

RESSALVA

Atendendo solicitação do (a) autor
(a), o texto completo desta tese será
disponibilizado a partir de

06/12/2023



Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho"
Programa Interunidades



Mestrado

Engenharia Civil e Ambiental

INGRID JALE DA SILVA SALES

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DE SISTEMA DE LOGÍSTICA REVERSA
DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS EM SÃO JOSÉ DOS CAMPOS**



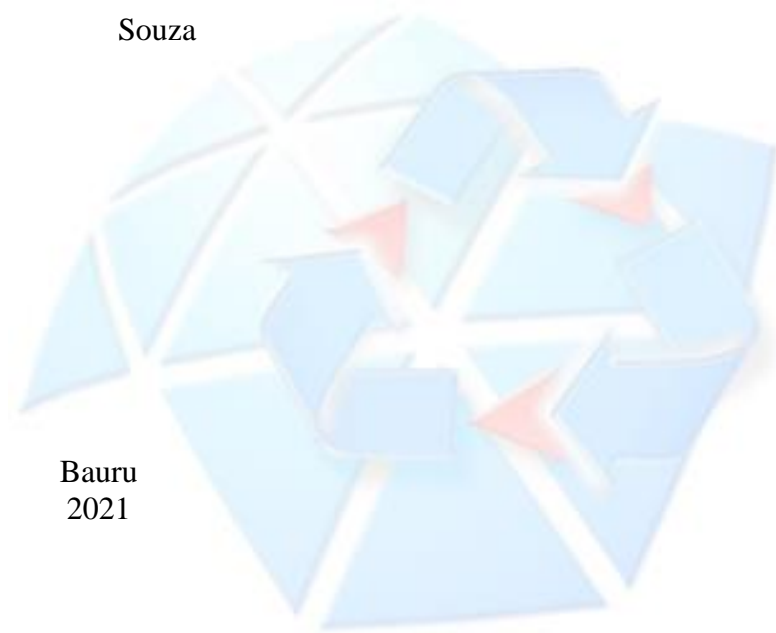
Bauru
2021

INGRID JALE DA SILVA SALES

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DE SISTEMA DE LOGÍSTICA REVERSA
DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS EM SÃO JOSÉ DOS CAMPOS**

Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Área de Concentração em Saneamento Ambiental e Linha de Pesquisa em Manejo de Resíduos.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Gabbay de Souza



Bauru
2021

S163a

Sales, Ingrid Jale da Silva

Análise de viabilidade de sistema de logística reversa de resíduos eletroeletrônicos em São José dos Campos / Ingrid Jale da Silva Sales.

-- Bauru, 2021

88 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Engenharia, Bauru

Orientador: Ricardo Gabbay de Souza

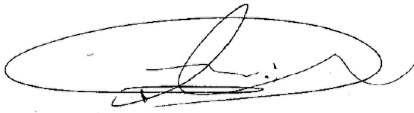
1. Logística reversa. 2. Resíduos eletroeletrônicos. 3. Métodos multicritério. 4. Gestão de resíduos. 5. Viabilidade econômica. I.
Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Engenharia, Bauru. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE INGRID JALE DA SILVA SALES, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL, DA FACULDADE DE ENGENHARIA - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 06 dias do mês de dezembro do ano de 2021, às 09:00 horas, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de INGRID JALE DA SILVA SALES, intitulada **ANÁLISE DE VIABILIDADE DE SISTEMA DE LOGÍSTICA REVERSA DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS EM SÃO JOSÉ DOS CAMPOS**. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Prof. Dr. RICARDO GABBAY DE SOUZA (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Departamento de Engenharia Ambiental / Instituto de Ciencia e Tecnologia Campus de Sao Jose dos Campos UNESP, Profa. Dra. LÚCIA HELENA XAVIER (Participação Virtual) do(a) COPMA / CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL - CETEM/MCTI, Prof. Dr. VALDECY PEREIRA (Participação Virtual) do(a) Departamento de Engenharia de Produção / Universidade Federal Fluminense. Após a exposição pela mestranda e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, a discente recebeu o conceito final: _ _ _ _ _ **APROVADA** _ . Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.



Prof. Dr. RICARDO GABBAY DE SOUZA

“Deus me proteja de mim e da maldade de gente boa, da bondade da pessoa ruim.

Deus me governe e guarde, ilumine e zele assim.”

Chico César

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Ronan e Marilene, que sempre falaram da importância do estudo para melhorar nossa qualidade de vida. Por todas as noites que passaram acordados comigo para me dar força e mostrar que não estava sozinha. Por todos os abraços e orações nos momentos mais difíceis que fizeram total diferença. Espero dar muito orgulho pra vocês.

Agradeço a minha irmã, Isabelle, por ser meus olhos quando eles já não conseguiam enxergar mais e por ser minha cabeça quando ela já não funcionava mais. Tenho certeza que você está no caminho certo e estarei sempre aqui para te apoiar.

Agradeço ao meu parceiro de vida e de mestrado, Pedro. Você, mais do que ninguém, conhece a minha luta porque ela também é sua. Você foi fortaleza nos meus momentos de fraqueza. Não poderia ter pessoa melhor para ter ao meu lado.

Agradeço ao meu cachorro, Ig, pelas noites que passou ao meu lado, vigiando o meu sono e descansando por mim até os seus últimos dias. Você foi o melhor companheiro que uma pessoa poderia ter.

Agradeço aos amigos, familiares e colegas de trabalho que se faziam presentes mesmo com a distância e que entendiam minhas ausências por toda loucura que estava passando. Ainda vou compensar todo esse tempo com vocês. Aos que se foram, sempre estarão nas minhas orações e obrigada por me fazerem perceber que o tempo é a coisa mais importante que podemos ter, ele não se recupera.

Agradeço aos médicos que me acompanharam nessa caminhada e tiveram a sensibilidade de perceber que não estava tudo bem, mesmo quando não era especialidade deles. Vocês fizeram a diferença.

Agradeço ao meu orientador, Professor Doutor Ricardo Gabbay de Souza, por toda paciência e ensinamentos passados ao longo desses últimos anos. Também a todos os professores que estiveram presentes nessa busca constante pelo conhecimento.

Agradeço a UNESP e todos seus funcionários que sempre estiveram dispostos a ajudar da melhor forma a realização desse trabalho.

Agradeço a Deus por escutar minhas orações e por ter colocado seres tão especiais na minha vida. A realização desse sonho não seria possível sem apoio, orações e carinho de todos vocês. Essa vitória não é exclusividade minha, é de vocês também.

Resumo

O acelerado aumento da geração de resíduos eletroeletrônicos (REEE) pode estar atrelado com o consumo e produção cada vez mais elevados dos eletroeletrônicos. Além de possuírem algumas substâncias potencialmente perigosas na sua constituição, existe muito interesse na recuperação dos elementos valiosos presentes nos REEE. Por esse motivo e por atendimento às exigências legais, os responsáveis pelo setor de eletroeletrônicos têm desenvolvido e implementado sistemas de logística reversa de REEE. A demanda por estudos que analisem a viabilidade desses sistemas tornou-se proeminente nos últimos anos em razão de auxiliarem na sua otimização, dando suporte às tomadas de decisão. O presente estudo analisou a viabilidade da implantação de unidades de pré-tratamento de REEE no município de São José dos Campos/SP a partir da análise do grau de desmontagem para os REEE. A coleta de dados foi importante para o levantamento da atual situação de destinação e gestão dos REEE no município e no Brasil, já que são informações escassas. A criação das alternativas utilizou a ferramenta StEP que apresenta seus resultados em três níveis de desmontagem (A – nível básico; B – nível intermediários; e C – nível avançado). A aplicação do método multicritério ELECTRE TRI teve o intuito de auxiliar os tomadores de decisão na categorização das alternativas viáveis em três categorias (A – mais viável, B – intermediária; e C – menos viável). No geral, os cenários mais viáveis são referentes ao nível de desmontagem B, indicando que uma desmontagem intermediária é melhor quando comparada aos níveis de desmontagem superficiais (A) ou extremamente detalhados (C). Quanto às categorias, as alternativas que possuem pelo menos duas unidades de pré-tratamento se mostraram melhor categorizadas, inclusive durante as análises de sensibilidade.

Palavras-chave: REEE, lixo eletrônico, viabilidade, logística reversa, multicritério, ELECTRE TRI.

Abstract

The accelerated increase in the generation of electronic waste (WEEE) may be linked to the increasingly high consumption and production of electronics. In addition to having some potentially hazardous substances in their constitution, there is a lot of interest in recovering the valuable elements present in WEEE. For this reason and in compliance with legal requirements, those responsible for the electronics sector have developed and implemented WEEE reverse logistics systems. The demand for studies that analyze the feasibility of skill systems has become prominent in recent years due to the support they provide to decision makers. This study analyzed the feasibility of implementing WEEE pre-treatment units in the city of São José dos Campos/SP. Data collection was important for surveying the current situation of WEEE disposal and management in the municipality and in Brazil, since this information is scarce. The creation of alternatives uses a StEP tool that presents its results in three levels of dismantling (A - basic level; B - intermediate level; and C - advanced level). The application of the ELECTRE TRI multi-criteria method was intended to assist decision makers in categorizing viable alternatives into three categories (A - more viable, B - intermediate; and C - less viable). In general, the most viable scenarios are for the B disassembling level, indicating that an intermediate disassembling is best compared to superficial (A) or extremely detailed (C) disassembling levels. As for the categories, as alternatives that have at least two pre-treatment units if better categorized, including during sensitivity analyses.

Keywords: WEEE, electronic waste, feasibility, reverse logistics, multicriteria, ELECTRE TRI.

Índice de Figuras

Figure 1. Methods structure.....	11
Figure 2. General flow of the process mapped in the tool.....	13
Figura 3: Estrutura da metodologia.	33

Índice de Tabelas

Table 1: Simulated alternatives for analysing the feasibility of implementing WEEE cooperatives in São José dos Campos.	15
Table 2: Comparison of the 20 best alternatives ranking for the Operating Results.....	18
Table 3: Comparison of other studies that used the StEP tool.	211
Tabela 4: Estudos sobre viabilidade de logística reversa para REEE.	277
Tabela 5: Estudos que aplicam MCDA para gestão de RSU e REEE.....	30
Tabela 6: Alternativas para análise de viabilidade de implantação de unidades de pré-tratamento de REEE em São José dos Campos.....	36
Tabela 7: Categorias geradas pelo ELECTRE TRI para os procedimentos pessimista e otimista.	41
Tabela 8: Alternativas selecionadas para as análises de sensibilidade.....	41
Tabela 9: Categorização pessimista das alternativas para o Teste 4 e as análises de sensibilidade.	43

Sumário

RESUMO.....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE DE FIGURAS	III
ÍNDICE DE TABELAS.....	IV
SUMÁRIO	V
1 APRESENTAÇÃO	1
2 OBJETIVOS.....	2
2.1 OBJETIVO GERAL.....	2
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
3 METODOLOGIA GERAL.....	3
4 PRIMEIRO ARTIGO	4
4.1. INTRODUCTION.....	5
4.1.1. <i>Brief history of waste pickers and cooperatives in Brazil</i>	5
4.1.2. <i>Formal and informal sectors in Brazilian waste management and generation</i>	6
4.1.3. <i>BPWS and the WEEE Sectoral Agreement</i>	7
4.1.4. <i>Existing studies on feasibility of RL Systems and WEEE cooperatives in Brazil</i>	8
4.2. MATERIALS AND METHODS.....	11
4.2.1. <i>Background knowledge</i>	11
4.2.2. <i>Use of the StEP tool</i>	12
4.2.3. <i>Data collection</i>	13
4.2.4. <i>Data analysis</i>	14
4.3. RESULTS AND DISCUSSION.....	16
4.4. CONCLUSIONS	21
5 SEGUNDO ARTIGO	23
5.1 INTRODUÇÃO	23
5.1.1 <i>Resíduos Eletroeletrônicos</i>	24
5.1.2 <i>A Logística Reversa de REEE no Brasil</i>	25
5.1.3 <i>Viabilidade de sistemas de logística reversa</i>	26

5.1.4	<i>Métodos multicritério</i>	29
5.1.5	<i>ELECTRE TRI</i>	30
5.2	MATERIAIS E MÉTODO	33
5.2.1	<i>Revisão da literatura</i>	34
5.2.2	<i>Estruturação do modelo</i>	34
5.2.3	<i>Elaboração das alternativas e definição dos critérios de avaliação</i>	36
5.2.4	<i>Aplicação do ELECTRE TRI</i>	37
5.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
5.4	CONCLUSÃO	46
6	REFERÊNCIAS	48
7	APÊNDICES	58

1 APRESENTAÇÃO

O Brasil é o segundo maior gerador de REEE na América, com uma geração de 2143kt em 2019 (FORTI et al., 2020). O aumento na geração desses resíduos é alarmante para a gestão de resíduos no mundo (ISMAIL; HANAFIAH, 2020). Os REEE possuem componentes de grande interesse econômico, mas também substâncias com alta periculosidade para a saúde humana e meio ambiente (MOI et al., 2012).

Em 2019, o Brasil assinou um Acordo Setorial formalizando a logística reversa de REEE no país (MMA, 2020). Esse Acordo reforça a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que é a principal diretriz da legislação brasileira para gestão integrada e gerenciamento de resíduos sólidos no Brasil, incluindo os REEE, além de estimular a parceria dos envolvidos em toda cadeia de resíduos, desde a retirada de matéria-prima para criação de um produto até sua destinação final (BRASIL, 2010).

O Acordo Setorial teve seu impacto minimizado em razão do Decreto 10.240, estabelecendo normas para a implantação da logística reversa dos REEE (BRASIL, 2020). Também cabe menção às instruções normativas do IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) IN24/2019 e IN 8/2021 que auxiliaram no entendimento quanto ao transporte desses resíduos, não os considerando como produtos perigosos.

Ainda são poucos os dados e estudos referentes aos REEE no Brasil. A busca por informações que auxiliem os tomadores de decisão no seu dia a dia tem ganhando grande visibilidade e interesse, principalmente quando relacionados a viabilidade econômica da implantação desses sistemas quanto aos processos de pré-tratamento dos REEE.

Assim, a estrutura dessa dissertação ocorre na forma de dois artigos. O primeiro artigo é referente a análise de viabilidade da inclusão das cooperativas na etapa de pré-tratamento dos REEE para o município de São José dos Campos/SP. O segundo apresenta a mesma análise para criação de unidades de pré-tratamento tanto para cooperativas quanto para empresas, utilizando o método ELECTRE-TRI para categorização dos cenários criados.

5.4 CONCLUSÃO

Este trabalho realizou uma avaliação da viabilidade de implantação de um sistema de logística reversa de REEE, em um estudo de caso do município de São José dos Campos/SP. É importante ressaltar a grande contribuição no fornecimento de dados do setor de REEE que ainda são difíceis de encontrar, principalmente relacionados a países em desenvolvimento, como o Brasil. Também há poucos estudos referentes à gestão de resíduos que utilizam o método multicritério ELECTRE TRI como método de análise e apoio à decisão. Os autores esperam que o estudo possa contribuir para a divulgação do conhecimento científico e inspiração de novos estudos no país e no mundo.

Este estudo avaliou cenários tanto para empresas quanto para as cooperativas. No geral, tanto as cooperativas quanto as empresas ficaram bem classificadas, indicando que ambos os tipos de negócio têm potencial de viabilidade. O nível intermediário (B) de desmontagem apresentou a maior viabilidade comparado aos níveis A e C, sendo o nível recomendado para o contexto estudado. A maioria das alternativas que ficaram em categorias superiores são referentes às situações que representam mais de uma unidade de REEE no município, indicando que a descentralização pode gerar unidades menores e mais baratas, e menores distâncias de coleta e transporte de REEE. O ELECTRE TRI alocou as alternativas com 4 unidades para cooperativas (C15) e empresas (E15), e 5 unidades para cooperativas (C16) na categoria A pelos dois procedimentos (pessimista e otimista), permitindo recomendar esse número de unidades para o contexto em estudo.

As análises de sensibilidade foram importantes para comprovar a vulnerabilidade dos cenários frente às adversidades do mercado de resíduos, como flutuações no preço de venda, diminuição da quantidade de resíduo processado e até mesmo despesas com funcionários.

Mesmo assim, as alternativas alocadas nas melhores categorias no primeiro teste se mantiveram as mesmas nas AS.

Algumas análises de sensibilidade apresentaram valores discrepantes às categorias alocadas. A hipótese é de que não é possível maximizar ao mesmo tempo critérios que são dependentes, como o caso entre custos e quantidade de funcionários. Limitações como a remoção de alternativas com resultado operacional negativo; inclusão de grandes eletrodomésticos e comparabilidade de informações de aluguel e compra de imóveis na ferramenta StEP; e criação de roteiros logísticos podem melhorar a análise do modelo proposto.

6 REFERÊNCIAS

- ABBONDANZA, M. N. M.; SOUZA, R. G. Estimating the generation of household e-waste in municipalities using primary data from surveys: A case study of Sao Jose dos Campos, Brazil. **Waste Management**, v. 85, p. 374–384, 2019.
- ABDI. Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos: Análise de Viabilidade Técnica e Econômica. **Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial - ABDI**, p. 177, 2013.
- ABES. Saneamento Ambiental e Saúde do Catador de Material Reciclável. **Associação Brasileira de Engenharia Ambiental e Sanitária. Vários Autores**. São Paulo: Limiar, ISBN 978-85-88075-73-3. 2018. https://www.abes-sp.org.br/arquivos/livro_saneamento-e-saude-catador-material-reciclavel-versao_final_bx.pdf (accessed 09 December 2021).
- ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018/2019. **Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE**. ISSN 2179-8303, Brasil, 2019. <https://abrelpe.org.br/download-panorama-2018-2019/> (accessed 09 December 2021).
- ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020. **Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE**. Brasil, 2020. <https://abrelpe.org.br/panorama-2020/> (accessed 09 December 2021).
- ACHILLAS, C. et al. Decision support system for the optimal location of electrical and electronic waste treatment plants: A case study in Greece. **Waste Management**, v. 30, n. 5, p. 870–879, 2010.
- ACHILLAS, C. et al. A multi-objective decision-making model to select waste electrical and electronic equipment transportation media. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 66, p. 76–84, 2012.
- AGRAWAL, S.; SINGH, R. K.; MURTAZA, Q. Prioritizing critical success factors for reverse logistics implementation using fuzzy-TOPSIS methodology. **Journal of Industrial Engineering International**, v. 12, n. 1, p. 15–27, 2016.
- AKCIL, A. et al. Precious metal recovery from waste printed circuit boards using cyanide and non-cyanide lixivants--A review. **Waste management (New York, N.Y.)**, v. 45, p. 258–271, 2015.
- ALMEIDA, A. T. Processo de Decisão nas Organizações. p. 256, 2013.
- ALMEIDA, A. T. DE et al. **Multicriteria and Multiobjective Models for Risk**,

Reliability and Maintenance Decision Analysis. [s.l: s.n.]. v. 231

AZEVEDO, L. P. et al. E-waste management and sustainability: a case study in Brazil.

Environmental Science and Pollution Research, v. 24, n. 32, p. 25221–25232, 2017.

BABU, B. R.; PARANDE, A. K.; BASHA, C. A. Electrical and electronic waste: A global environmental problem. **Waste Management and Research**, v. 25, n. 4, p. 307–318, 2007.

BACHÉR, J.; MROTZEK, A.; WAHLSTRÖM, M. Mechanical pre-treatment of mobile phones and its effect on the Printed Circuit Assemblies (PCAs). **Waste Management**, v. 45, n. 3, p. 235–245, 2015.

BALDE, C. P. et al. **E-waste statistics: Guidelines on classification, reporting and indicators 2015**. Bonn, Germany: United Nations University, IAS - SCYCLE, 2015.

BALDE, C. P. et al. **The global e-waste monitor 2017**. [s.l: s.n.].

BARROS, G. M. M.; PEREIRA, V.; ROBOREDO, M. C. ELECTRE tree: a machine learning approach to infer ELECTRE Tri-B parameters. **Data Technologies and Applications**, v. 55 No.4, n. Emerald Publishing Limited, 2021.

BILUCA, J.; AGUIAR, C. R.; TROJAN, F. Sorting of suitable areas for disposal of construction and demolition waste using GIS and ELECTRE TRI. **Waste Management**, v. 114, p. 307–320, 2020.

BOGGIA, A.; CORTINA, C. Measuring sustainable development using a multi-criteria model: A case study. **Journal of Environmental Management**, v. 91, n. 11, p. 2301–2306, 2010.

BRASIL. Lei nº12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.

Legislação brasileira. Brasil 2010. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm (accessed 09 December 2021).

BRASIL. Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos - 2018. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS)**. Brasil, 2019.

<http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-residuos-solidos/diagnostico-do-manejo-de-residuos-solidos-urbanos-2018> (accessed 09 December 2021).

BRASIL. Decreto nº 10.240, de 12 de fevereiro de 2020. Regulamenta o inciso VI do caput do art.33 e o art.56 da Lei nº12.305, de 2 de agosto de 2010, e complementa o Decreto nº 9.177, de 23 de outubro de 2017, quanto à implementação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes. **Legislação brasileira.** Brasil 2020.

<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2020/decreto-10240-12-fevereiro-2020-789763-publicacaooriginal-160002-pe.html> (accessed 09 December 2021).

BRITO, A. J.; ALMEIDA, A. T.; MOTA, C. M. M. A multicriteria model for risk sorting of natural gas pipelines based on ELECTRE TRI integrating Utility Theory. **European Journal of Operational Research**, v. 200, n. 3, p. 812–821, 2010.

BRONIEWICZ, E.; OGRODNIK, K. Multi-criteria analysis of transport infrastructure projects. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 83, n. April, p. 102351, 2020.

CAMPOS, H. K. T. Recycling in Brazil: Challenges and prospects. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 85, p. 130–138, 2014.

CATAFORTE. Manual de Orientação Tributária destinado às Associações e Cooperativas de Catadoras e Catadores de Materiais Recicláveis. **Fortalecimento do Associativismo e Cooperativismo dos Catadores de Materiais Recicláveis - Negócios Sustentáveis em Redes Solidárias**. São Paulo, 2015. <http://www.ceadec.org.br/arquivos/publicacoes-6--4Manual%20de%20Orienta%C3%A7%C3%A3o%20Tribut%C3%A1ria%20Plano%20Cont%C3%A1bil.pdf> (accessed 09 December 2021).

CEMPRE. Review 2019. **Compromisso Empresarial para Reciclagem**. São Paulo, 2019a. <https://cempre.org.br/cempre-review/> (accessed 09 December 2021).

CEMPRE. Serviços Eletroeletrônicos. **Compromisso Empresarial para Reciclagem**. São Paulo, 2020b. <http://cempre.org.br/servico/eletroeletronicos> (accessed 09 December 2021).

CETESB. Decisão de diretoria N. 120/2016/C, de 01 de junho de 2016. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**. Estabelece os “Procedimentos para o licenciamento ambiental de estabelecimentos envolvidos no sistema de logística reversa, para a dispensa do CADRI e para o gerenciamento dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos pós-consumo”, e dá outras providências. São Paulo, 2016. <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2014/12/DD-120-2016-C-010616.pdf> (accessed 09 December 2021).

CHANG, N. BIN; PARVATHINATHAN, G.; BREEDEN, J. B. Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region. **Journal of Environmental Management**, v. 87, n. 1, p. 139–153, 2008.

CHAUDHARY, K.; VRAT, P. Optimal location of precious metal extraction facility (PMEF) for E-waste recycling units in National Capital Region (NCR) of India. **Opsearch**, v. 54, n. 3, p. 441–459, 2017.

CINELLI, M.; COLES, S. R.; KIRWAN, K. Analysis of the potentials of multi criteria

- decision analysis methods to conduct sustainability assessment. **Ecological Indicators**, v. COELHO, L. C. Tipos de caminhões (tamanhos e capacidades). **Logística descomplicada**. Brasil, 2010. <https://www.logisticadescomplicada.com/tipos-de-caminhoes-tamanhos-e-capacidades/> (accessed 28 February 2021).
- COSTA, H.; FREITAS, A. Aplicação do método ELECTRE TRI à classificação da satisfação de clientes. **Revista portuguesa e brasileira de gestão**, v. 4, n. 4, p. 66–76, 2005.
- COSTA, H. G. et al. ELECTRE TRI applied to costumers satisfaction evaluation. **Producao**, v. 17, n. 2, p. 230–245, 2007.
- DE ARAÚJO, M. C. B.; ALENCAR, L. H.; MOTA, C. M. DE M. Classification model for bid/no-bid decision in construction projects. **International Transactions in Operational Research**, v. 29, n. 2, p. 1025–1047, 2022.
- DE LUCA, A. I. et al. Life cycle tools combined with multi-criteria and participatory methods for agricultural sustainability: Insights from a systematic and critical review. **Science of the Total Environment**, v. 595, p. 352–370, 2017.
- DE OLIVEIRA, J. D. et al. E-Waste Mistakenly Disposed of as Recyclable Waste: A Case Study from Brazil. **Clean - Soil, Air, Water**, v. 48, n. 11, p. 1–10, 2020.
- DEVA. Como calcular o custo do quilômetro rodado do meu caminhão? **Blog Iveco Deva**, *s.d.* <https://blog.deva.com.br/como-calcular-o-custo-do-quilometro-rodado-do-meu-caminhao/> (accessed 28 February 2021).
- DIAS, L. et al. An aggregation/disaggregation approach to obtain robust conclusions with ELECTRE TRI. **European Journal of Operational Research**, v. 138, n. 2, p. 332–348, 2002.
- DUFLOU, J. R. et al. Efficiency and feasibility of product disassembly: A case-based study. **CIRP Annals - Manufacturing Technology**, v. 57, n. 2, p. 583–600, 2008.
- ELIA, V.; GNONI, M. G.; TORNESE, F. Designing a sustainable dynamic collection service for WEEE: an economic and environmental analysis through simulation. **Waste Management and Research**, v. 37, n. 4, p. 402–411, 2019.
- FENG, D. et al. Pricing decision for reverse logistics system under cross-competitive take-back mode based on game theory. **Sustainability (Switzerland)**, v. 11, n. 24, 2019.
- FERREIRA, V. F. M.; GONÇALVES-DIAS, S. L. F.; VALLIN, I. DE C. Inclusion of waste pickers in the reverse logistics of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) – the case study of Projeto Eco Eletro. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v.

51, p. 263–281, 2019.

FERRI, G. L.; DINIZ CHAVES, G. DE L.; RIBEIRO, G. M. Reverse logistics network for municipal solid waste management: The inclusion of waste pickers as a Brazilian legal requirement. **Waste Management**, v. 40, p. 173–191, 2015.

FORTI, P. V. O crescimento do lixo eletrônico e suas implicações globais. p. 1–20, 2019.

FORTI, V. et al. The Global E-waste Monitor 2020. **United Nations University, United Nations Institute for Training and Research and International Telecommunication Union**. ISBN Digital: 978-92-808-9114-0; ISBN Print: 978-92-808-9115-7. 2020

<https://ewastemonitor.info/gem-2020/> (accessed 09 December 2021).

FUNDAÇÃO AVINA et al. Cooperativas: tributos e benefícios. ISBN: 978-85-66436-02-0. Salvador: Inspirar Ideias, 2013. http://www.pasocierto.com.br/assets/dd8-br_cooperativas-tributos-e-benef%C3%ADcios_brasil.pdf (accessed 09 December 2021).

GHISOLFI, V. et al. System dynamics applied to closed loop supply chains of desktops and laptops in Brazil: A perspective for social inclusion of waste pickers. **Waste Management**, v. 60, p. 14–31, 2017.

GIESE, E. C. et al. **Cooperativas e a gestão de resíduos eletroeletrônicos**. Rio de Janeiro: [s.n.].

GOFFI, A. S. et al. Economic feasibility for selecting wastewater treatment systems. **Water Science and Technology**, v. 78, n. 12, p. 2518–2531, 2018.

GOUVEIA, N. et al. Occupational exposure to mercury in recycling cooperatives from the metropolitan region of são paulo, Brazil. **Ciencia e Saude Coletiva**, v. 24, n. 4, p. 1517–1526, 2019.

GRIMES, S. M.; MAGUIRE, D. Assessment of priorities in critical material recovery from Waste Electrical and Electronic Equipment. **Resources Policy**, v. 68, n. May, p. 101658, 2020.

GUARNIERI, P.; SILVA, L. C.; LEVINO, N. A. Analysis of electronic waste reverse logistics decisions using Strategic Options Development Analysis methodology: A Brazilian case. **Journal of Cleaner Production**, v. 133, p. 1105–1117, 2016.

GUIA TRABALHISTA, E. **Cálculos de encargos sociais e trabalhistas**. Disponível em: <<http://www.guiatrabalhista.com.br/tematicas/custostrabalhistas.htm>>. Acesso em: 4 jan. 2021.

GUTBERLET, J. Cooperative urban mining in Brazil: Collective practices in selective household waste collection and recycling. **Waste Management**, v. 45, p. 22–31, 2015.

ILO. **Tackling informality in e-waste management: The potential of cooperative enterprises**. Geneva: [s.n.].

ISMAIL, H.; HANAFIAH, M. M. **A review of sustainable e-waste generation and management: Present and future perspectives***Journal of Environmental Management*, 2020.

ISTRATE, E. et al. Extraction and separation of nonferrous and precious metals from waste of electrical and electronic equipment through ferric sulfate leaching and electrolysis. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, v. 93, n. 10, p. 2878–2886, 2018.

JATO-ESPINO, D. et al. A review of application of multi-criteria decision making methods in construction. **Automation in Construction**, v. 45, p. 151–162, 2014.

JAUNICH, M. K. et al. Life-cycle modeling framework for electronic waste recovery and recycling processes. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 161, n. March, p. 104841, 2020.

JOERIN, F.; THÉRIALULT, M.; MUSY, A. Using GIS and outranking multicriteria analysis for land-use suitability assesment. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 15, n. 2, p. 153–174, 2001.

JU, Y. et al. A new framework for health-care waste disposal alternative selection under multi-granular linguistic distribution assessment environment. **Computers and Industrial Engineering**, v. 145, n. May, p. 106489, 2020.

LAI, E.; LUNDIE, S.; ASHBOLT, N. J. Review of multi-criteria decision aid for integrated sustainability assessment of urban water systems. **Urban Water Journal**, v. 5, n. 4, p. 315–327, 2008.

LIMA, E. C. P.; ALMEIDA, J. A.; ALMEIDA, A. T. **MODELO MULTICRITÉRIO PARA SELEÇÃO DE PROJETOS EM UMA EMPRESA DE SERVIÇOS DE CONSULTORIA**XXX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO São Carlos, 2010.

MENDAS, A.; DELALI, A. Integration of MultiCriteria Decision Analysis in GIS to develop land suitability for agriculture: Application to durum wheat cultivation in the region of Mleta in Algeria. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 83, p. 117–126, 2012.

MMA. Ministério do Meio Ambiente celebra Acordo Setorial de Eletroeletrônicos. **Ministério do Meio Ambiente**. <https://www.mma.gov.br/informma/item/15652->

- ministério-do-meio-ambiente-celebra-acordo-setorial-de-eletroeletrônicos.html (accessed 01 April 2020).
- MMA. Logística reversa deve aumentar de 70 para mais de 5 mil pontos de coleta de lixo eletroeletrônico no país. **Ministério do Meio Ambiente**. <https://www.mma.gov.br/informma/item/15702-logística-reversa-deve-aumentar-de-70-para-mais-de-5-mil-pontos-de-coleta-de-lixo-eletroeletrônico-no-país.html> (accessed 30 March 2020).
- MNCR. Classificação Brasileira de Ocupações. **Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis**. 2020. <http://www.mncr.org.br/biblioteca/legislacao/classificacao-brasileira-de-ocupacoes-cbo> (accessed 5 August 2020).
- MNCR. Quantos Catadores existem em atividade no Brasil? **Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis**. 2020. <http://beta.mncr.org.br:8080/site/sobre-o-mncr/duvidas-frequentes> (accessed 09 September 2020).
- MOI, P. C. P. et al. Lixo Eletrônico: Consequências E Possíveis Soluções. **Connection Line - Revista Eletrônica Do Univag**, v. 0, n. 7, p. 37–45, 2012.
- MONTEIRO, R. L. DO C.; PEREIRA, V.; COSTA, H. G. A Multicriteria Approach to the Human Development Index Classification. **Social Indicators Research**, v. 136, n. 2, p. 417–438, 2018.
- MONTIBELLER, G.; BELTON, V. Causal maps and the evaluation of decision options - A review. **Journal of the Operational Research Society**, v. 57, n. 7, p. 779–791, 2006.
- MOSTAFA, T. M.; SARHAN, D. S. Economic feasibility study of E-waste recycling facility in Egypt. **Evergreen**, v. 5, n. 2, p. 26–35, 2018.
- MOUSSEAU, V.; SLOWINSKI, R. Inferring an ELECTRE TRI Model from Assignment Examples. **Journal of Global Optimization**, v. 12, n. 2, p. 157–174, 1998.
- MOUSSEAU, V.; SLOWINSKI, R.; ZIELNIEWICZ, P. A user-oriented implementation of the ELECTRE-TRI method integrating preference elicitation support. **Computers and Operations Research**, v. 27, n. 7–8, p. 757–777, 2000.
- MTE. Classificação Brasileira de Ocupações. **Ministério do Trabalho**. <http://www.mtecbo.gov.br/cbosite/pages/pesquisas/BuscaPorTituloResultado.jsf> (accessed 5 August 2020).
- NOWAKOWSKI, P.; KRÓL, A.; MRÓWCZYŃSKA, B. Supporting mobile WEEE collection on demand: A method for multi-criteria vehicle routing, loading and cost optimisation. **Waste Management**, v. 69, n. 2017, p. 377–392, 2017.

- OLIVEIRA, C. M. et al. Anuário da Reciclagem 2020. Brasil, 2020. **Ancat, LCA e Pragma Soluções Sustentáveis**. <http://anuariodareciclagem.eco.br/interna> (accessed 09 December 2021).
- OLIVEIRA, C. R. DE; BERNARDES, A. M.; GERBASE, A. E. Collection and recycling of electronic scrap: A worldwide overview and comparison with the Brazilian situation. **Waste Management**, v. 32, n. 8, p. 1592–1610, 2012.
- OTTONI, M.; DIAS, P.; XAVIER, L. H. A circular approach to the e-waste valorization through urban mining in Rio de Janeiro, Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 261, p. 120990, 2020.
- PARNELL, G. S.; TRAINOR, T. E. Using the swing weight matrix to weight multiple objectives. **19th Annual International Symposium of the International Council on Systems Engineering, INCOSE 2009**, v. 1, n. July, p. 283–298, 2009.
- PINHEL, J. R. Do lixo à cidadania: Guia para a Formação de Cooperativas de Catadores de Materiais Recicláveis. **Peirópolis e IPESA - Instituto de Projetos e Pesquisas Socioambientais**. Brasil, 2013.
- <https://www.ipesa.org.br/arquivos/DOLIXOACIDADANIA.pdf> (accessed 09 December 2021).
- RODRIGUES, E.; MONDELLI, G. Assessment of integrated MSW management using multicriteria analysis in São Paulo City. **International Journal of Environmental Science and Technology**, n. 2011, 2021.
- ROMERO-ANIA, A.; GUTIÉRREZ, L. R.; OLIVA, M. A. DE V. Multiple criteria decision analysis of sustainable urban public transport systems. **Mathematics**, v. 9, n. 16, p. 1–30, 2021.
- SAHAJWALLA, V.; HOSSAIN, R. The science of microrecycling: a review of selective synthesis of materials from electronic waste. **Materials Today Sustainability**, v. 9, p. 100040, 2020.
- SÁNCHEZ-LOZANO, J. M. et al. GIS-based photovoltaic solar farms site selection using ELECTRE-TRI: Evaluating the case for Torre Pacheco, Murcia, Southeast of Spain. **Renewable Energy**, v. 66, p. 478–494, 2014.
- SANTOS, P. G. DOS. **MODELO DE APOIO À DECISÃO MULTICRITÉRIO PARA CLASSIFICAÇÃO DE FORNECEDORES EM NÍVEIS DE COLABORAÇÃO NO GERENCIAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS UTILIZANDO O MÉTODO ELECTRE TRI**. [s.l.] Universidade Federal de Pernambuco, 2012.

- SCHLUEP, M. et al. Sustainable Innovation and Technology Transfer Industrial Sector Studies. Recycling – From E- Waste To Resources. **UNEP - StEP**, p. 1–120, 2009.
- SHAHNAZARI, A. et al. Identification of effective factors to select energy recovery technologies from municipal solid waste using multi-criteria decision making (MCDM): A review of thermochemical technologies. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, v. 40, n. May, 2020.
- SHOKOUHYAR, S.; AALIREZAEI, A. Designing a sustainable recovery network for waste from electrical and electronic equipment using a genetic algorithm. **International Journal of Environment and Sustainable Development**, v. 16, n. 1, p. 60–79, 2017.
- SINIR. Sistemas de logística reversa de produtos eletroeletrônicos de uso doméstico e seus componentes. **Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos**. <https://sinir.gov.br/component/content/article/63-logistica-reversa/474-acordo-setorial-de-eletronicos> (accessed 12 April 2020).
- SMA. Termo de compromisso para responsabilidade pós-consumo de pilhas e baterias portáteis. **Secretaria de Meio Ambiente**. São Paulo, 2012. <https://cetesb.sp.gov.br/logisticareversa/wp-content/uploads/sites/27/2017/11/fase1-tc-PilhasBaterias.pdf> (accessed 09 December 2021).
- SOUZA, R. G. et al. Definition of sustainability impact categories based on stakeholder perspectives. **Journal of Cleaner Production**, v. 105, p. 41–51, 2015a.
- SOUZA, R. G. et al. Sustainability assessment and prioritisation of e-waste management options in Brazil. **Waste Management**, v. 57, p. 46–56, 2016.
- SOUZA, R. G. E-waste situation and current practices in Brazil. In: **Handbook of Electronic Waste Management**. [s.l.] INC, 2020. p. 377–396.
- SPITZBART, M. Business Plan Calculation Tool for Manual Dismantling Facilities. **D.R.Z - Dismatling and Recycling Centre**. Vienna, 2016. https://www.resource-recovery.net/sites/default/files/ewam-2016_6c_spitzbart_calculation-tool.pdf (accessed 09 December 2021).
- SPITZBART, M.; HERBECK, E.; SCHLUEP, M. Business Plan Calculation Tool for Manual Dismantling Facilities. **Step Green Paper**, United Nations University and Step Initiative, 2016. https://www.step-initiative.org/files/_documents/green_papers/Step_GP_BCT_final.pdf (accessed 09 December 2021).
- UNIDO. Economic Feasibility of e-waste treatment in Tanzania. 2012. **United Nations**

Industrial Development Organization.

<https://open.unido.org/api/documents/4784290/download/Economic%20Feasibility%20of%20e-Waste%20Treatment%20in%20Tanzania> (accessed 09 December 2021).

UNIDO. e-waste Treatment Facility in Uganda: Economic Feasibility Study. 2014. **United Nations Industrial Development Organization.**

<https://open.unido.org/api/documents/4784194/download/e-Waste%20Treatment%20Facility%20in%20Uganda%20-%20Economic%20Feasibility%20Study> (accessed 09 December 2021).

<http://www.ewasteguide.info/files/Blaser_2012_UNIDO-Empa.pdf>.

UNIDO. **e-waste Treatment Facility in Uganda: Economic Feasibility Study** UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION. [s.l: s.n.].

URBAM. Estudo de Caracterização Gravimétrica São José dos Campos – SP Setembro - 2018. 2018.

VALENTE, D. B. et al. Economic analysis of waste electrical and electronic equipment management: a study involving recycling cooperatives in Brazil. **Environment, Development and Sustainability**, n. 0123456789, 2021.

VIEIRA, B. D. O. et al. Prioritizing barriers to be solved to the implementation of reverse logistics of e-waste in Brazil under a multicriteria decision aid approach. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 10, 2020.

VIVAS, R. et al. Measuring sustainability performance with multi criteria model: A case study. **Sustainability (Switzerland)**, v. 11, n. 21, p. 1–13, 2019.

WANG, S.; LI, W. D.; XIA, K. Customized disassembly and processing of waste electrical and electronic equipment. **Manufacturing Letters**, v. 9, p. 7–10, 2016.

WIBOWO, S.; DENG, H. Multi-criteria group decision making for evaluating the performance of e-waste recycling programs under uncertainty. **Waste Management**, v. 40, p. 127–135, 2015.