



SUSTENTABILIDADE E O CICLO DE LOGÍSTICA REVERSA NO MERCADO DA ENERGIA ELÉTRICA

Laís Favila Carvalho, Instituto Federal da Bahia, carvalhallais@gmail.com
Grace Favila de Figueiredo Carvalho, Universidade Estadual da Bahia, gracekelly@gmail.com

Resumo

O crescimento populacional do Brasil e as necessidades de desenvolvimento econômico precisam estar alinhadas com as preocupações ambientais e tenham como objetivo não esgotar os recursos naturais, e proteger o meio ambiente. A logística reversa no mercado da energia elétrica e a manutenção da sustentabilidade é uma problemática em questão. O objetivo desse estudo é ressaltar a importância da logística reversa de diversos materiais com intuito de reduzir o consumo de energia e despertar a interesse da população pela sustentabilidade e manutenção do meio ambiente por meio de ações de consumo de energia sustentáveis. Assim, o presente artigo é uma revisão bibliográfica. Como resultado temos programas sociais de incentivo a reciclagem e diminuição do consumo de energia elétrica do processo de fabricação. Concluímos que existem sugestões de cientistas internacionais para solucionar a problemática da logística reversa, mas essas soluções devem ser analisadas quanto a seu impacto ao meio ambiente.

Palavras-chave: sustentabilidade, energia, elétrica

1. Introdução

O crescimento populacional do Brasil e as necessidades de desenvolvimento econômico precisam estar alinhadas com as preocupações ambientais e tenham como objetivo não esgotar os recursos naturais, e proteger o meio ambiente. Neste momento, o mundo está se concentrando em como obter energia e os problemas ambientais causados por sua produção. Sendo assim, a sustentabilidade é o tema mais discutido na matriz energética brasileira, esperando-se que a energia renovável provoque o mínimo de dano ao meio ambiente. No entanto, segundo Inatomi e Udaeta (2007), os impactos gerados ao meio ambiente podem ser reversíveis ou irreversíveis, dependendo das proporções que se encontram.

No Brasil, o Ministério de Minas e Energia (MME) é responsável por determinar diretrizes para desenvolver e esclarecer as políticas nacionais de energia, e a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) é responsável por pesquisas e estudos visando patrocinar o planejamento do setor de energia nos segmentos de energia elétrica, petróleo, gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras.

Como todo o desenvolvimento do país decorre de uma nova era tecnológica, a crescente necessidade de utilização de energia elétrica é o nosso paradigma atual, reforçando a necessidade de economizar energia elétrica por meio de ações sustentáveis. Nesse contexto, o



desenvolvimento de tecnologias sustentáveis e que tenham um ciclo de logística reversa que minimize os impactos ambientais tornou-se um desafio para os engenheiros.

Podemos nos recordar que no século XX a principal fonte de energia era proveniente de recursos fósseis, da combustão de combustíveis finitos, dos quais apresentam impactos negativos ao meio ambiente, como emissões gases poluentes, chuva ácida e efeito estufa. Apesar dos combustíveis fósseis serem extraídos do meio ambiente são recursos finitos, assim, iniciou-se a busca por fontes de energia alternativa e renovável.

De acordo com o EPE (2019) a matriz elétrica do Brasil tem predominância de fontes renováveis, como hidrelétrica, eólica, solar e biomassa. No entanto, a energia hídrica tem apresentado queda e a energia fotovoltaica tem ganhado destaque.

Para a execução deste trabalho realizou-se uma pesquisa bibliográfica com o objetivo de analisar os aspectos relevantes, de comparar dados acerca da produção de energia no Brasil, do descarte consciente das tecnologias aplicadas à produção de energia renovável e a sustentabilidade por trás do processo de logística reversa de painéis solares.

Os autores citados no resumo expandido como referencial teórico trataram da conceituação, da produção de energia limpa, de estatísticas de crescimento de energia renovável, do estudo de materiais aplicados para fabricação e descarte de painéis solares e baterias de armazenamento de energia elétrica. Tais pesquisadores e suas teorias contribuíram muito para a compreensão da temática desenvolvida que incluiu pesquisas em sites governamentais, em artigos, em periódicos, o que proporcionou um conhecimento mais apurado.

Tal estudo torna-se significativo e justifica-se porque busca mostrar que a produção de energia só é realmente sustentável quando há descarte adequado dos componentes (baterias, placas de silício, plástico, vidro, metal e papelão). Além disso, esse estudo ressalta a necessidade de reciclagem de geradores solares, pois com o avanço tecnológico e a intensificação do uso de energia solar podem provocar dificuldade de se encontrar reservas de silício.

O objetivo desse estudo é ressaltar a importância da logística reversas de diversos materiais com intuito de reduzir o consumo de energia e despertar a interesse da população pela sustentabilidade e manutenção do meio ambiente por meio de ações de consumo de energia sustentáveis.

2. Fundamentação teórica

A energia renovável deve ser utilizada em equilíbrio, de maneira que não traga resultados negativos ao meio ambiente. Além disso, pode ser facilmente captada e integrada há um sistema de abastecimento de energia de uma região, no entanto, na contemporaneidade a maior parte dos painéis solares é utilizada em empresas multinacionais.



Segundo o Balanço Energético Nacional (EPE, 2019), as fontes renováveis ocupam 83,3% da oferta interna de eletricidade no Brasil, a energia solar representa 0,54% dessa oferta, perante as outras fontes renováveis. A produção de energia primária sobre a fonte solar no ano de 2018 foi de 298×10^3 tep (toe), enquanto o Sul do país tem 0,2% de capacidade instalada de energia solar, Santa Catarina tendo 4 MW desta porcentagem, utilizada tanto pelo setor público quanto privado.

Coelho e Serra (2018) relatam estudos a respeito das tecnologias para reciclagem dos painéis fotovoltaicos, sendo que os mesmos apresentam os três tipos de gerações que são definidas por meio de suas características semicondutoras, dessa forma, esse material é considerado resíduo de equipamentos eletroeletrônico (REEE). Nessas condições, se não for tratado de forma correta pode ser altamente perigoso, podendo liberar toxinas afetando o meio ambiente e a saúde humana.

A Lei n 12.305, de 2 de agosto de 2010 (Brasil, 2010) que dispõe a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) a responsabilidade sobre o ciclo de vida dos produtos é compartilhada entre fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e serviços públicos de limpeza urbana. De acordo com o artigo 30 da PNRS (BRASIL, 2010), o ciclo de vida do produto é definido como “série de etapas que envolvem o desenvolvimento do produto, a obtenção de matéria e insumos, o processo produtivo, o consumo e a disposição final”. Desta forma, a responsabilidade de um produto após seu consumo é de todos os envolvidos na cadeia produtiva. Para tanto, a PNRS determina o sistema de logística reversa, em que os resíduos perigosos devem ser gerenciados, sobretudo os produtos tais como pilhas e baterias, pneus, óleos lubrificantes, lâmpadas fluorescentes, produtos eletroeletrônicos e seus componentes, dentre outros.

Conforme Coelho e Serra (2018), os resíduos provenientes de placas fotovoltaicas são considerados perigosos de classe I, assim, se não houver descarte adequado esses resíduos podem ser considerados resíduos industriais perigosos.

2.1 Desenvolvimento Sustentável

Em conformidade com a Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento (1987, p. 8) o termo sustentabilidade pode ser definido como “desenvolvimento que atenda às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas necessidades”. No entanto, segundo Elkington (1998) as empresas seguem a ideia do tripé sustentável o qual prega que as organizações não devem focar apenas nos resultados de suas vendas, é preciso também pensar no bem-estar de milhares de pessoas além do impacto causado no meio ambiente.

Segundo Roma (2019) os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM) partiram do princípio de erradicar fatores principais como fome e pobreza, buscando ser um pilar para a

população de classe baixa principalmente de países pouco desenvolvidos. Os oito objetivos e as 21 metas foram abordados em países-membros da ONU (Organização das Nações Unidas), através da Resolução n 55/2000, do dia 13 de novembro de 2000, cerca de 191 países aderiram a esta norma, enquanto ocorria a 55ª sessão da Assembleia Geral. Como grande parte dos objetivos foram impostos entre um intervalo de 15 anos, prevendo uma substituição dos ODM a partir do ano de 2015, novos objetivos e metas foram alcançadas, criando o documento Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável em que os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e suas respectivas 169 metas criadas a partir deste documento intitulado por um período prolongado de mais 15 anos, até 2030.

Conforme Rosa et al. (2019), a sustentabilidade é sinônimo de evolução econômica, sempre visando a incorporação das questões sociais, econômicas e ambientais. Assim, com intuito de alcançar um melhor desempenho na sustentabilidade, busca-se melhorar as práticas entre as pessoas na cadeia de suprimentos, como a reciclagem, ato de reutilizar um produto que foi processado. Existem práticas para reduzir os impactos ambientais, no qual nas quais se destacam ao usar materiais puros de propriedades conhecidas e saudáveis. Usando recursos renováveis assim eliminando resíduos indesejáveis, e possuindo produções mais eficientes do que com o uso de maquinário.

As empresas precisam adotar ações visando alcançar o desenvolvimento sustentável, ou seja, objetivando metas para tornar o planeta mundialmente sustentável. O ecodesenvolvimento ou desenvolvimento sustentável é fundamentado com objetivos de equilíbrio social, ambiental e econômico. Entretanto, existem aqueles em nosso meio que acreditam em um crescimento reestruturado voltado em aplicações, condição no qual é necessária para o desenvolvimento, onde o verdadeiro desenvolvimento é aquele em que os padrões de recursos são aproveitados, e não aqueles que fazem pouco caso desta opção, assim, apoiando um mau desenvolvimento (SACHS, 2002).

O aumento na demanda de energia elétrica voltada à produção de combustíveis fósseis no passado se tornou uma verdadeira apreensão em aspectos ambientais, permitindo assim um desafio para os engenheiros. No qual pode ser direcionado há uma nova prática, usando combustíveis alternativos com novos meios mais eficientes e por meios sustentáveis. Segundo Choudhary e Srivastava (2019), em panorama mundial a emissão de gases derivados do carbono pode obter uma redução de até 70% ao decorrer dos anos em até 2050, equacionando apenas energias renováveis. Nestas proporções o dióxido de carbono representa 74% da emissão de gases do efeito estufa, enquanto 73% da emissão de gases do efeito estufa é derivada do consumo de energia, tornando-se o principal vilão da atmosfera (GE e FRIEDRICH, 2020).

2.2 Energia Solar Fotovoltaica

A energia solar é renovável e sustentável que utiliza o sol como fonte de energia. Assim, constitui uma maneira de conceber energia elétrica com intenso benefício ao usar o calor e a

luz solar de forma aproveitável a propiciar uma alternativa energética bastante promissora no futuro. Atualmente com o crescimento da demanda por eletricidade e com os impactos causados pelas fontes de energia não renováveis houve a necessidade de se buscar novas formas de atender a demanda da energia solar. Dentre as fontes consideradas mais prósperas e eficientes está a energia fornecida pelo sol, que é uma fonte limpa e que se encontra em grande abundância no meio ambiente.

A energia solar não emite compostos químicos como o dióxido de enxofre (SO₂), o óxido de nitrogênio (NO_x) e o dióxido de carbono (CO₂), é uma fonte inesgotável e tem se mostrado a opção mais vantajosa em comparação a outras fontes renováveis, como a hidráulica, por exemplo, pois a inserção de placas solares requer áreas menos extensas do que as hidrelétricas para sua implantação.

A captação da energia solar expressa algumas desvantagens, como o custo elevado de investimento, dificuldade em descarte apropriado de componentes, a dependência climática, a baixa capacidade de armazenamento e o baixo rendimento. A grande expectativa são que esses problemas sejam solucionados em breve, pois os pesquisadores buscam novas formas de reduzir o custo dos investimentos e de ampliar a eficiência energética desse sistema de geração.

O desenvolvimento dos painéis fotovoltaicos é constituído a partir da ideia de produzir uma energia limpa. Os componentes pertencentes às placas podem variar, enquanto, alguns são mais eficientes e outros economicamente viáveis ao público, em parte tudo varia conforme o projeto é destinado no qual elas são aplicadas. Os materiais que participam fisicamente dos painéis provêm de materiais semicondutores, onde, atualmente as mais convencionais produzidas, possuem componentes como: silício monocristalino, policristalino ou filmes finos (amorfo). (CHIVELET e SOLLA, 2010, p. 34).

2.3 Descarte de Placas Solares

Os impactos ambientais gerados pelos resíduos tóxicos podem variar desde a contaminação no solo, podendo afetar até o ar atmosférico, de uma forma bastante abrangente. Segundo Orsati (2006), tais impactos podem ser relacionados através da disposição do lugar, ocorrendo casos de fogo, fumaça, odores, animais e mosquitos transmissores de doenças. Entre outros meios podendo afetar rios, lagos, mares, ar, solo, poluição sonora e poluição visual.

De acordo com Tolmasquim (2004), o sistema fotovoltaico considerado também como um resíduo sólido, pode apresentar os seguintes aspectos negativos ao meio ambiente, como:

-A circulação associada à produção de energia, ou ligada ao transporte, instalação, operação, todos os processos necessários até o uso do equipamento. Desde o ponto de fabricação até a retirada do sistema.

-A produção de gases tóxicos durante o processo de fabricação para a construção dos módulos, podendo produzir materiais cancerígenos.



-Importante direcionar a toxicidade dos materiais usados nas placas expondo o ambiente ao seu redor, arsênico, gálio e cádmio, assim como outros tipos de materiais, até o ácido sulfúrico utilizado em baterias.

As baterias utilizadas em projetos de geração fotovoltaica off-grid também precisa ser destinadas corretamente, porque este material é considerado tóxico e radioativo devido a todos os componentes que fazem parte.

A ISO 14001 compõe um sistema de Gestão Ambiental, que proporciona práticas e ações aconselhando as pessoas a desempenhar um papel melhor no meio ambiente, proporcionam métodos ecológicos e sustentáveis, sendo assim, tornando influenciáveis no mercado de trabalho. A economia voltada à sustentabilidade necessita de matéria-prima disponível em grande escala, caso o papel da matéria-prima já tinha sido exercido não obtendo mais resultados, se possível ter a opção de serem reparados ou reaproveitados de alguma forma, devem passar pelo processo chamado reciclagem.

A preocupação deste tipo resíduo é a busca por um destino correto ou como deve ser direcionado para ser reciclado. Os materiais que são impostos nas placas, podem ter altos índices de recuperação, como: vidro e alumínio – Al (97% e 100%), cobre e telúrio – Cu e Te (em torno de 80%), e alguns metais raros como índio e gálio – In e Ga (75% e 99%), compondo 1% do peso da placa (SICA et al, 2017)

3. Metodologia

Usou-se materiais diversos de estudos e análises de acordo com a temática inserindo conceituações e exemplificações. Discorreu-se sobre os benefícios provenientes da geração de energia solar e descarte consciente de resíduos que desempenham uma função fundamental para alcançar metas sustentáveis. Sendo assim, os processos de geração de energia renovável desempenham de forma significativa promoção do desenvolvimento sustentável. A metodologia utilizada para a construção desse estudo foi o material bibliográfico, pois trata de um trabalho teórico-conceitual, onde o assunto foi pesquisado bibliograficamente em outros trabalhos, artigos e livros.

4. Resultados

Segundo Leite (2003) a logística reversa é amplamente divulgada internacionalmente e seu conceito básico consiste em coletar produtos e materiais, juntando-se todas as atividades logística de coletar, desmontar e processar produtos e/ou materiais e peças usadas a fim de garantir uma recuperação sustentável.

Conforme Rogers e Tibben-Lembke (1998), a reutilização de materiais e a economia na produção de embalagens têm gerado ganhos que estimulam mais empresas a apoiarem a implantação da logística reversa, visando à eficiente recuperação de produtos. Assim, em conformidade com LACERDA (2002) pode-se considerar que a logística reversa complementa



a logística tradicional, pois como a logística tradicional tem a função de levar produtos dos fornecedores até os seus clientes, a logística reversa deve completar o ciclo, levando de volta os produtos já utilizados dos diferentes pontos de consumo de volta ao produtor.

No estado da Bahia, a Companhia Elétrica do Estado da Bahia promove o projeto Vale Luz que prevê diversos benefícios, como a troca de resíduos sólidos por descontos na conta de energia. O projeto além de reduzir o valor da conta de energia dos moradores, ainda tem o objetivo de estimular o uso racional dos recursos naturais e minimizar os impactos negativos causados pelos resíduos no meio ambiente, estimulando a reciclagem (Neoenergia,2022).

Nesse contexto, o projeto Vale Luz tem o intuito de incentivar à sociedade da troca de resíduos residências pela troca de bônus na conta de energia, a fim de proporcionar uma economia de energia nas fabricas que produzem embalagens por exemplo. Além disso, o projeto buscar conscientizar os cidadãos sobre a importância da coleta seletiva e a necessidade de preservação do meio ambiente.

De acordo com a Neoenergia em Salvador, desde 2007 já foram recolhidas 1.259 toneladas de materiais recicláveis em Salvador, e concedidos R\$ 268 mil em descontos na fatura de energia de aproximadamente mil famílias.

No ano de 2016 a Companhia Elétrica do Rio Grande do Norte-COSERN abriu a Chamada Pública REE 002/2016 que possuía o intuito de selecionar propostas de projetos de eficiência energética no uso final de energia elétrica, para unidades consumidoras pertencentes à área de concessão da COSERN, visando o cumprimento de obrigações legais da COSERN com a ANEEL, nos termos ditados, que tem por objetivo incentivar o desenvolvimento de medidas que promovam a eficiência energética e o combate ao desperdício de energia elétrica (Neoenergia,2016).

Nesse contexto, de acordo com Daniel Sarmiento, gestor de Engenharia de Projetos de Eficiência Energética, o objetivo da Chamada Pública é incentivar o desenvolvimento de medidas que promovam a eficiência energética e o combate ao desperdício de energia elétrica nos estados. “Somente foram aceitas propostas de projetos que contemplaram a efficientização de usos finais de energia elétrica, ou seja, a substituição de materiais e equipamentos existentes por outros mais eficientes, nos quais ambos utilizem energia elétrica. Não foi permitida a substituição parcial ou total da energia elétrica por gás, energéticos fósseis ou biomassa”, acrescenta.

A Neoenergia criou o projeto “Educação com Energia”, que utiliza a metodologia Energia que Transforma, desenvolvida pela Fundação Roberto Marinho/Canal Futura, em parceria com o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL/ELETOBRAS) e o Ministério de Minas e Energia (MME). Nesse contexto, o projeto educação com energia ocorre nos estados da Bahia, Pernambuco e Rio Grande do Norte promovendo a capacitação de professores das redes publicas e privadas sobre formas de consumo consciente de energia elétrica , sustentabilidade e preservação de recursos naturais.



Outro ponto para se levar em consideração é a produção de energia por meio de painéis solares que é considerada uma energia limpa. Assim, Padoan, Altimari e Pagnanelli (2019) analisam em suas pesquisas que a variação no volume de módulos fotovoltaicos obsoletos ao longo das próximas três décadas. Nesse contexto, eles levam em consideração aspectos como o tempo de vida médio de painéis fotovoltaicos de 25 anos, previsão de aumento na inutilização de painéis fotovoltaicos no período de 2036 a 2045 na Europa. Segundo os pesquisadores, alguns países europeus já regulamentaram a reciclagem de painéis fotovoltaicos visando a minimização de impactos ambientais, evitando possíveis efeitos nocivos a saúde humana proveniente do descarte irregular e minimizando a energia gasta no processo de fabricação.

Segundo Mahmoudi, Huda e Behnia (2019) o vidro utilizado nos painéis fotovoltaicos representa a maior parcela de volume de material e é o material de mais fácil reciclagem. Além disto, ressaltam o alumínio e o cobre como materiais com grande potencial para reciclagem.

Mahmoudi et al. (2019) realizou um levantamento o qual puderam perceber que existem estudos internacionais acerca de diversos aspectos do cenário de fim de vida dos módulos fotovoltaicos, mas que, ainda assim, apenas 16% dos estudos apresentam as estimativas de fluxos deste tipo de resíduo. Além disto, consideram que existe demanda por mais estudos acerca da gestão do resíduo fotovoltaico por parte de diversos países com finalidade de se promover estratégias mais eficientes e efetivas, assim como a criação de um sistema de monitoramento global que poderá apresentar dados atualizados diariamente sobre o volume de resíduo gerado e a forma de tratamento desses resíduos. Além disso, deve ocorrer um incentivo e investimento em pesquisas para solucionar a problemática de resíduos provenientes de painéis fotovoltaicos.

Yang et al. (2019) realiza uma análise a respeito do volume de matéria-prima desperdiçada durante o processo produtivo da célula fotovoltaica, comentando sobre a reciclagem do material na fase de corte das células fotovoltaicas e propõem um método de reciclagem por meio de lixiviação ácida, calcinação e desoxidação. Sendo assim, os estudiosos chegam a conclusão que o maior volume de resíduos são os pedaços de quartzo e silício. Em complementação o estudo desenvolvido por Nevala et al. (2019) relata que a fragmentação eletro-hidráulica é uma alternativa eficiente para a separação e recuperação de materiais que compõem as células fotovoltaicas, como por exemplo, silício, prata, cobre, estanho, chumbo e alumínio.

5. Conclusões

Por meio desse estudo percebeu-se que a preocupação com o consumo de energia consciente e a logística reversa no setor elétrico é uma problemática internacional aonde diversos países e pesquisadores buscam solucionar ou minimizar o impacto desses resíduos no meio ambiente.

Nesse contexto, alguns pesquisadores internacionais levantaram soluções para reciclagem ou reutilização de componentes de painéis fotovoltaicos. Dessa forma, precisa-se ressaltar que



deve haver um estudo de impacto ambiental proveniente dessas alternativas de logística reversa e fim de vida útil para que sejam destacadas as soluções mais sustentáveis.

6. Agradecimentos

Agradecemos ao Instituto Federal da Bahia e aos docentes pelo constante incentivo a preservação ambiental e pesquisas inovadoras.

7. Referências bibliográficas

AZEUMO, Maurianne Flore et al. Photovoltaic module recycling, a physical and chemical recovery process. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, v. 193, p.314-319, 2019.

BRASIL. Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9605 de 1998; e dá outras providências. Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para assuntos jurídicos. Brasília, DF, 2 de agosto de 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 10 jun. 2022.

BRASIL. Acordo Setorial Eletroeletrônicos. Ministério do Meio Ambiente. 31 p., out. 2019a. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/informma/item/15652-minist%C3%A9rio-do-meio-ambiente-celebra-acordo-setorial-de-eletr%C3%B4nicos.html>. Acesso em: 8 set. 2022

CALDERONI, S. Os Bilhões perdido no lixo. 4. Ed. São Paulo: Editora Humanistas, 2003.

LACERDA, L. Logística reversa: uma visão sobre os conceitos básicos e as praticas. 2002.

LAMBERT, D.M.; Administração Estratégica da Logística. São Paulo: Vantine Consultoria, 1998.

LEITE, P.R. Logística reversa: meio ambiente e competitividade. 2.ed. São Paulo: Person, 2009.

LEITE, P.R. Logística reversa: meio ambiente e competitividade. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

MAHMOUDI, Sajjad et al. End-of-life photovoltaic modules: A systematic quantitative literatura review. *Resources, Conservation & Recycling*, v. 146, p.1-6, 2019.

MAHMOUDI, Sajjad; HUDA, Nazmul; BEHNIA, Masud. Photovoltaic waste assessment: Forecasting and screening of

emerging waste in Australia. *Resources, Conservation & Recycling*, v. 146, p. 192-205, 2019.

NEVALA, Sanna-Mari et al. Electro-hydraulic fragmentation vs conventional crushing of photovoltaic panels – Impact

on recycling. *Waste Management*, v. 87, p. 43-50, 2019.

PADOAN, Flavia C. S. M.; ALTIMARI, Pietro; PAGNANELLI, Francesca. Recycling of end of life photovoltaic

panels: A chemical prospective on process development. *Solar Energy*, v. 177, p. 746-761, 2019.

ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R.S: *Reverse Logistics Practice*; IL: Reverse Logistics Executive Council, 1999

RAHMAN, Mustafizur; ALAM, Chowdhury Sadid; AHSAN, Abir. A Life Cycle Assessment Model for Quantification of Environmental Footprints of a 3.6kWp Photovoltaic System in Bangladesh. *International Journal of Renewable Energy Development*, v. 8, n. 2, p. 113-118, 2019.

YANG, H. L. et al. Recycling and reuse of kerf-loss silicon from diamond wire sawing for photovoltaic industry. *Waste Management*, v. 84, p. 204-210, 2019.