decisão pode significar uma tentativa de recuperação desses dispositivos para sua operacionalidade por parte das empresas instaladoras, aproveitando componentes íntegros, ou ainda para a formação de volume para envio para outros centros, inclusive de reciclagem.

Isso também evidencia a ausência de uma legislação específica para a reciclagem de painéis solares no Brasil, o que favorece a falta de padrão para o seu descarte. No entanto, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída em 2010 pela Lei nº12.305/10, incentiva a logística reversa de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) e estabelece metas para evitar a destinação desses resíduos aos lixões (AZEVEDO, 2024).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados obtidos, verificou-se que os objetivos e as hipóteses traçadas inicialmente foram alcançadas. Isso foi demonstrado por meio da realização do questionário, que apontou que a maior parte das empresas raramente retornam com as placas solares para o fornecedor/distribuidor ou então não retornam nunca, fator, este, que deve ser considerado como preocupante para os impactos ambientais.

Ademais, ficou evidente que os problemas mais recorrentes com as placas estão relacionados à quebra durante o transporte, mau funcionamento e condições meteorológicas, visto que há redução da geração de energia. Com isso, ficou explícito, também, que o descarte das placas solares, em sua maioria (54%), é feito de maneira que os resíduos sejam separados e enviados à uma empresa terceirizada, e a minoria (46%)

mantém o produto não conforme na empresa. Ressalta-se que, por mais que a maioria (54%) faça o descarte correto, a parcela da minoria (46%), ainda sim, é considerada alta, o que pode ser suficiente para prejudicar, significativamente, o meio ambiente.

Por conseguinte, constatou-se que pouco mais de 61% dos respondentes conhecem e aplicam as orientações fornecidas pelas empresas distribuidoras, caso as placas solares estejam não conformes e sejam descartadas. No entanto, os resultados também revelaram que quase 39% das empresas não têm conhecimento sobre o assunto e/ou não destinam os resíduos de forma que aplique boas práticas de descarte, o que é considerado, mais uma vez, uma preocupação ambiental.

Logo, salienta-se que os resultados mostraram como as empresas estão lidando com os impactos ambientais ocasionados pelo descarte das placas solares devido às avarias. É importante ressaltar que o percentual da minoria dos respondentes pode ser considerado relativamente grande, visto que, com o passar do tempo, esses números podem se multiplicar na mesma velocidade do crescimento da oferta e demanda de energia limpa, resultando em uma quantidade de resíduos que tornará os custos de qualquer processo altíssimos. Por isso, é crucial que as empresas saibam como fazer o descarte correto e realizar a destinação temporária desses resíduos.

Ao final do estudo, no ramo de acadêmicos de Engenharia de Produção, foi possível compreender que a preocupação com o impacto ambiental está cada vez mais presente nas práticas empresariais e, por isso, é fundamental que os esforços voltados à sustentabilidade continuem na mesma proporção de crescimento pela procura por energia sustentável.

Como sugestão para trabalhos futuros, propõe-se realizar uma pesquisa direcionada para os fabricantes das placas e componentes, abordando questões relacionadas a políticas de reciclagem e ações para mitigar os impactos ambientais. Outra proposta a ser executada é realizar um estudo dirigido às empresas locais que tratam dos resíduos e avaliar se eles oferecem serviços relacionados ao descarte de componentes usados na geração de energia solar e qual tipo de gerenciamento de resíduos utilizam.

REFERÊNCIAS

- ABSOLAR. **Geração de energia solar mais que dobra no ES em um ano**, 2023. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/noticia/geracao-de-energia-solar-mais-que-dobra-no-es-em-um-ano/>. Acesso em: 04 jun. 2024.
- ANEEL. **Novas usinas em operação ampliam em 347,2 MW a oferta de geração em março**, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2022/novas-usinas-em-operacao-ampliam-em-347-2-mw-a-oferta-de-geracao-em-marco>. Acesso em: 05 jun. 2023.
- AZEVEDO, J. **Reciclagem de painel solar: como é feita?**, 2024. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/reciclagem-de-painel-solar/>. Acesso em: 04 jun. 2024.
- BONELLI, C. M.C. **Meio ambiente, poluição e reciclagem**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2010.
- BRAGA, C. O. S.; MOURA, A. S. S. Protocolo verde: a realidade da sustentabilidade ambiental nas instituições financeiras no Brasil. *In: JORNADA INTERNACIONAL POLÍTICAS PÚBLICAS*, 7., 2015, São Luís. **Anais [...]**. São Luís, 2015.
- FLEURY, M. T. L.; WERLANG, S. R. C. **Pesquisa aplicada: conceitos e abordagens**. [s.l.]: FGV, 2017.
- FTHENAKIS, V. M. E. L. P. A. **Electricity from sunlight: photovoltaic systems integration and sustainability**. 2. ed. [s.l.]: Hoboken, 2018.
- GHIZONI, J. P. **Sistemas fotovoltaicos: estudo sobre reciclagem e logística reversa para o Brasil**. 77 f. 2016. TCC (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.
- GONZÁLEZ, F. E. Reflexões sobre alguns conceitos da pesquisa qualitativa. **Revista Pesquisa Qualitativa**. São Paulo, v. 8, n. 17, p. 155-183, 2020.
- IRENA. **End-of-life management: solar photovoltaic panels**, 2016. Disponível em: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2016/IRENA_IEAPVPS_End-of-Life_Solar_PV_Panels_2016.pdf. Acesso em: 13 jun. 2023.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. **Técnicas de pesquisa**. 9. ed. [s.l.]: Atlas, 2021.
- MAIA, A. G. F.; VARELLA, F. K. de O. M. Potencial de conservação de energia a partir do descarte de módulos fotovoltaicos no Brasil. **Revista Eletrônica de Engenharia Elétrica e Engenharia Mecânica**, [s.l.], v. 4, n. 1, p. 66-76, 2022.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Brasil bate recorde de expansão de energia solar no ano de 2023**: com construção de usinas fotovoltaicas e eólicas, matriz elétrica brasileira chega a 83,79% de fontes renováveis, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/brasil-bate-recorde-de-expansao-da-energia-solar-em-2023>. Acesso em: 30 abr. 2024.

MURTHY, V.; RAMAKRISHNA, S. A review on global e-waste management: urban mining towards a sustainable future and circular economy. *Sustainability*, [s.l.], v. 14, p. 1-18, 2022.

MUSSI, R. F. de F.; MUSSI, L. M. P. T.; ASSUNÇÃO, E. T. C.; NUNES, C. P. Pesquisa quantitativa e/ou qualitativa: distanciamentos, aproximações e possibilidades. *Revista Sustinere*, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 414-430, 2019.

OLIVEIRA, J. C. P. de; OLIVEIRA, A. L. de; MORAIS, F. de A. M.; SILVA, G. M. da; SILVA, C. N. M. da. O questionário, o formulário e a entrevista como instrumentos de coleta de dados: vantagens e desvantagens do seu uso na pesquisa de campo em ciências humanas. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 3., 2016, [s.l.]. *Anais [...]*. [s.l.]: CONEDU, 2016. Disponível em: https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2016/TRABALHO_EV056_MD1_SA13_ID8319_03082016000937.pdf. Acesso em: 15 jun. 2023.

PARANHOS, L. R. L.; RODOLPHO, P. J. **Metodologia da pesquisa aplicada à tecnologia**. 1. ed. São Paulo: Senai-SP Editora, 2014.

PORTAL SOLAR. **A importância da reciclagem de equipamentos de energia solar**, 2023. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/noticias/tecnologia/equipamentos-fv/a-importancia-da-reciclagem-de-equipamentos-de-energia-solar>. Acesso em: 01 jun. 2024.

PORTAL SOLAR. **Cerca 5,4 mil novas empresas do setor solar devem surgir no País em 2021, segundo Portal Solar**, 2021. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/noticias/negocios/empresas/cerca-5-4-mil-novas-empresas-do-setor-solar-devem-surgir-no-pais-em-2021-segundo-portal-solar>. Acesso em: 09 jun. 2023.

REIS NETO, A. C. dos; SILVA, W. N. da; GIL, A. C. Utilização de teorias na fundamentação de pesquisas na área de marketing. *Gestão & Regionalidade*, [s.l.], v. 35, n. 103, p. 25-56, 2019.

SENADO. **Projeto de Lei nº 3784, de 2023**, 2024. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/158987>. Acesso em: 05 jun. 2024.

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

TONHOLI, F. **Ciclo de vida de painéis fotovoltaicos: recuperação do vidro como alternativa ao descarte**. 2021. 75 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2021.

ZAMARCHI, G. S. **Análise exploratória da sustentabilidade de tecnologias aplicadas na produção de painéis fotovoltaicos sob a ótica da economia circular**. 63 f. 2020. TCC (Graduação de Engenharia Elétrica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2020.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO

Parte A – Perguntas sobre a empresa

1- Onde a sua empresa está localizada?

Grande Vitória Sul do Estado Norte do Estado

2- Qual o porte da sua empresa?

Pequeno porte Médio porte Grande porte

3- Há quanto tempo a sua empresa está no mercado?

Entre 2 a 4 anos Entre 8 a 10 anos Entre 5 a 7 anos
 Acima de 10 anos

Parte B – Perguntas sobre a demanda da empresa que instala os painéis

4- Aproximadamente, quantas placas fotovoltaicas foram instaladas no ano de 2023?

De 100 a 500 placas De 2.501 placas a 5.000 placas
 De 501 a 1.000 placas Acima de 5.001 placas
 De 1.001 a 2.500 placas

5- Em comparação com o ano de 2022, qual a porcentagem de crescimento nas instalações de placas solares no ano de 2023?

- Até 10% Entre 11% a 30% Entre 31% a 50%
- Entre 51% a 70% Acima de 80%

Parte C – Perguntas sobre os problemas identificados

6- Quais são os problemas mais recorrentes nas placas solares? **Marque os 3 principais e, se houver outros problemas, aponte quais são na alternativa “outros”.**

- Quebra durante o transporte
- Mau funcionamento
- Baixa qualidade do produto
- Danificação devido às condições meteorológicas
- Outros _____

7- Quantas placas recebidas do distribuidor e/ou fornecedor apresentaram problemas nos últimos 02 anos?

- Até 10 placas Acima de 51 placas
- De 11 a 30 placas De 31 a 50 placas

8- Placas que apresentaram problemas, retornam para o distribuidor/fornecedor?

- Sempre retornam para o distribuidor/fornecedor
- Nem sempre retornam o distribuidor/fornecedor
- Nunca retornaram para o distribuidor/fornecedor

9- A distribuidora e/ou fornecedor dos componentes como placas solares e inversores utilizados, divulgam as ações que devem ser tomadas caso seja necessário o descarte? Ou seja, há alguma orientação das empresas distribuidoras no momento da compra?

- Sim, mas no momento ainda não aplicamos
- Sim, e aplicamos conforme orientação do distribuidor/fornecedor
- Não temos conhecimento

10 - Como é feito o descarte das placas e componentes (placas e inversores) com defeito?

- () Descarte em lixo comum, para coleta pelo sistema público
- () Mantemos nas instalações da empresa
- () Realizamos a segregação e enviamos o descarte dos resíduos à empresa especializada