



ANÁLISE DA APLICAÇÃO DE TECNOLOGIAS MAIS LIMPAS NA GESTÃO DOS RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS (REEE)

Versão do autor aceita publicada online: 10 abr. 2023

Publicado online: 13 abr. 2023

Como citar esse artigo - American Psychological Association (APA):

Pereira, R. T., Ferreira, F. C. S., & Reis, M. A F. (2023, artigo aceito online). Análise da aplicação de tecnologias mais limpas na gestão dos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE). *Exacta*, artigo aceito online. <https://doi.org/10.5585/2023.22503>



Renato Tadeu Pereira¹

Universidade do Contestado / Santa Catarina, SC - Brasil



Fernanda Cristina Silva Ferreira²

Universidade do Planalto Catarinense / Lages, SC - Brasil



Mari Aurora Favero Reis³

Universidade do Contestado / Santa Catarina, SC - Brasil

¹ Possui graduação em Engenharia de Controle e Automação pela Universidade do Contestado (2010), especialização lato sensu em Engenharia de Produção pela Uniasselvi (2012), atualmente mestrando do Programa de Pós-graduação em Sistemas Produtivos (PPGSP) em forma associativa entre Universidade do Contestado (UNC), Universidade do Planalto Catarinense (UNIPLAC), Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC) e Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE)

² Possui graduação em Química pela Universidade Federal de Santa Catarina (2004), mestrado em Química pela Universidade Federal de Santa Catarina (2007) e doutorado em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina (2012). Professora do Programa de Pós-Graduação em Sistemas Produtivos - PPGSP associado entre UNIPLAC/UNC/UNESC/UNIVILLE. Atualmente é Professora da Universidade do Planalto Catarinense e Professora de Química no Colégio Bom Jesus Diocesano - Lages/SC. Tem experiência na área de Engenharia Química com ênfase em Tratamento enzimático de fibras de algodão, na área de Química com atuação nas áreas de Produtos Naturais e Biotálise e em Engenharias na área de Meio Ambiente

³ Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática (ULBRA), Professora do Programa de Pós-Graduação em Sistemas Produtivos - PPGSP, associado entre as IES UNIPLAC/UNC/UNESC/UNIVILLE. Atualmente é professora na Universidade do Contestado, atuando nas Engenharias

Resumo: O aumento dos resíduos dos equipamentos eletroeletrônicos (REEE) é resultado do avanço tecnológico e consumo elevado. É necessário incentivar a redução, reciclagem e reuso dos resíduos, para atingir os objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS). O objetivo desse estudo é analisar a relação entre os ODS e o emprego da produção mais limpa na gestão dos REEE. Trata-se de uma pesquisa bibliográfica, com base na análise de conteúdo. Os resultados revelam que a gestão dos REEE é uma boa alternativa para o alcance dos ODS, pois demonstra preocupação com as questões financeiras, sociais e ambientais. A redução na fonte está relacionada com as modificações no produto e no processo produtivo. A reciclagem interna é representada pelo reuso e manutenção dos equipamentos de informática. A reciclagem externa está ligada à logística reversa, que é mais explorada em países desenvolvidos, devido aos altos custos de implantação.

Palavras-chave: ODS. Produção mais limpa. Logística reversa. REEE.

Analysis of the application of cleaner technologies in the management of waste Electro-Electronic Equipment (WEEE)

Abstract: The increase in waste from electrical and electronic equipment (WEEE) is a result of technological advances and high consumption. It is necessary to encourage the reduction, recycling and reuse of waste to achieve the sustainable development goals (SDGs). The objective of this study is to analyze the relationship between the SDGs and the use of cleaner production in the management of WEEE. This is a bibliographic research, based on content analysis. The results reveal that the management of WEEE is a good alternative for achieving the SDGs, as it demonstrates concern with financial, social and environmental issues. Source reduction is related to changes in the product and in the production process. Internal recycling is represented by the reuse and maintenance of IT equipment. External recycling is linked to reverse logistics, which is more explored in developed countries, due to high implementation costs.

Keywords: SDG. Cleaner production. Reverse logistic. WEEE.

1 INTRODUÇÃO

Os equipamentos elétricos e eletrônicos (EEE) são os equipamentos que funcionam a partir da utilização de corrente elétrica ou campos eletromagnéticos. A Diretiva Europeia 2012/19/EU define como sendo os aparelhos que utilizam uma tensão nominal não superior a 1 000 V (volts) para corrente alternada e 1 500 V para corrente contínua (Europeu & Européia, 2012). No Brasil, essa definição abrange os aparelhos de uso doméstico, “cujo funcionamento depende do uso de correntes elétricas com tensão nominal não superior a 240 volts” (Ministério do Meio Ambiente, 2019, p. 110).

Os resíduos gerados a partir dos equipamentos eletroeletrônicos (REEE) são popularmente conhecidos como “lixo eletrônico” e representam uma parcela significativa dos resíduos sólidos gerados pela população mundial. Entre os anos de 2014 e 2016, Catão (2019)

afirma que o volume de REEE cresceu 8% alcançando a marca de 44,7 milhões de toneladas de equipamentos eletroeletrônicos descartados no mundo.

Esse aumento é devido ao consumo dos produtos eletroeletrônicos, que apresentam uma das mais elevadas taxas de crescimento do mundo, causada pela popularização e obsolescências destes equipamentos (Porto et al., 2020).

Por outro lado, a metodologia de produção mais limpa (P+L) é vista por (Alves & Oliveira, 2007) como uma estratégia ambiental, aplicada a processos, produtos e serviços de maneira preventiva e integrada. “É uma metodologia que busca identificar como, por que e onde surgem os resíduos, levando as empresas a identificar a melhor forma para gerenciá-los” (da Fonseca & Martins, 2018, p. 120).

As ações da P+L são divididas em três níveis. O nível 1 está relacionado com as reduções na fonte geradora, através de modificações nos produtos ou nos processos. As modificações nos processos envolvem o *housekeeping*, a substituição de matéria-prima e as modificações tecnológicas. O nível 2 trata das ações de reciclagem no ambiente interno da empresa. E no nível 3 são propostas medidas de reciclagem externa dos resíduos (Milan & Grazziotin, 2012).

O uso de tecnologias mais limpa pelos setores de produção, por meio de modificações em processos e produtos, redução, reciclagem e reuso, podem contribuir para o alcance de alguns dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). Os ODS representam um apelo de abrangência global, apoiado pela Organização das Nações Unidas (ONU), visando acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e promover a paz (ONU, 2022).

O estudo conduzido por (Neto et al., 2022) mostra que as ações da P+L aplicadas a pequenas empresas promovem melhorias das condições ambientais e geram ganhos econômicos, com destaque para o alcance dos ODS 6, 9, 12 e 15. Dentre os benefícios ambientais, pode-se destacar a redução da poluição do ar e da contaminação da água por produtos químicos e quanto aos ganhos financeiros, destacam-se a diminuição no tempo de retorno de investimento e a redução no consumo de água, de energia e de matéria prima.

Neste sentido, é preciso responder à seguinte pergunta: qual a contribuição das metodologias de P+L na gestão dos REEE? O presente estudo tem como objetivo principal analisar a relação entre os ODS e o emprego de tecnologias mais limpas na gestão dos REEE.

2 METODOLOGIA

A presente pesquisa é uma revisão da literatura, classificada como sendo de natureza básica. Com base nos objetivos, a pesquisa classifica-se como exploratória. Nas palavras de (Gil, 2022, p. 41) a pesquisa exploratória proporciona maior familiaridade com o problema, tendo como objetivo principal o aprimoramento de ideias e, na maioria dos casos, baseiam-se em pesquisa bibliográfica ou estudo de caso.

A pesquisa é do tipo qualitativa. “As pesquisas qualitativas se baseiam mais em uma lógica e em um processo indutivo (explorar e descrever, e depois gerar perspectivas teóricas)” (Sampieri et al., 2013, p. 33).

Em relação aos procedimentos técnicos, pode ser classificada como uma pesquisa bibliográfica nas bases de conhecimento, seguida por uma análise de conteúdo à moda de (1977), abrangendo as etapas: (i) pré-análise; (ii) exploração do material; (iii) tratamento dos resultados, inferência e interpretação.

A pesquisa de artigos foi realizada entre os dias 08 a 16 de abril de 2022, utilizando as plataformas de pesquisa Science Direct, Portal de Periódicos da Capes, Scielo, Ebsco Host e Ebsco Essentials. Em todas as plataformas foi escolhida a busca avançada e filtrando por artigos de pesquisa, de acesso aberto, publicados entre os anos de 2017 a 2022.

A busca foi baseada em quatro combinações diferentes de termos de pesquisa, descritas dentro da estrutura de expressões booleanas nas plataformas. Os primeiros itens a serem combinados (C1) foram “Produção mais limpa” e “Resíduos eletroeletrônicos”; a segunda combinação (C2) foi dos termos “Produção mais limpa” e “REEE”; a combinação número 3 (C3) envolveu “Produção mais limpa” e “Logística reversa”; e por último a combinação dos termos “REEE” e “Logística reversa” (C4).

Não foi possível filtrar por artigos de acesso aberto dentro da plataforma Ebsco Essentials, tanto na etapa de busca avançada quanto na etapa de refinamento. Quando determinado artigo apresentava acesso restrito, ele se destacava nos resultados por um ícone colorido com uma mensagem. Essa mensagem informava que o artigo deveria ser acessado utilizando as bibliotecas das instituições de ensino. Nesta condição ocorria o direcionamento para a plataforma Ebsco Host. Situação semelhante aconteceu com o portal de Periódicos da Capes, onde alguns dos artigos de acesso aberto não estavam disponíveis

Quanto ao filtro de data na plataforma Ebsco Essentials, foi necessário determinar o intervalo ainda dentro dos critérios da pesquisa avançada, antes da apresentação dos resultados.

Em caso de necessidade de modificação no filtro de data era preciso realizar nova busca avançada informando o período desejado.

Na etapa de pré-análise foi realizado o *download* de todos os documentos acessíveis e após a leitura inicial dos respectivos títulos e resumos, os documentos foram organizados em biblioteca online, utilizando-se a ferramenta Mendeley (versão Desktop). Neste processo, após identificar quais deles tinham realmente relação com REEE, os documentos foram armazenados na pasta dos favoritos. A duplicidade dos artigos também foi verificada utilizando-se do mesmo *software*.

A etapa II, exploração do material, foi realizada com a leitura completa dos artigos selecionados, realizando a tabulação no *software* Microsoft Excel. As categorias extraídas das obras para posterior análise foram: autor ou autores; ano de publicação; país onde foi realizada a pesquisa; tipo de REEE estudado; afirmações que fazem relação com os ODS; e relação entre os REEE e a P+L.

Por fim foi realizado o tratamento dos resultados (etapa III), inferência e interpretação, identificando quantas e quais obras faziam afirmações relacionadas com os ODS. Da mesma forma, foram filtradas as afirmações dos autores que representam ações que contribuem para a redução da geração de resíduos, o reaproveitamento ou a reciclagem. Nesse caso, essas afirmações se relacionam diretamente com os níveis da P+L, agrupados para determinar quais as contribuições específicas na gestão dos REEE. As representações gráficas dos resultados da análise de conteúdo foram criadas utilizando os *softwares* Microsoft Excel e X-Mind.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nessa seção apresentam-se os resultados dos artigos encontrados, descartados, aproveitados e repetidos, conforme os critérios definidos na metodologia. Na sequência, serão apresentados nos resultados da análise de conteúdo dos artigos, relacionando-os com os temas abordados no objetivo da pesquisa.

Na plataforma Ebsco Essentials, algumas das buscas apresentavam um determinado número de resultados. No entanto ao navegar pelas páginas constatou-se que o número total de artigos realmente apresentados (tanto de acesso aberto quanto restrito) não coincidia com o número informado pela plataforma. Essa situação ocorreu na busca correspondente às combinações 3 e 4 dos termos apresentados anteriormente. Na combinação 3 foi informado um número de 78 artigos, porém apresentou somente 76 enquanto na combinação 4 informava resultado correspondente a 20 artigos, mas disponibilizava somente 16.

3.1 RESULTADOS DA BUSCA

A busca pela combinação 2 apresentou valores nulos para quase todas as bases, exceto para a base Ebsco Essentials, que retornou somente um artigo. No entanto, o artigo foi descartado por não contemplar conteúdo referente aos REEE. Para o restante das combinações, os resultados gerados nas respectivas bases de dados estão demonstrados na tabela 1.

Tabela 1

Artigos encontrados em cada plataforma de acordo com as combinações

Situação dos artigos	Capes			SciELO			Ebsco Host			Ebsco Essentials			Total
	C1	C3	C4	C1	C3	C4	C1	C3	C4	C1	C3	C4	
Encontrado	0	19	9	0	0	2	2	22	5	24	76	16	175
Sem acesso (1)	0	4	0	0	0	0	0	0	0	5	28	6	43
Não é REEE (2)	0	13	0	0	0	0	2	21	1	17	45	2	101
Selecionado	0	2	9	0	0	2	0	1	4	2	3	8	31

Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

Notas: (1) Acesso restrito ou impossibilitado aos links dos artigos.

(2) Artigos que contemplavam outros tipos de resíduos que não os eletroeletrônicos.

A plataforma Science Direct foi a única que não apresentou resultados para os critérios de busca. Foi encontrado um total de 175 artigos, porém quase 25% deles eram de acesso restrito, representando 43 artigos. De acordo com as combinações de termos utilizados, os resultados mostraram que 101 artigos, ou seja, 57% não correspondiam aos REEE. As obras faziam referência a resíduos sólidos, bem como sua logística reversa, mas não contemplavam produtos eletrônicos. A figura 1 demonstra a quantidade total de artigos de cada uma das plataformas de pesquisa.

Figura 1

Total de artigos classificados por plataforma de pesquisa

Plataforma	Encontrado	Sem acesso	Não é REEE	Selecionado	Repetido	Analizado
Ebsco Essentials	116	39	64	13		
Ebsco Host	29	0	24	5		
Periódicos Capes	28	4	13	11		
Scielo	2	0	0	2		
Science Direct	0	0	0	0		
Total	175	43	101	31	11	20

Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

A plataforma Ebsco Essentials foi a que apresentou maior número de artigos encontrados e selecionados, porém a plataforma de Periódicos da Capes foi a que apresentou maior aproveitamento em relação à quantidade de artigos encontrados (quase 40% contra 11% da Ebsco Essentials).

De todos os cinco artigos selecionados da plataforma Ebsco Host, três deles (60%) estavam disponíveis também na Ebsco Essentials, um deles (20%) na Capes e apenas um (20%) era de acesso exclusivo pela Ebsco Host. Do total de 31 artigos selecionados, 11 deles apresentaram duplicidade e a análise foi efetivada em 20.

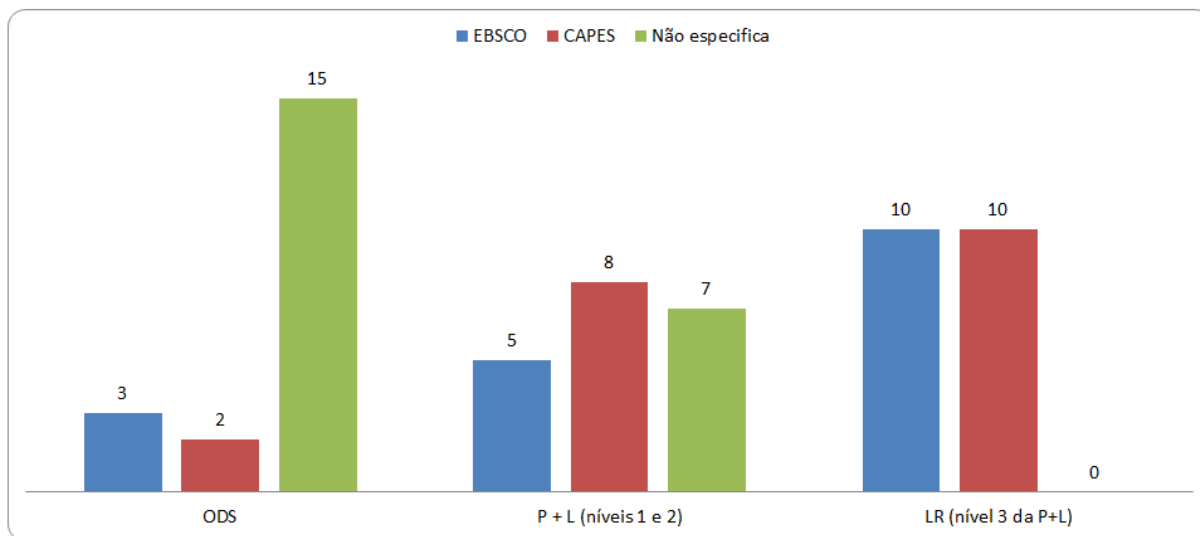
Após a exclusão por repetitividade, 10 artigos analisados correspondem aos achados nos Periódicos da Capes e os outros 10 são oriundos da junção de artigos encontrados na Ebsco Host e Ebsco Essentials.

3.2 RESULTADOS DA ANÁLISE DE CONTEÚDO

O arquivo com a síntese do conteúdo, separada por categorias, pode ser visualizado no link <https://bit.ly/3z4kkZf>. Por conveniência, o único artigo selecionado na plataforma Ebsco Host foi agrupado aos demais artigos da plataforma Ebsco Essentials. Quanto aos dois artigos encontrados e selecionados na plataforma Scielo, estes restaram repetidos nas demais e foram desconsiderados na pesquisa. A figura 2 mostra a proporção de artigos que citam os conceitos de ODS e P+L nas respectivas plataformas de busca.

Figura 2

Proporção de conceitos em relação às plataformas de busca



Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

Poucos artigos escreveram sobre as ações que contribuem para o alcance dos ODS (apenas 25%) enquanto que um número mais significativo citou ações que promovem a aplicação de tecnologias mais limpas na gestão dos resíduos (35% para o nível 1 e 30% para nível 2). O nível 3 da P+L foi representado pela logística reversa, cujas características e perspectivas foram descritas em todos os artigos analisados. Os resultados para cada uma dessas categorias serão detalhadamente descritos adiante.

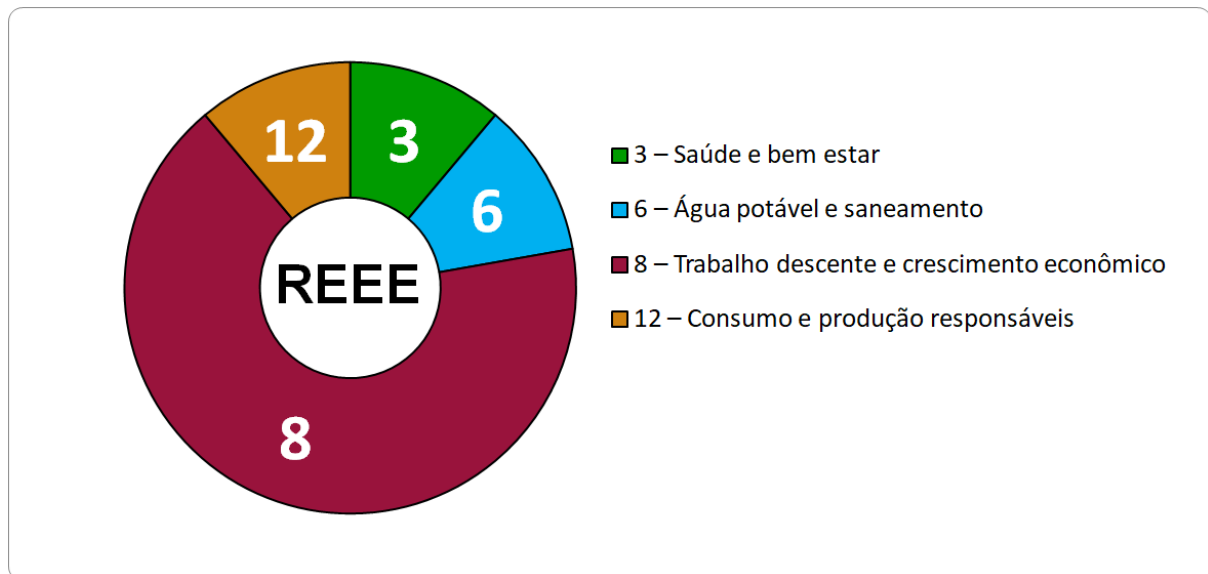
3.2.1 RELAÇÃO COM OS ODS

Foi possível identificar cinco artigos que promovem alguma relação, mesmo que indiretamente, entre a gestão dos REEE e alguns ODS. Foram identificadas nove relações com os ODS, das quais 66,6% correspondem ao ODS 8, conforme figura 3.

Dentre os fatores diretamente relacionados e tidos como incompatíveis com os ODS está o aumento no consumo dos equipamentos eletroeletrônicos (Joaquim, 2021), especialmente celulares e tablets, associado à obsolescência programada (Rossini & Naspolini Sanches, 2017), que pode aumentar o descarte ilegal e incorreto (Rodrigues et al., 2020). Dentro desse escopo, pode-se identificar tal incompatibilidade com o ODS 8.4 que procura melhorar a eficiência dos recursos no consumo e na produção, e dissociar o crescimento econômico da degradação ambiental.

Figura 3

ODS relacionados com os REEE



Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

Por outro lado, a reciclagem dos REEE se apresenta como uma ótima alternativa para contribuir com a redução dos impactos na saúde humana e no meio ambiente além de oportunizar benefícios econômicos. (Lima Junior et al., 2018) propõe que a compra de equipamentos como pilhas, baterias, lâmpadas e computadores somente seja efetuada em empresas que fazem a logística reversa. A destinação adequada dos REEE mantém as águas subterrâneas livres de contaminação por metais pesados e garante a qualidade do solo para a agricultura além de gerar oportunidades econômicas como a mineração urbana (Pessanha & Morales, 2020).

A figura 4 indica as possíveis relações entre os REEE e os ODS, interpretadas a partir das afirmações dos autores pesquisados.

Figura 4

Relação entre REEE e os ODS

Tipo de REEE	ODS (1)			Autor
	3.9 (2)	6.3 (3)	8.3 (4)	
Celulares, tablets e computadores	3.9 (2)	6.3 (3)	8.3 (4)	(Pessanha & Morales, 2020)
Geral	8.3	8.4 (5)	8.8 (6)	(Rodrigues et al., 2020)
Celulares	8.4			(Rossini & Napolini Sanches, 2017)
Informática e pilhas	8.4			(Joaquim, 2021)
Baterias, lâmpadas e computadores	12.7 (7)			(Lima Junior et al., 2018)

Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

Notas: (1) Objetivos a serem alcançados até 2030.

(2) Reduzir substancialmente o número de mortes e doenças por produtos químicos perigosos, contaminação e poluição do ar e água do solo.

(3) Melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição e a proporção de águas residuais não tratadas.

(4) Promover políticas que apoiem as atividades produtivas, geração de emprego decente, empreendedorismo, criatividade e inovação, e incentivar a formalização e o crescimento das micro, pequenas e médias empresas.

(5) Melhorar a eficiência dos recursos globais no consumo e na produção, e empenhar-se para dissociar o crescimento econômico da degradação ambiental.

(6) Proteger os direitos trabalhistas e promover ambientes de trabalho seguros.

(7) Promover práticas de compras públicas sustentáveis.

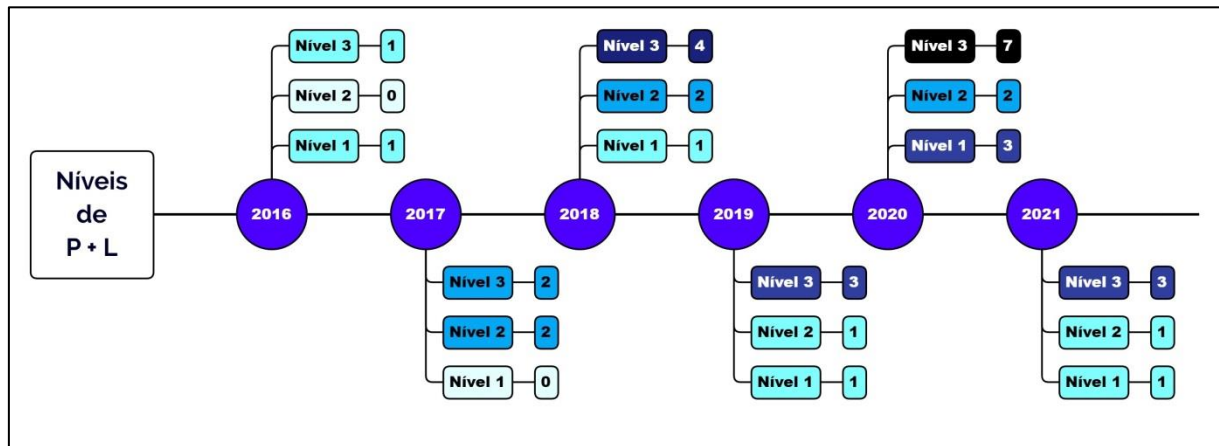
Dentre os quesitos identificados na pesquisa que foram interpretados como tendo relação com os ODS, cerca de 44,4% evidenciam preocupação com a questão financeira, outros 33,3% com o eixo social e apenas 11,1% se destacam como uma preocupação com os impactos ambientais. Outros 11,1% sugerem práticas que envolvem de maneira compartilhada os três pilares da sustentabilidade.

3.2.2 RELAÇÃO COM AS TECNOLOGIAS MAIS LIMPAS

Nesta seção serão apresentadas as relações com as tecnologias consideradas mais limpas dentro dos ciclos produtivos, representadas pelos níveis de P+L. A figura 5 mostra a quantidade de relações identificadas nos artigos entre cada nível no decorrer dos anos.

Figura 5

Linha do tempo das pesquisas de P+L



Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

Nota: Os números não representam a quantidade de artigos publicados e sim a quantidade de relações identificadas nas pesquisas, de acordo com a percepção dos autores deste manuscrito acerca das afirmações constantes nas obras.

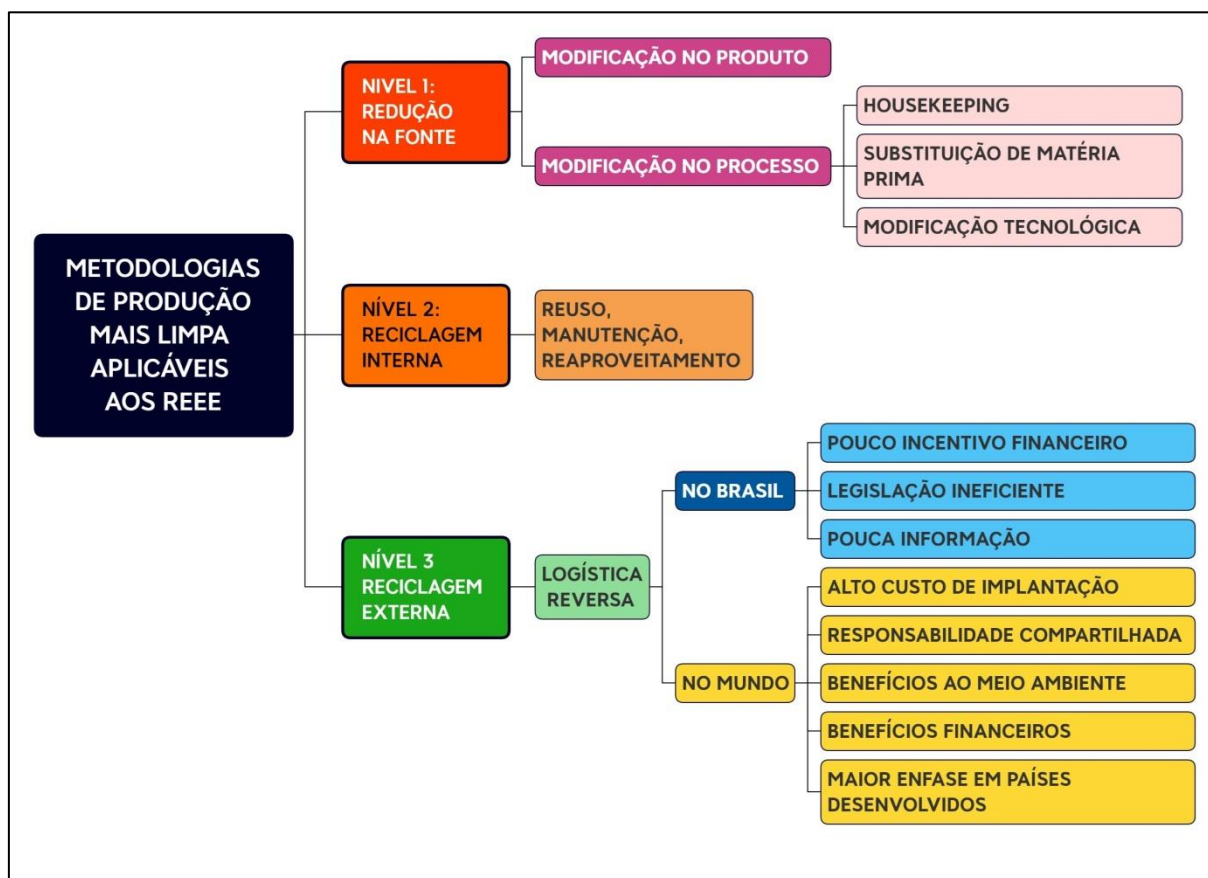
A figura 5 mostra que os níveis 1 e 2 da P+L foram tratadas de maneira mais homogênea no decorrer dos anos em relação à quantidade de relações identificadas nas obras. A redução na fonte (nível 1) é subdividida de maneira praticamente equivalente entre as modificações no produto (citado em quatro artigos) e as modificações no processo produtivo (citado em três artigos), além de apresentar dois artigos que citam a redução na fonte de maneira generalizada. A reciclagem interna (nível 2) apresentou oito relações.

O mesmo não aconteceu com o nível 3, cuja frequência de estudos evoluiu de maneira crescente até o ano de 2020. O nível 3 está relacionado à reciclagem externa, evidenciada pela logística reversa dos REEE. Esse pico pode ser explicado por conta da assinatura do acordo setorial para a logística reversa dos REEE que ocorreu em 2019.

A figura 6 ilustra o resultado das relações entre os níveis de P+L e os REEE.

Figura 6

Relações entre os níveis da P+L e os REEE



Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

Em sete dos 20 artigos analisados, não foram identificados os níveis 1 e 2 da produção mais limpa. O nível 3 foi identificado em todos os artigos como sendo as percepções sobre a logística reversa no Brasil e no mundo.

Dentre as modificações no produto, (Goeldner et al., 2020) propõe que sejam atribuídos valores máximos de cádmio, chumbo e mercúrio na fabricação das pilhas. Além disso, o design modular dos equipamentos de maneira geral facilita a reciclagem (Lucas et al., 2021), contribuindo para minimizar o impacto ambiental (Rodrigues et al., 2020).

Com relação às modificações no processo podem-se destacar: as modificações tecnológicas, como é o caso da substituição do processo pirometalúrgico pelos processos hidrometalúrgico e biohidrometalúrgico na reciclagem de placas de circuito impresso (Rocha & Penteado, 2017); e a substituição de matéria prima na fabricação de equipamentos eletroeletrônicos utilizando água não tratada, proposta por (Rodrigues & Werner, 2020).

A reciclagem interna de equipamentos eletroeletrônicos se apresenta dentro de um processo produtivo na medida em que estes equipamentos são reparados para serem reutilizados, nos moldes da TI Verde (Porto et al., 2018), por exemplo: o reaproveitamento de carcaças de *tonners* (Castro et al., 2017); a indústria de segunda mão, que estende a vida útil dos produtos reinserindo-os no mercado (SANTOS, 2020); e a simples manutenção de computadores para doação (Catão, 2019).

Por fim, o nível 3 da P+L é representado pela logística reversa dos REEE, que tem o objetivo de retornar os resíduos para a cadeia produtiva originária, ou inseri-los em outros ciclos para o reprocessamento. O assunto ainda é tratado de maneira muito tímida no Brasil, embora seja um tema de grande relevância e tenha sido bastante discutido. A pesquisa demonstrou que as principais causas dessa deficiência são: carência de informação (Castro et al., 2017; Goeldner et al., 2020; Pessanha & Morales, 2020; Porto et al., 2020); altos custos de implantação (Callefi & Barbosa, 2018; Catão, 2019; SANTOS, 2020); pouca fiscalização (Goeldner et al., 2020); e legislação ineficiente (Castro et al., 2017; Catão, 2019).

4 CONCLUSÃO

A gestão dos REEE se apresenta como uma boa alternativa para o alcance dos ODS. A correta reciclagem dos resíduos traz benefícios ambientais, sociais e financeiros. No entanto, o aumento do consumo de produtos eletrônicos ainda representa um risco para o meio ambiente. A obsolescência programada, associada ao descarte incorreto dos resíduos, está diretamente associada ao aumento da degradação ambiental.

O nível 1 da P+L está relacionada às etapas de geração e armazenamento de REEE. O nível 2 valoriza a manutenção dos produtos para o reaproveitamento, especialmente aqueles utilizados na tecnologia da informação. O nível 3 é representado pela logística reversa e se destaca nas etapas de coleta e destinação desses resíduos. Essas etapas são tratadas de maneira mais robusta pelos pesquisadores, evidenciando as características e dificuldades a nível nacional e global.

As percepções sobre logística reversa dos REEE ainda são incipientes no Brasil. Há evidências dos impactos dos REEE no meio ambiente, porém ainda contempla pouca informação sobre a destinação correta dos equipamentos quando alcançam o final da vida útil. A literatura estudada demonstra que isso está principalmente relacionado à falta de incentivos financeiros e legislação ineficiente. A PNRS foi instituída em 2010, mas de fato somente a partir de 2019 a logística reversa desses equipamentos tem sido tratada com maior ênfase.

A pesquisa evidenciou que a reciclagem externa permite ótimos benefícios ambientais e financeiros em nível global. Contudo, os maiores investimentos se concentram nos países desenvolvidos, devido aos custos elevados de implantação. No Brasil, prevalece a reciclagem de plásticos e metais presentes na estrutura dos REEE, enquanto que a reciclagem das placas de circuito impresso ainda não é explorada. Uma parte das placas é encaminhada para ser reciclada em países do exterior, mas um grande número delas é enviado aos aterros sanitários e gera desperdício financeiro.

A responsabilidade compartilhada entre produtores, comerciantes e consumidores é o caminho mais promissor para a efetivação da reciclagem, por isso a importância dos acordos promovidos entre as entidades públicas e privadas bem como a ampla divulgação para a população.

REFERÊNCIAS

Alves, S. M., & Oliveira, J. F. G. de. (2007). Adequação ambiental dos processos usinagem utilizando Produção mais Limpa como estratégia de gestão ambiental. *Production*, 17(1), 129–138. <https://doi.org/10.1590/S0103-65132007000100009>

Bardin, L. (1977). *Análise de conteúdo* (70th ed.). LISBOA.

Callefi, M. H. B. M., & Barbosa, W. P. (2018). Electrical equipment and electronic waste management in Maringá/PR. *Revista Gestão Da Produção Operações e Sistemas*, 13(2), 112–131. <https://doi.org/10.15675/gepros.v13i2.1848>

Castro, A. B. C. de, Lima, U. R. de, Santos, S. D. T. dos, & Bezerra, C. M. C. (2017). Gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos: um estudo de caso sobre o descarte de toneres de impressoras em uma empresa privada do Nordeste do Brasil. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 6(3), 666.

<https://doi.org/10.19177/rgsa.v6e32017666-678>

Catão, M. D. Ó. (2019). O crescente aumento dos resíduos oriundos de equipamentos eletroeletrônicos: a cidade em busca da gestão socioambiental adequada para o destino final do e-lixo. *Revista de Direito Da Cidade*, 11(3), 175–197.

<https://doi.org/10.12957/rdc.2019.37901>

Europeu, P., & Européia, C. da U. (2012). Diretiva 2012/19/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 4 de julho de 2012: relativa aos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE). In *Jornal Oficial da União Europeia* (Issue 6, pp. 38–71).

Fonseca, M. A. P., & Martins, M. de F. (2018). Produção mais limpa no setor de cachaça: estudo em engenho no estado da Paraíba. *Revista Pensamento Contemporâneo Em Administração*, 12(1), 117. <https://doi.org/10.12712/rpca.v12i1.1146>

Gil, A. C. (2022). *Como Elaborar Projetos de Pesquisa* (7th ed.).

Goeldner, I. S., Tokarz, B., Ambrozi, J., Rebellato, P. H., Fagundes, A. B., Pereira, D., & Beuren, F. H. (2020). Sistemas de logística reversa de pneus, pilhas e baterias implantados no Brasil: uma análise comparativa. *Revista Produção Online*, 20(1), 3–27. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v20i1.3241>

Joaquim, J. M. dos S. (2021). Obsolescência programada, as relações de consumo e a geração de resíduos no antroposceno. *Revista de Direito e Sustentabilidade*, 7(1), 92–112.

<https://doi.org/10.26668/IndexLawJournals/2525-9687/2021.v7i1.7753>

Lima Junior, F. R., Ferreira, L. F. de F., Selegim, A. P. D., & Carpinetti, L. C. R. (2018).

Um modelo Fuzzy-QFD para priorização de ações de gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. *Revista Produção Online*, 18(2), 713–742.

<https://doi.org/10.14488/1676-1901.v18i2.2958>

Lucas, T. T., Maia, A. A. D., Moris, V. A. da S., & Paiva, J. M. F. de. (2021). Avaliação da utilização de um ponto de coleta de resíduos eletroeletrônicos na universidade. *Revista Produção Online*, 21(2), 372–392. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v21i2.3609>

Milan, G. S., & Graziotin, D. B. (2012). Um estudo sobre a aplicação da Produção mais Limpa (P + L). *Gestão Da Produção, Operações e Sistemas (GEPROS)*, 7(1), 127–140. <https://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/view/424>

Ministério do Meio Ambiente, M. M. A. (2019). *Plano Nacional de Resíduos Sólidos* (p. 187). <http://consultaspublicas.mma.gov.br/planares/wp-content/uploads/2020/07/Plano-Nacional-de-Resíduos-Sólidos-Consulta-Pública.pdf>

Neto, G. C. de O., Leite, R. R., Lucato, W. C., Vanalle, R. M., Amorim, M., Matias, J. C. O., & Kumar, V. (2022). Overcoming Barriers to the Implementation of Cleaner Production in Small Enterprises in the Mechanics Industry: Exploring Economic Gains and Contributions for Sustainable Development Goals. *Sustainability*, 14(5), 2944. <https://doi.org/10.3390/su14052944>

ONU. (2022). *Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil*. 2022. <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>

Pessanha, L. P. M., & Morales, G. (2020). Consumer behavior in the disposal of information technology equipment: Characterization of the household flow. *Gestao e Producao*, 27(3), 1–18. <https://doi.org/10.1590/0104-530x4313-20>

Porto, W. S., Brasnieski, A. C. F., Souza, J. A. de, & Freitas, M. A. L. de. (2020). Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos: um diagnóstico da destinação na percepção do consumidor final de Vilhena/RO. *Amazônia, Organizações e Sustentabilidade*, 8(2), 07. <https://doi.org/10.17648/aos.v8i2.1008>

Porto, W. S., Souza, J. A. de, Campos, K. S., & Freitas, M. assuero L. de. (2018). Gestão do descarte de resíduos eletroeletrônicos com foco na TI verde. *AOS, Brazil*, 7(2), 47–68. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17800/2238-8893/aos.v7n2jul/dez2018p47-68>

Rocha, T. B., & Penteado, C. S. G. (2017). Impactos e benefícios ambientais do gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos. *LALCA: Revista Latino-Americana Em Avaliação Do Ciclo de Vida*, 1(2 esp.), 78. <https://doi.org/10.18225/lalca.v1i1.3073>

Rodrigues, J. T. M. C., & Werner, L. (2020). Diagnosis of electronics equipment companies in Rio Grande do Sul in terms of environmental impacts and reverse logistics system. *Revista Gestão Da Produção Operações e Sistemas*, 15(1), 92–113. <https://doi.org/10.15675/gepros.v15i1.2293>

Rodrigues, J. T. M. C., Werner, L., & Barcellos, M. D. de. (2020). Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos: riscos e oportunidades. *Revista de Administração Da UFSM*, 13(2), 296–312. <https://doi.org/10.5902/1983465923803>

Rossini, V., & Naspolini Sanches, S. H. D. F. (2017). Obsolescência programada e meio ambiente: a geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. *Revista de Direito e Sustentabilidade*, 3(1), 51. <https://doi.org/10.26668/IndexLawJournals/2525-9687/2017.v3i1.2044>

Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, M. D. P. B. (2013). *Metodologia de Pesquisa* (5th ed.). Penso.

SANTOS, K. L. dos. (2020). Waste electrical and electronic equipment in macrometrópole paulista: legal framework and technology at the service of reverse logistics. *Ambiente & Sociedade*, 23, 1–20. <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20190121r1vu202012de>