



AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DA RECICLAGEM DOS RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS NO MUNICÍPIO DE JANDAIA DO SUL: ESTUDO DA FASE DO TRANSPORTE

Bruna Guedes Cessel (Universidade Federal do Paraná)
brunaguedes918@gmail.com

Isadora Marcela de Campos
imcaampos@gmail.com

André Luiz Gazoli de Oliveira
andre.gazoli@ufpr.br

Raimundo Alberto Tostes (Universidade Federal do Paraná)
tostes@ufpr.br

Giancarlo A. Lovón-Canchumani (Universidade Federal do Paraná)
giancarlo.lovon@ufpr.br

O crescente volume de resíduo eletroeletrônico (REE) vem gerando grande preocupação devido aos impactos causado ao meio ambiente. O presente trabalho tem como objetivo avaliar o ciclo de vida da reciclagem dos eletroeletrônicos coletados no município de Jandaia do Sul, especificamente a fase do transporte da coleta. A metodologia utilizada foi a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), que tem como base as normas ISO 14040 e 14044 e por finalidade mensurar os impactos ambientais gerados a partir do ciclo de vida de um produto ou processo produtivo. Os dados primários de coleta de REE foram obtidos a partir do Projeto de Extensão Práticas Ambientais Sustentáveis (PAS) da UFPR, campus Jandaia do Sul. Foram utilizados dois métodos de análise de avaliação de impactos ambientais: Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) e ReCiPe. Os resultados do estudo demonstraram que a coleta de REE na cidade foi de 3,7 toneladas de eletroeletrônicos em 2019 e a fase de transporte dos REE para reciclagem foi responsável pela emissão de 61,1689 kg CO₂ eq. O estudo também evidenciou que foram gerados impactos ambientais nas categorias de escassez de recursos fósseis, escassez de recurso mineral, formação de material particulado fino e aquecimento global.

Palavras-chave: Análise de Ciclo de Vida. Gestão ambiental. Eletroeletrônicos. Reciclagem. Transporte.

1. Introdução

O crescente volume de resíduo eletroeletrônico (REE) vem gerando grande receio à população mundial devido ao grande dano causado ao meio ambiente. De acordo com o relatório global *E-Waste Monitor 2017* lançado pela Universidade das Nações Unidas (UNU) e pela Associação de Resíduos Sólidos, em 2016 foram gerados 44,7 milhões de toneladas de resíduo eletrônico, um aumento de 8% em comparação com 2014. A previsão é que ocorra um crescimento de mais 17%, para 52,2 milhões de toneladas até 2021, sendo 1,5 milhão de toneladas apenas no Brasil, segundo Baldé *et al* (2017).

De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos e Efluentes (Abetre), no ranking de estados que mais produzem lixo eletrônico no Brasil, São Paulo e Rio de Janeiro lideram, com 448 e 165,2 toneladas gerados por ano cada um, seguido por Minas Gerais, que gera 127,4 toneladas anuais. O Paraná aparece em quarto lugar, gerando 86,8 toneladas por ano.

A reciclagem é uma forma apropriada de o lixo ser reutilizado e não poluir o meio ambiente, no entanto a mesma também gera resíduo. Dito isso, esse processo precisa ser analisado, para que o seu impacto seja quantificado e compreendido, e para que surjam possíveis ações mitigadoras.

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma metodologia que avalia os impactos ambientais em todo o ciclo de vida de um produto ou processo produtivo, assim como analisa os aspectos envolvidos na reciclagem e quantifica os potenciais impactos causados ao ambiente. A ACV explora todas as etapas constituídas para se chegar ao produto final, e é uma importante ferramenta para a área de Sustentabilidade. A ACV tem se mostrado um dos métodos mais promissores para avaliar e classificar os aspectos e impactos ambientais de um produto (BLEGINI *et al.* 2012). Nesse sentido, uma das opções de destinação para todo tipo de descarte, seja de eletroeletrônicos ou de lixo comum, é a reciclagem, já que a mesma dá um destino adequado para esses materiais e eles podem ser reutilizados, de forma a minimizar os impactos ambientais que seriam gerados caso eles fossem descartados de forma incorreta. No entanto, a reciclagem também tem seu impacto ambiental, conforme mostrado nesse estudo de caso, principalmente em relação ao transporte, que queima combustíveis fósseis e emite gases de efeito estufa para a atmosfera.

Dentro das legislações de resíduos sólidos, vale citar a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que foi criada no dia 2 de agosto de 2010, e instituiu que as pessoas físicas ou jurídicas, responsáveis direta ou indiretamente, pela geração de resíduos sólidos, deveriam

gerenciar esses resíduos de forma ambientalmente correta. A nova lei visava a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento de resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. A PNRS contempla várias tipologias diferentes de resíduos (PNRS, 2019).

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o ciclo de vida da reciclagem dos eletroeletrônicos no município de Jandaia do Sul, especificamente a fase do transporte da coleta. O presente trabalho está estruturado em cinco seções: introdução com a contextualização do tema, gestão ambiental dos equipamentos eletroeletrônicos, apresentação da metodologia, discussão dos resultados e as considerações finais do estudo.

2. Gestão ambiental dos equipamentos Eletroeletrônicos

Nos últimos 50 anos, o aumento da população e a industrialização aumentaram a demanda por equipamentos elétricos e eletrônicos (EEE), como telefones celulares, impressoras, televisores e computadores pessoais com o aumento dos padrões de vida da sociedade (Siddique e Siddique, 2019).

A gestão dos resíduos eletroeletrônicos tornou-se importante entre as correntes de resíduos sólidos urbanos não só por causa do crescente volume de vendas desses equipamentos, como também devido às substâncias perigosas contidas em seus componentes (ARAUJO, 2013).

No entanto, quando se trata do descarte dos dispositivos eletrônicos, diversas preocupações surgem devido ao conteúdo de alguns metais tóxicos que têm graves efeitos ambientais e para a saúde humana se não forem descartados com cuidado (KYREET et al., 2018; REHMAN et al., 2020).

Ao longo da cadeia do ciclo de vida ocorrem expressivos impactos ambientais em várias fases do ciclo de vida dos produtos REEE. Por exemplo, a mineração dos metais utilizados nos EEE gera impactos ambientais significativos, principalmente da extração dos metais raros, cuja presença nos minérios é percentualmente baixa (ARAUJO, 2013).

Muitos estudos discutem aspectos de avaliação do ciclo de vida de REEE com foco em várias questões de pesquisa. O objetivo geral é geralmente contribuir para aumentar a quantidade de material reciclado e, assim, reduzir os impactos ambientais, ou apontar aspectos ligados a componentes ou substâncias perigosas nocivas em seu tratamento (La Rosa, 2021).

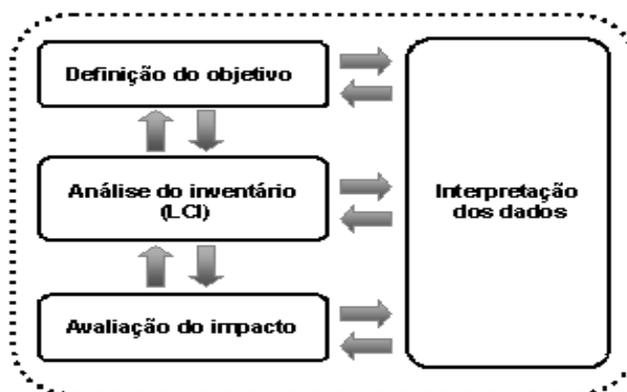
Vários estudos sobre a reciclagem de materiais REEE mostram os benefícios ambientais da reciclagem sobre a produção primária desses materiais. (Baxter et al.; Choi et al., 2006 , Valero Navazo et al., 2014 , Wäger e Hischer, 2015).

Um entendimento importante obtido com a realização de ACV em sistemas de gestão de resíduos, embora bastante elementar, é que todas as atividades de gestão de resíduos (coleta, tratamento, etc.) constituem uma carga para o meio ambiente, seja pela emissão direta causada pela atividade ou pelos impactos ambientais dos materiais e energia usados para operar o sistema (CHRISTENSEN, 2020).

3. Material e métodos

A metodologia utilizada para a realização do ACV foram as normas ISO 14040 e 14044, seguindo os quatro passos citados na mesma, para melhor entendimento do processo (ISO, 2009). Os passos para a realização da ACV podem ser visualizados na Figura 1:

Figura 1 - Etapas de elaboração da ACV



Fonte: ISO 14040:2009

3.1 Definição de escopo

O objeto de estudo é os resíduos eletrônicos gerados na cidade de Jandaia do Sul – PR, onde está localizada a Universidade Federal do Paraná - IFPR, Campus Jandaia do Sul. A cidade está situada a 390 km da capital, e conta com aproximadamente 21.000 habitantes.

A descrição e quantidade dos REE são advindas dos resultados de um dos projetos de extensão que a Universidade Federal do Paraná – UFPR oferece, destaca-se o projeto Práticas Ambientais Sustentáveis (PAS), que busca levar a conscientização ambiental para os escolares, comunidade acadêmica da própria universidade, e toda a população de Jandaia do Sul e região. A cada ano é feita uma ação de coleta dos REE da cidade e disponibilizado para reciclagem, o presente estudo levou em consideração a coleta de realizada em 2019. A Tabela 1 mostra todos os itens coletados, e as respectivas quantidades.

Tabela 1 - Listagem de eletrônicos coletados (2019)

Equipamentos	Nº	Equipamentos	Nº	Equipamentos	Nº
Toner	307	Ferro de passar	8	Instrumento médico	2
TV	76	Nobreak	7	Tocafitas	2
Celular	73	Microfone	6	Termômetro	2
Receptores de satélite	61	VHS	6	Tradutores	2
				Câmera de	
Cabos	60	Ar condicionado	5	segurança	2
Teclado	58	Micro-ondas	5	GPS	2
Caixa/aparelho de som	48	Carregador portátil	4	Máq. de cartão	1
Gabinete	40	Extensão	4	Máq. de escrever	1
Controle	37	Batedeira	4	Cortador de papel	1
Mouse	35	Joystick	4	Radar	1
Impressora	34	Ventilador	4	Dispenser de água	1
Telefone	32	Furadeira	4	Impressora de nota	1
Monitor	30	Lanterna	3	Centrífuga	1
Componente de					
computador	25	Webcam	3	Aparador de pelo	1
Calculadora	21	Chuveiro	3	Geladeira	1
Notebook	13	Autofalante	3	Aspirador de pó	1
Câmera	12	Secador de cabelo	3	Secadora	1
Fones	11	Chapinha	3	Filtro para aquário	1
DVD	10	Videogame	2	Lixadeira	1
Relógio	9	Luminária	2	Amplificador	1
Liquidificador	9	Barbeador	2	Balança	1
Tablets	8	Scanner	2	TOTAL	1123

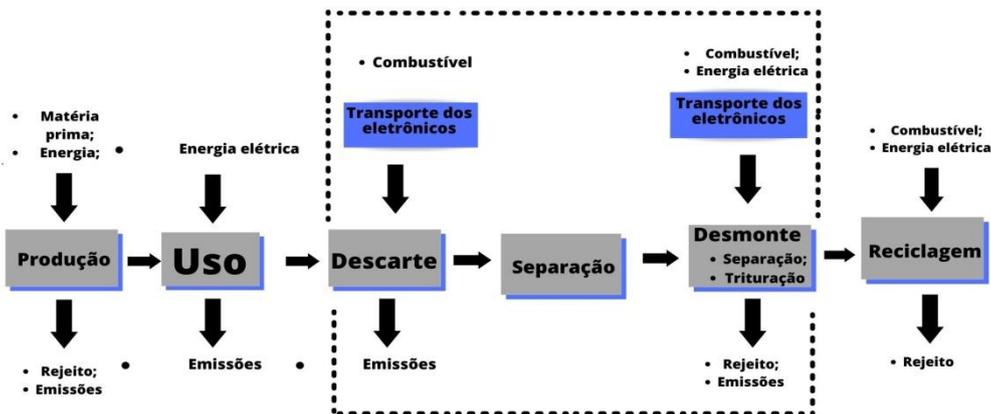
Fonte: PAS (2019)

De Jandaia do Sul, os EEE são encaminhados para Mandaguari, para a Associação dos Catadores de Mandaguari (Acaman), que fazem a separação dos itens; após isso, eles são vendidos para uma empresa de Sarandi, que é responsável pelo desmonte e encaminhamento para a reciclagem, que é feita em Curitiba; após Curitiba, os produtos são encaminhados para Reciclagem, para a última parte da cadeia.

A unidade funcional do estudo é total do transporte da coleta no município de Jandaia do Sul no Paraná, com região geográfica delimitada de Jandaia do Sul para separação no município de Mandaguari, pré-reciclagem na cidade de Sarandi e posterior transporte para reciclagem em Curitiba.

A modelagem do sistema foi elaborada, seguindo o ciclo de vida e conforme as entradas e saídas do inventário de ciclo de vida, e com a delimitação mostrada na Figura 2, onde é possível visualizar que o foco do trabalho é o transporte entre o descarte, separação e desmonte (pré-reciclagem).

Figura 2 - Modelagem do sistema



Fonte: Autores (2020)

- Descarte: o descarte é feito em Jandaia do Sul, e recolhido e recolhido mediante ação do Projeto Práticas Ambientais Sustentáveis, da UFPR;
- Separação: a separação é feita pela Acaman, e que separam todos os itens, e vendem para a empresa Fênix Reciclagem;
- Desmonte: quando os eletroeletrônicos chegam a Sarandi, eles devem ser desmontados para seguirem para a reciclagem. Os itens podem ser separados de acordo com a sua classificação (eletrodomésticos, monitores, celulares). Depois, são separados os tipos de materiais (plástico, metal, vidro, borracha) e componentes (cabos, fios, fonte, placa de circuito impresso) que tenham valor de mercado;
- Reciclagem: os itens são vendidos para uma empresa de Curitiba, responsável pela reciclagem.

A Coleta de REE em Jandaia do Sul, uma vez a ano e o transporte de 8 km de Jandaia do Sul à Mandaguari (separação - Acaman), 23,4 km de Mandaguari à Sarandi (pré-reciclagem Fênix) e 419,5 km de Sarandi à Curitiba (recicladora). O valor utilizado foi o de 1123 itens, pesando aproximadamente 3,7 toneladas. Os eletroeletrônicos são buscados na cidade de origem por um caminhão, que faz o transporte dos itens para as posteriores cidades.

Os dados secundários, dos inventários de produção de caminhão, diesel, gasolina e Etanol foram obtidos no banco de dados *Ecoinvent* e tratamento dos dados foi a *software SimaPro 9*, que fornece diversos valores de cargas ambientais.

3.2 Inventário

Os inventários foram de acordo com 1 tkm e os dados da tabela foram adequados em todas as etapas de análise para representar a realidade do estudo, como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Inventário de insumos e emissões do transporte de 1123 REE (2019)

Entradas	Unidade	Valor
Caminhão > 32 toneladas	p	8,85E-08
Diesel	kg	0,010371
Diesel com baixo teor de enxofre	kg	0,003887
Saídas - emissões	Unidade	Valor
Amônia	kg	1,42E-07
Arsênico	kg	1,43E-12
Benzeno	kg	3,61E-07
Cádmio	kg	1,24E-10
Dióxido de carbono, fóssil	kg	0,045013
Monóxido de carbono, fóssil	kg	8,22E-05
Cromo	kg	4,28E-10
Cromo VI	kg	8,55E-13
Cobre	kg	3,02E-10
Monóxido de dinitrogênio	kg	6,34E-07
Mercúrio	kg	7,56E-11
Metano, fóssil	kg	5,19E-07
Níquel	kg	1,25E-10
NMVOC, compostos orgânicos voláteis não metano, origem não especificada	kg	2,11E-05
Particulados	kg	2,11E-05
Selênio	kg	1,43E-12
Dióxido de enxofre	kg	1,08E-05
Zinco	kg	1,08E-05

Fonte: Adaptado do *SimaPro* (2021)

3.3. Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida - AICV

No método de avaliação do impacto ambiental AICV foram utilizados três métodos de avaliação: o de emissões de gases de efeito estufa, de acordo com o IPCC, o método *ReCiPe* e método Demanda de Energia Acumulada (DEA).

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) foi criado em 1988 pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), para avaliar toda e qualquer informação científica sobre as alterações climáticas, e apontar suas causas, efeitos e riscos para a humanidade e o meio ambiente. O painel destaca quais os principais impactos ambientais, e como atenuar as consequências dos mesmos.

Na metodologia *ReCiPe* são utilizados as seguintes categorias de impactos ambientais associadas às três categorias de danos: Categoria de danos à saúde humana (em DALY - *disability-adjusted life year* - anos de vida perdidos ajustados por incapacidade, mede-se simultaneamente o efeito da mortalidade e dos problemas de saúde que afetam a qualidade de vida dos indivíduos): mudanças climáticas; depleção de ozônio; toxicidade humana; formação fotoquímica; material particulado; radiação ionizante; Categoria de danos aos ecossistemas (em espécies/ano): mudanças climáticas ecossistemas; acidificação terrestre; eutrofização água; ecotoxicidade terrestre, ecotoxicidade água e ecotoxicidade marinha; transformação da terra natural; ocupação da terra agrícola e urbana;, Categoria de danos de consumo de recursos (em unidade monetária \$): depleção de recursos minerais; depleção de combustíveis fósseis.

O método CED (*Cumulative Energy Demand*) calcula a energia usada em todo o ciclo de vida de um bem ou serviço. Isso inclui os usos diretos, assim como a energia indireta. O CED baseia-se no método publicado por Jungbluth e Frischknecht (2007) e se constitui de cinco categorias: não renováveis, fósseis; não renovável, nuclear; renovável, biomassa; renovável, eólica, solar, geotérmica; renovável, água (EUROPEIAN COMMISSION, 2010).

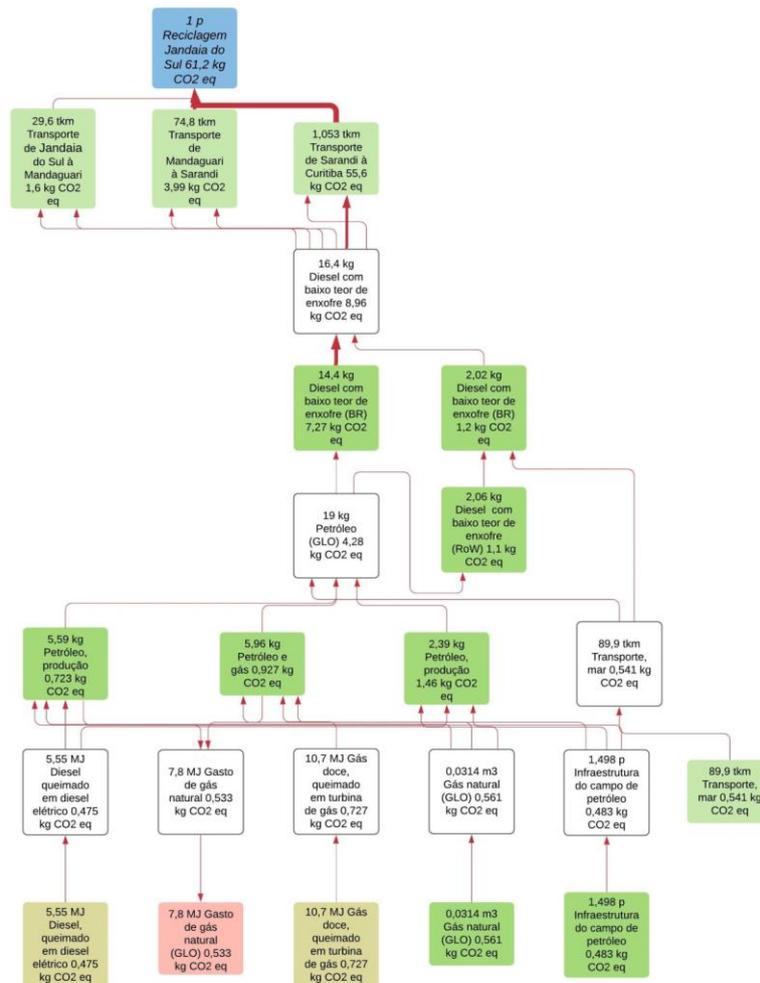
4. Apresentação dos resultados

O software *SimaPro* fornece uma árvore de fluxos, onde é possível ver todos os processos envolvidos até se chegar ao produto final, como mostrado na Figura 3.

A modelagem em rede funciona como um gráfico de fluxo, onde as linhas vermelhas são os fluxos e as caixas os produtos, representadas por diferentes cores dependendo da sua classificação (material, transporte, resíduo, energia).

Os insumos que aparecem na primeira linha são os que mais geram impacto no processo, em seguida temos os que mais impactam no ciclo de vida destes, sendo como o próprio nome sugere um gráfico de rede.

Figura 3 - Modelagem em rede do transporte dos REE em Jandaia do Sul (2019)



Fonte: Adaptado do SimaPro (2021)

4.1. Avaliação do impacto do ciclo de vida - AICV.

4.1.1 AICV método IPCC

Os resultados mostrados na Tabela 2 foram gerados a partir do método IPCC, onde é possível visualizar as emissões Gases de Efeito Estufa - GEE em kg CO2 equivalentes.

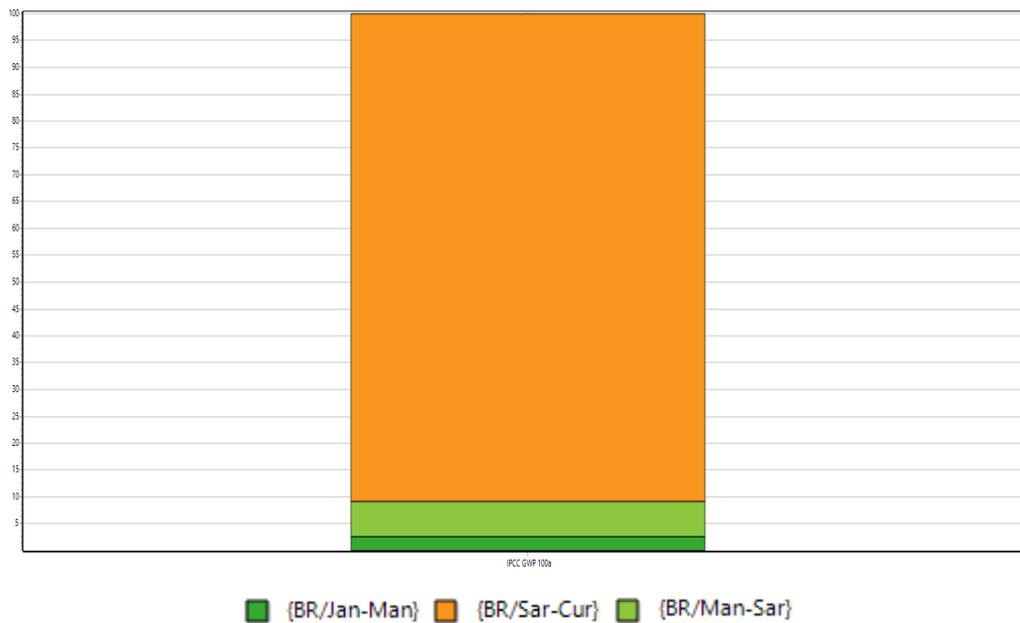
Tabela 2 - Total de emissões de GEE do transporte dos REE, método IPCC

Categoria de impacto	Unidade	Total	Jandaia do Sul à Mandaguari	Mandaguari à Sarandi	Sarandi à Curitiba
IPCC 100a	kg CO ₂ eq.*	61,1689	1,598038627	3,992201356	55,57865831

* kg CO₂ eq. – Quilo de CO₂ equivalente

Fonte: Autores (2021)

Figura 4 - Emissões de GEE do transporte dos REE, método IPCC



Fonte: Autores (2021)

Podemos observar na Tabela 2 e Figura 4 que a coleta realizada uma vez por ano tem um total geral de 61,1689 kg CO₂ eq, sendo o maior emissor o trajeto de Sarandi à Curitiba (92% do total).

3.1.2 AICV método ReCiPe

Os resultados da caracterização do impacto são por meio da tabela de caracterização que mostra quantitativamente o impacto de cada fase, cada categoria e também o impacto total causado pelo ACV, em cada categoria.

A Tabela 3 apresenta a caracterização total das fases de transportes dos eletroeletrônicos entre as cidades pelo método ReCiPe.

Na Tabela 3, em relação ao impacto total, na categoria de dano à saúde humana, é possível notar que as categorias que mais sofrem impacto são a formação de material particulado e

aquecimento global, já na categoria de dano ao ecossistema, as categorias que mais sofrem impacto são aquecimento global em ecossistema terrestre e formação de ozônio; e na categoria de uso de recursos naturais, e a categoria de recursos minerais é a de maior impacto.

Tabela 3 - AICV do transporte de REE, método ReCiPe

(Continua)

Categoria de impacto (midpoint)	Unidade	Total	Jandaia do		
			Sul à Mandaguari	Mandaguari à Sarandi	Sarandi à Curitiba
Aquecimento global (saúde humana)	DALY*	5,69E-05	1E-06	4E-06	5,17E-05
Destruição do ozônio estratosférico	DALY	1,29E-08	3E-10	8E-10	1,17E-08
Radiação ionizante	DALY	4,73E-09	1E-10	3E-10	4,27E-09
Formação de ozônio (saúde humana)	DALY	5,51E-07	1E-08	4E-08	5,01E-07
Formação de material particulado fino	DALY	8,06E-05	2E-06	5E-06	7,32E-05
Toxicidade humana cancerígena	DALY	6,64E-07	2E-08	5E-08	5,89E-07
Toxicidade humana não cancerígena	DALY	7,14E-06	2E-07	5E-07	6,47E-06
Consumo de água (saúde humana)	DALY	-7,2E-10	3E-10	2E-10	-1,2E-09
Aquecimento global (ecossistema terrestre)	espécies.ano **	1,72E-07	4E-09	1E-08	1,56E-07
Aquecimento global (ecossistema aquático)	espécies.ano	4,69E-12	1E-13	3E-13	4,26E-12
Formação de ozônio (ecossistema terrestre)	espécies.ano	7,87E-08	2E-09	5E-09	7,16E-08
Acidificação terrestre	espécies.ano	6,06E-08	2E-09	4E-09	5,5E-08
Eutrofização da água doce	espécies.ano	5,06E-10	2E-11	4E-11	4,49E-10
Eutrofização da água marinha	espécies.ano	1,28E-13	5E-15	9E-15	1,15E-13
Ecotoxicidade terrestre	espécies.ano	2,43E-08	6E-10	2E-09	2,21E-08
Ecotoxicidade água doce	espécies.ano	3,06E-10	9E-12	2E-11	2,75E-10

Tabela 3 - AICV do transporte de REE, método ReCiPe

(Conclusão)

Categoria de impacto (midpoint)	Unidade	Total	Jandaia do Sul à Mandaguari		
			Mandaguari à Sarandi	Sarandi à Curitiba	
Ecotoxicidade marinha	espécies.ano	1,78E-10	5E-12	1E-11	1,61E-10
Uso de terra	espécies.ano	1,18E-09	1E-10	2E-10	9,14E-10
Consumo de água (ecossistema terrestre)	espécies.ano	2,39E-10	8E-12	2E-11	2,14E-10
Consumo de água (ecossistema aquático)	espécies.ano	3,03E-13	8E-15	2E-14	2,76E-13
Escassez de recursos mineral	(\$)	0,005138	2E-04	0,0004	0,004521
Escassez de recurso fóssil	(\$) USD	8,987997	0,236	0,5874	8,164896

FONTE: Autores (2021)

* DALY - *Disability Adjusted Life Years* - Anos de vida perdidos ajustados por incapacidade

** Espécies.ano – Mortalidade espécies anos

*** (\$) USD – unidades de valor de recursos (em dólar)

4.2. Interpretação dos resultados

A reciclagem é, notoriamente, uma das melhores formas de se lidar com produtos que precisam de uma destinação após o uso. Mas com esse estudo percebe-se que a reciclagem também tem o seu impacto no meio ambiente, começando pelo seu transporte.

O presente estudo mostrou que o maior impacto da fase de transporte do REE de Jandaia do Sul é o trecho de Sarandi à Curitiba, por ser a maior distância. Pensando nisso, surge a necessidade da opção de criar uma empresa que faça o mesmo processo de Curitiba, porém mais perto da cidade, para que o impacto seja menor no transporte, de forma a diminuir as emissões GEE geradas de 61,1 Co2 kg CO2 eq e os impactos de emissão de material particulado e aquecimento global. Porém, na associação coletas e reciclagem de Acaman em Mandaguari, evidenciou que o processo realizado nessa última parte necessita de máquinas e equipamentos de reciclagem, que são mais complexos e difíceis de serem aplicados em pequenas empresas familiares, como é o caso. Além disso, o estudo evidenciou que depois do transporte dos REE para Curitiba, muitas das peças de eletroeletrônicos são transportadas de navio para a Alemanha para reciclagem e extração dos minerais.

A coleta de REE em Jandaia do Sul é realizada uma vez por ano, e muitas pessoas não tem lugar para descartar este tipo de produto durante o resto do ano, e esses itens podem ter

destinação inadequada e poluente, como em lixões, rios, córregos, ou até mesmo queimados a céu aberto.

Visto isso, a uma opção a ser avaliada seria a coleta trimestral de REE e ou a criação de Eco-pontos na cidade para o descarte do EEE durante todo o ano, podendo dar destinação adequada aos REE que muitas vezes é possível encontrar em locais que vão prejudicar a saúde humana e os ecossistemas.

5. Considerações finais

O presente trabalho teve como objetivo avaliar os impactos ambientais gerados a partir do transporte de eletroeletrônicos coletados em Jandaia do Sul pelo grupo Práticas Ambientais Sustentáveis da UFPR em 2019. Com as informações recolhidas, foi possível fazer a exploração das quantidades, de modo a posteriormente quantificar os impactos gerados pelo transporte do REE para reciclagem.

O fluxo de reciclagem dos REE em Jandaia do sul tem uma dinâmica de transporte em varias cidades: os REE coletados na cidade são enviados à Mandaguari, de lá para Sarandi, e posteriormente, para Curitiba para reciclagem. Foram utilizados três métodos de análise: IPCC, *ReCiPe* e Demanda de Energia Acumulada.

Os resultados demonstraram que o transporte dos eletroeletrônicos de Jandaia do Sul até a reciclagem em Curitiba gerou emissões de Gases de Efeito no valor total de 61,1689 kg CO₂ eq e demanda energética significativa em energia fóssil e energia nuclear. Esses dados quantitativos de impactos ambientais ao meio ambiente devem ser considerados ao se avaliar todo ciclo de vida de um processo de reciclagem de eletroeletrônicos.

Na avaliação do impacto, método *ReCiPe*, os resultados identificaram que o transporte dos eletroeletrônicos em Jandaia do Sul tem maior relevância as categorias: consumo de recursos fosseis e recursos mineração; aquecimento global e formação de ozônio para os ecossistemas; aquecimento global para saúde humana e emissão de material particulado para o ar. Todas essas categorias de impacto são por consequência das rotas de transportes percorrida para a reciclagem.

Com esse estudo, foi possível verificar que, em dois cenários, sendo eles: um cenário com a coleta sendo realizada uma vez por ano; e outro, com a coleta sendo realizada trimestralmente. Os impactos ambientais gerados no transporte trimestral são superiores ao da coleta anual nos três métodos, porém, a coleta trimestral diminui o descarte incorreto dos

eletroeletrônicos por parte da população. Tais cenários podem ser balizadores de uma política pública municipal.

O inventário de ciclo de vida do transporte dos REE poderá ser unido a outros estudos de ACV para que haja um refinamento das análises, contribuindo para uma melhor noção dos impactos gerados em todo o ciclo de vida dos equipamentos eletroeletrônicos.

O estudo foi limitado pela situação em que o mundo se encontra, paralisado pela COVID-19, já que inicialmente todo o processo de reciclagem seria analisado, desde a pré-reciclagem até a reciclagem final. No entanto, devido à pandemia, as visitas técnicas foram limitadas e, conseqüentemente, também a pesquisa. Dessa forma, estudos futuros podem fechar avaliar todo o ciclo de vida da reciclagem de REE e aumentar ainda mais os conhecimentos acerca dessa área.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO14040**: gestão ambiental – avaliação do ciclo de vida – princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14044**: gestão ambiental – avaliação do ciclo de vida – requisitos e orientações. Rio de Janeiro, 2009.

BALDÉ, C.P., FORTI V., GRAY, V., KUEHR, R., STEGMANN, P. **The Global E-waste Monitor – 2017**. United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Vienna.

BLENGINI, G. A. et al. Life Cycle Assessment guidelines for the sustainable production and recycling of aggregates: The Sustainable Aggregates Resource Management project (SARMa). In: **Journal of Cleaner Production**, 27, 177-181, may 2012. Disponível em <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84857446181&origin=inward&txGid=dc1a20809926d8b474fb43458fe4529a>. Acesso em: ago. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.01.020>

BRASIL. **Lei n° 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2 de ago. 2010.

EUROPEAN COMMISSION. (2010) **ILCD Handbook**: international reference life cycle data system: general guide for life cycle assessment. Luxemburgo: Publications Office of the European Union. 417p.

UNITED NATIONS. **United Nations Framework Convention on Climate Change** (UNFCCC). 1992. Disponível em: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>. Acesso em: 06 set. 2020.

Baxter, J., Lyng, K.-A., Askham, C., Hanssen, O.J., 2016. High-quality collection and disposal of WEEE: environmental impacts and resultant issues. *Waste Manag.* 57, 17e26

Kyere et al Contamination and health risk assessment of exposure to heavy metals in soils from informal e-waste recycling site in ghana DOI: <https://doi.org/10.28991/esj-2018-01162>.

Sunbal Siddique, Abdullah Siddique. History and Major Types of Pollutants in Electronic Waste Recycling in: *Electronic Waste Pollution*, Muhammad Zaffar Hashmi and Ajit Varma (2019), pp. 1-12.

T.H. Christensen a,† , A. Damgaard a , J. Levis b , Y. Zhao c , A. Björklund d , U. Arena e , M.A. Barlaz b , V. Starostina f , A. Boldrin a , T.F. Astrup a , V. Bisinella a. Application of LCA modelling in integrated waste management. *Waste Management*. Volume 118, December 2020, Pages 313-322.

Valero Navazo, J.M., Villalba Mendez, G., Talens Peir o, L., 2014. Material flow analysis and energy requirements of mobile phone material recovery processes. *Int. J. Life Cycle Assess.* 19, 567e579.

Wager, P.A., Hischier, R., 2015. Life cycle assessment of postconsumer plastics € production from waste electrical and electronic equipment (WEEE) treatment residues in a Central European plastics recycling plant. *Sci. Total Environ.* 529, 158e167.