

IMPACTO DA POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS NAS PRÁTICAS DE LOGÍSTICA REVERSA

Impact of the National Solid Waste Policy on Reverse Logistics Practices

.....
Cecilia Toledo Hernández

E-mail: ctoledo@id.uff.br

Doutora em Engenharia Mecânica

Endereço para contato: Universidade Federal Fluminense. Escola de Engenharia de Volta Redonda.

Avenida dos Trabalhadores, nº 420, Vila Santa Cecília. Volta Redonda/RJ. CEP 27255-125

<https://orcid.org/0000-0001-7570-9530>

.....
Janinne da Silva Bitencourt

E-mail: janinnedasilvabitencourt@gmail.com

Mestra em Administração

Endereço para contato: Universidade Federal Fluminense. Instituto de Ciências Humanas e Sociais.

Rua Desembargador Ellis Hermydio Figueira, Aterrado, Volta Redonda/RJ. CEP 27213-145

<https://orcid.org/0000-0002-1847-1201>

Recebido em 25 de maio de 2023 | Aceito em 20 de março de 2024.

RESUMO

O objetivo deste artigo é analisar as mudanças nas práticas de Logística Reversa (LR) em empresas da região Sul Fluminense após a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Desta forma foram identificadas práticas de LR em empresas da região e foi usado o *Analytic Hierarchy Process* para medir a importância das mesmas. Após esta priorização, foi feita a comparação por meio da análise de compatibilidade, com estudos realizados por outros pesquisadores, identificando quais das atividades priorizadas por ramo estudado tem ganho importância destacando também quais são práticas de economia circular (EC). O estudo foi desenvolvido mediante pesquisa exploratória por meio de questionários. A amostra incluiu empresas da Região Sul Fluminense, que representam nove ramos da economia e que realizam algum tipo de LR. Os dados foram inicialmente avaliados por meio do software *Super Decisions*. Como resultados principais, identificaram-se quais programas estratégicos e atividades específicas da LR são prioritários para cada ramo analisado, comparando se houve mudança efetiva ou não, após a PNRS homologada em 2010. Ao comparar este estudo, com o da Hernández (2010), percebe-se que o programa legal vem ganhando um maior destaque ao dar a questão da sustentabilidade uma maior relevância. Como implicação prática este resultado gera uma visão para as empresas analisarem seu sistema de LR o que contribui também para a implementação da EC e sua visibilidade como empresas sustentáveis.

Palavras-chaves: Economia Circular, Logística Reversa, Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

ABSTRACT

The objective of this article is to analyze the changes in Reverse Logistics (RL) practices in companies in the South Fluminense region after the implementation of the National Solid Waste Policy (NSWP). In this manner, RL practices were identified in companies within the region, and the Analytic Hierarchy Process was utilized to measure their significance. Following this prioritization, a comparison was conducted through compatibility analysis with studies conducted by other researchers, identifying which of the prioritized activities by the studied sector have gained importance, while also highlighting circular economy (CE) practices. The study was developed through exploratory research using questionnaires. The sample included companies from the South Fluminense region, representing nine sectors of the economy, and engaging in some form of RL. The data was initially evaluated using the Super Decisions software. The main results identified which strategic programs and specific RL activities are priorities for each analyzed sector, comparing whether there has been effective change or not after the NSWP was approved in 2010. When comparing this study with Hernández (2010) study, it is evident that the legal program has been gaining greater prominence by giving sustainability a higher relevance. As a practical implication, this result provides a perspective for companies to assess their RL system, which also contributes to the implementation of CE and their visibility as sustainable companies.

Keywords: Circular Economy, Reverse Logistics, National Solid Waste Policy (NSWP).

1 INTRODUÇÃO

Com a atual propensão de crescimento populacional, tem-se observado um aumento na escala da industrialização, o que acarreta maiores montantes de desperdícios, resultantes dos processos industriais (Bhandari et al., 2019). Devido a este cenário, temáticas relacionadas a sustentabilidade adquirem notório destaque, o que gera maior consciência

ambiental na sociedade, legislação mais rigorosa e produtos com menores ciclos de vida útil (Hernández et al., 2012).

Neste contexto, os conceitos de Economia Circular (EC) e Logística Reversa (LR), vem ganhando destaque no mundo acadêmico e empresarial. Estudos buscam esclarecer e aprofundar o conceito de EC, fazendo uma revisão sistemática da literatura (Farooque et al., 2019; Geisendorf & Pietrulla, 2018; Geissdoerfer et al., 2017; Ghisellini et al., 2016; Kalmykova et al., 2018; Winans et al., 2017). Alguns destes estudos mostram uma crescente preocupação com a temática ao redor do mundo especificando aplicações práticas em setores específicos da economia em países e regiões do mundo como na China (Su et al., 2013). No Brasil, a EC ganhou grande notoriedade com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), sancionada em 2010, como a Lei 12.305, pois esta marca a gestão dos resíduos sólidos no cenário brasileiro (Oliveira et al., 2019).

Percebe-se em todo este novo cenário acadêmico e empresarial, que a LR está conectada com a circularidade da economia, sendo um de seus princípios e sua relevância aumenta à medida que ela conceitua e clarifica a gestão de retorno de produtos (Geisendorf & Pietrulla, 2018). Desta maneira, nota-se que o fluxo reverso é uma parte crítica de gerenciamento das organizações, sendo tratado como um fator estratégico.

Diante do ainda estágio embrionário de pesquisa nestes assuntos no cenário nacional, o artigo buscou responder a seguinte questão: Como a implementação da PNRS impactou na prioridade das práticas de Logística Reversa? Desta maneira, o objetivo deste artigo é analisar o impacto que a PNRS provocou nas práticas da LR. Para isto se fez necessário determinar a prioridade de programas e atividades de LR após a implementação da PNRS e sua comparação com estudos similares realizados antes de 2010. Entretanto, a pesquisa se delimita espacialmente, pois analisa somente empresas de uma região específica, a Região Sul Fluminense.

Este trabalho se estrutura em cinco seções, sendo a seção 2 uma fundamentação teórica sobre o tema, a seção 3 um tratamento das questões metodológicas da pesquisa, a seção 4 uma exposição dos resultados obtidos e a seção 5 apresenta as principais conclusões e sugestões de trabalhos futuros, seguido das referências bibliográficas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 SUSTENTABILIDADE

O aspecto sustentável tem como um de seus principais conceitos, o tripé da sustentabilidade e como objetivo estabelecer três perspectivas para as organizações,

prosperidade econômica, proteção do meio ambiente e equidade social (Batista et al., 2019). Geissdoerfer et al. (2017), tratam a sustentabilidade como o processo pelo qual a atividade humana minimamente influencia o ecossistema terrestre. Conforme Geisendorf e Pietrulla (2018), conceitos como: economia azul; "cradle to cradle"; cadeias de suprimentos fechadas; ecologia industrial e logística reversa emergiram recentemente e são semelhantes ao conceito de economia circular.

Várias são as definições de EC (Farooque et al., 2019; Geisendorf & Pietrulla, 2018), entretanto a definição mais usada seria dada pela fundação *Ellen MacArthur Foundation*, que define a EC como um sistema intencionalmente restaurativo e regenerativo. Outra definição muito usada se dá ao comparar a EC com a economia linear (Farooque et al., 2019; Ghisellini et al., 2016), pois o modelo "pegar, fazer e descartar" da economia linear é ineficiente em relação ao tripé da sustentabilidade, em que os pilares ambientais, sociais e econômicos influenciam diretamente nos resultados organizacionais. Figge et al. (2023) depois de analisar 4000 publicações científicas sobre EC em 2022, definem alguns critérios que devem estar presentes na definição de EC: fechamento dos ciclos de recursos; otimização em vez da minimização dos fluxos de recursos; e a distinção a EC ideal e uma EC realista que proporcione sustentabilidade em combinação com outras abordagens.

Neste cenário, vários estudos destacam como pressões internas e externas influenciam na implementação destes aspectos sustentáveis nas organizações, destacando a LR como um dos principais aspectos da EC (Chu et al., 2017; Dubey et al., 2017; Famiyeh & Kwarteng, 2018; Gollnhofer & Turkina, 2015; Hsu et al., 2013; Huang et al., 2016; Huang & Yang, 2014).

2.2 ECONOMIA CIRCULAR

O conceito de circularidade é relativamente novo (Geisendorf & Pietrulla, 2018). Independentemente da novidade do tema, pode ser apreciado como está sendo inserido no contexto da indústria 4.0, mesmo que geralmente sejam descritos como dois campos de pesquisa independentes, há alguns exemplos que apresentam sobreposições entre esses tópicos, e estudos mostram que a indústria 4.0 contribui na implementação de práticas de EC (Pizzi et al., 2021; Rosa et al., 2020; Yu et al., 2022).

Vários são os estudos relacionados a EC, sendo a China um país de bastante destaque ao se analisar a implementação da mesma, motivado isto pela Lei de Economia Circular, homologada em 2008 (Su et al., 2013; Wang et al., 2019). Segundo Sousa e Serra (2019) vários outros países tem regulações específicas com respeito aos indicadores ambientais a cumprir em função do tratamento de resíduos sólidos urbanos. Nos Estados Unidos, tem-se a forte ação da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) baseada na lei de Conservação e Recuperação de Recursos (RCRA). Em relação a União Europeia a diretiva 2008/98/EU, é responsável por direcionar a gestão de resíduos.

O cenário brasileiro teve seu marco na EC em relação a gestão dos resíduos sólidos em 2010, com a PNRS que obriga diversos setores produtivos a implementar programas que façam uma gestão dos resíduos, baseada na sustentabilidade. Esta política tornou-se inovadora à medida que rompeu com padrões preestabelecidos e destaca alguns pontos importantes, como a responsabilidade compartilhada, que dita que a responsabilidade pelos resíduos pós-consumo também é de seus fabricantes e não somente dos consumidores ou governo (Demajorovic et al., 2012; Gomes et al. 2014; Jesus & Barbieri, 2013). Hoje podem ser destacadas várias aplicações do princípios de EC como: na indústria da construção civil (Oliveira et al., 2021); no setor sucroalcooleiro (Virginio et al., 2023); em propriedades rurais que adotam práticas sustentáveis (Sznitowski et al., 2023), dentre outros.

Para se implementar conceitos da EC nas cadeias de suprimentos, a LR desempenha papel fundamental (Agrawal & Singh, 2019). Segundo Dev et al. (2020), a LR tem aspectos semelhantes a EC, pois os dois conceitos se preocupam com a dimensão ambiental, social e econômica. Entretanto, as diferenças consistem na maior abrangência da EC, uma vez que não engloba só o aspecto reverso dos produtos.

2.3 LOGÍSTICA REVERSA: MOTIVADORES E BARREIRAS

De acordo com Ye et al. (2013), várias são as definições dada a LR nos últimos anos, porém estas podem ser separadas em duas diferentes maneiras. A primeira se refere as definições dadas que se preocupam em definir como a atividade agrega valor aos produtos retornados aos processos pelos clientes. A segunda se refere as definições que vão além destas etapas e incluem outros passos, como a gestão dos materiais reciclados, coleta, desmontagem e remontagem.

A LR é tão importante quanto a logística vista em seu fluxo produtivo normal e direto, devido as crescentes pressões exercidas interna e externamente. Em grande parte estas pressões se devem ao aumento da conscientização quanto a aspectos sustentáveis e as necessidades dos consumidores cada vez mais inovadoras (Vlachos, 2016).

Vários são os motivadores e barreiras ao se implementar programas de LR. Para Vlachos (2016), fatores financeiros, necessidades dos clientes, sustentabilidade, competitividade e sobrevivência no mercado e legislações mais rigorosas são alguns dos motivadores principais ao se implementar a LR nos mais variados tipos de processos. Brito e Dekker (2004), destacam três motivadores, o econômico, o legal e o de cidadania corporativa. Demajorovic et al. (2012), destaca a importância de motivadores econômicos, com recaptura de valor, motivadores de imagem, para promover as empresas e de serviço ao cliente, ao definir canais de retorno definidos. Bouzon et al. (2016) destacam algumas barreiras em relação a LR, relacionados a tecnologia, infraestrutura, governo e problemas de coordenação, além de

problemas econômicos. Já Sellitto e Hermann (2019), destacam fatores legais e de imagem como motivadores fundamentais.

Em relação ao cenário brasileiro, Couto e Lange (2017), definem legislação e normatização, aspectos tributários e financeiros, controle governamental e participação da população como aspectos importantes para se implementar a LR. Desta forma a grande parte dos autores pesquisados coincidem na inclusão de motivadores econômicos como sendo a principal causa para implementar programas de LR, assim como incluem também aspectos legais e de imagem (Luna & Viana, 2019; Oliveira et al., 2019; Orji, 2019).

Este artigo utilizou o critério de Leite (2012) que define os programas de LR tendo motivadores econômicos, de serviço ao cliente, legais, de cidadania corporativa e de imagem corporativa, sendo este também o critério adotado por outros pesquisadores (Hernández, 2010; Hernández et al., 2012; Govindan et al., 2016).

2.4 RELAÇÃO ENTRE A LOGÍSTICA REVERSA E A ECONOMIA CIRCULAR

Ao analisar práticas de LR e sua circularidade, o estudo da Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2019) identifica práticas de EC que são desenvolvidas em empresas brasileiras como otimização de processos, insumos circulares, recuperação de recursos, extensão da vida dos produtos, produto como serviço, virtualização e compartilhamento. Adicionalmente, o estudo de Zhu et al. (2010), classifica práticas de LR em compra verde, cooperação do cliente com questões ambientais, gestão ambiental interna, ecodesign e recuperação de investimento. A Tabela 1, mostra atividades de LR que se enquadram no conceito de EC.

Tabela 1
Classificação das práticas de LR conforme sua circularidade.

| Práticas de LR e sua Circularidade |
|---|
| <p>-Materiais retornados ao processo produtivo. Esta atividade pode ser classificada como circular e entra no grupo de recuperação de investimento de maneira a recolher e reciclar produtos e materiais em fim de vida, muitas vezes os retornando ao processo produtivo (Zhu et al., 2010). De acordo com CNI (2019), esta categoria se enquadra em insumos circulares, insumos provenientes de reparos, condicionamento, remanufatura, reciclagem e/ou renováveis.</p> <p>-Reuso de embalagens e venda como matéria-prima para outros processos. Para Zhu et al. (2010), esta atividade é circular e está no grupo de recuperação de investimento como venda de sucata e materiais usados e venda de equipamento de capital excedente.</p> |
| <p>-Revenda de produtos em mercados secundários. Atividade circular e se enquadra na recuperação de investimento (venda) de estoques/ materiais em excesso (Zhu et al., 2010).</p> |

Práticas de LR e sua Circularidade

-Reciclagem.

De acordo com Zhu et al. (2010), esta é uma das principais atividades circulares ao estabelecer um sistema de reciclagem para aproveitamento de produtos defeituosos ou não.

-Existência de registro dos custos gerados pelas devoluções.

Atividade circular do grupo de recuperação de investimento, e de acordo com Zhu et al. (2010).

-Desembolso por ações sociais e meio ambientais.

Atividade classificada como circular, de acordo com CNI (2019) e Zhu et al. (2010), utilizada para melhorar a imagem da empresa com campanhas que se preocupem com o ambiental, social e econômico.

-Despesas por treinamento de funcionários.

No grupo de gestão ambiental interna, esta atividade é classificada como circular como treinamento especial para trabalhadores em problemas ambientais.

-Operar o canal reverso (Custos com coleta, seleção, transporte, armazenagem).

Atividade de EC, conforme Zhu et al. (2010) e se classifica como recuperação do investimento para o canal reverso de uma maneira geral, desde a coleta a armazenagem

-Desenvolver novas tecnologias para a reciclagem ou recuperação.

Esta atividade é circular, segundo Zhu et al. (2010), e também se enquadra na recuperação de investimento

-Destino adequado aos resíduos.

Esta atividade está dentro do conceito de EC, pois através desta os resíduos se classificam quanto a sua reutilização, reciclagem, recuperação de peças e componentes e correto descarte no fim de vida.

-Parcerias com stakeholders.

De acordo com Zhu et al. (2010), a cooperação entre os vários agentes envolvidos nos processos é um dos fatores primordiais na busca pela circularidade. Os autores destacam a cooperação entre fornecedores, clientes, gestores e todos os atores

-Políticas liberais de retorno.

Esta atividade é classificada como circular, uma vez que os autores Zhu et al. (2010) defendem a criação de um sistema de reciclagem que facilite o retorno dos produtos

-Retornos bem definidos.

Os retornos devem ser inseridos em um sistema bem definido de coleta, retorno e reciclagem, conceitos básicos da EC (Zhu et al., 2010).

-Responsabilidade das empresas pelo destino correto de seus produtos no fim da vida útil.

CNI (2019); Zhu et al. (2010) definem esta atividade como uma das mais importantes, uma vez que procuram estabelecer insumos circulares, otimização de processos e responsabilidade compartilhada no tratamento dos produtos no fim de suas vidas úteis

Fonte: Autores (2022) com base em CNI (2019); Zhu et al. (2010) and the concept of circular economy (CE

Como pode ser apreciado na Tabela 1, nem todas as atividades de LR que serão vistas posteriormente, são incluídas pelos autores como pertencentes a atividades de EC, mas a maioria das atividades da LR tem sua circularidade destacada.

2.5 POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A geração de resíduos urbanos no Brasil, assim como no mundo, se relaciona além do crescimento populacional ao crescimento econômico. Além da geração de resíduos sólidos urbanos, tem-se a geração de resíduos sólidos industriais. Neste sentido, as indústrias se destacam uma vez que qualquer empresa, em diferentes graus, enfrenta aspectos que podem gerar impactos ambientais.

Em 1981, foi estabelecida no Brasil a Política Nacional de Meio Ambiente, um dos grandes marcos na implementação da sustentabilidade no Brasil. Como parte deste processo foram criados órgãos, leis e decretos que estabeleciam diretrizes nacionais para serviços públicos de manejo de resíduos, até que em 2010 é criada a PNRS, que foi o principal marco legal da política pública ambiental na gestão de resíduos sólidos.

A PNRS preencheu uma lacuna na legislação brasileira ambiental baseado na gestão internacional e suas legislações. Esta política brasileira mais moderna aborda alguns conceitos importantes, destaca a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto, acordos setoriais, LR, sustentabilidade operacional e financeira e envolvimento de padrões sustentáveis de produção e consumo. Um dos principais instrumentos de implementação da responsabilidade compartilhada é a LR, uma vez que está diretamente relacionada com a recuperação do valor econômico dos resíduos, para priorização da reciclagem, e a disposição adequada dos rejeitos.

Entretanto, há muitas divergências quanto à efetividade de implementação da PNRS. Cetrulo et al. (2018) testaram algumas hipóteses da efetividade da PNRS concluindo que: a geração de resíduos sólidos municipais no Brasil aumentou; a taxa de materiais recicláveis recuperados não teve um aumento significativo e a proporção geral de aterros, que estão ambientalmente adequados, não aumentou significativamente.

Adicionalmente, a PNRS enfrenta muitos desafios e dificuldades na sua implementação ao longo do país. Falta de fundos governamentais, falta de capacidade técnica e administrativa, falta de conscientização do público em relação à geração de resíduos, insuficiência da estratégia de descentralização do governo federal na implementação da agenda, falta de articulação da PNRS com outras políticas, falta de instrumentos de controle e cobrança, modelos de gestão e incentivo poucos claros e necessidade de maior articulação entre os entes federativos (Cetrulo et al., 2018).

As diferenças do panorama brasileiro antes e depois da PNRS, também podem ser percebidas pela produção acadêmica anterior e posterior a 2010. Cunha e Caixeta Filho (2002) expõem a falta de política na coleta de resíduos sólidos, propondo para minimizar o problema a aplicação de um modelo não linear de programação por metas. Demajorovic et al. (2012) estudaram os desafios no gerenciamento de práticas de LR, integrando empresas

e cooperativas, em uma visão após a homologação da PNRS, destacando que esta foi um marco no Brasil, pois obriga os ramos produtivos a implementar políticas de LR. Nesta mesma linha de pensamento, Souza et al. (2012) também expõem uma perspectiva até então não muito tratada antes da instauração da PNRS, a contribuição social e ambiental de uma cooperativa de reciclagem nos canais reversos de pós consumo. Assim, percebe-se que antes de 2010, falta uma política que regulamente e padronize as tratativas no fim de vida útil dos produtos. Com a implementação da PNRS, a LR passa a ser tratada como um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada.

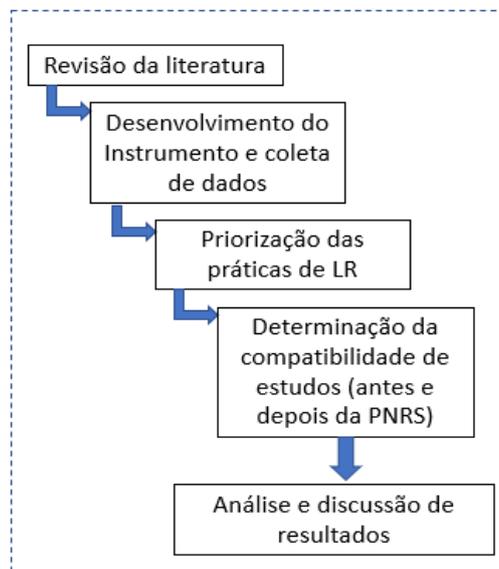
3 METODOLOGIA

A presente pesquisa se classifica da seguinte forma:

- Natureza Aplicada porque analisa as práticas de LR numa amostra de empresas da região Sul Fluminense.
- Exploratória: A busca na literatura teve como foco inter-relacionar conceitos de EC e LR vinculados com a PNRS. Posteriormente, mediante a coleta de dados qualitativos e quantitativos, se propõe analisar os programas de LR existentes em uma amostra de empresas de uma região geográfica específica para entender se houve mudanças posterior a implementação da PNRS.
- Métodos mistos: Usa dados qualitativos coletados numa primeira fase, para definir programas e atividades de LR nas empresas estudadas. Para a estratégia quantitativa, dados numéricos são levantados a partir de questionários que permitem a aplicação das ferramentas selecionadas (*Analytic Hierarchy Process* - AHP e índices de compatibilidade).

A realização do estudo seguiu as 5 (cinco) etapas apresentadas na Figura 1.

Figura 1
Etapas da pesquisa



Como resultado da primeira etapa, teve-se o aprofundamento em aspectos específicos para iniciar a pesquisa exploratória e empírica da solução metodológica. Também foi fornecida a base para estabelecer as práticas de LR que seriam pesquisadas usando os critérios de Leite (2012) e Hernández (2010).

Para cumprir a segunda etapa foi elaborado o questionário e aplicado em empresas da região pesquisada. A amostragem foi feita por conveniência e o critério de escolha foi o mesmo feito por Hernández (2010) e incluiu empresas que representam nove ramos da economia e que realizam algum tipo de prática de LR. Esta escolha está justificada na necessidade de estabelecer comparações entre períodos diferentes para verificar o objetivo deste trabalho.

O levantamento de dados foi realizado mediante questionário e baseu-se em definir, mediante perguntas abertas, quais programas e atividades de LR eram realizadas pelas empresas e posteriormente estabelecer a importância ou prioridade usando escala específica do método usado, o AHP. Este método trabalha com o conceito de especialistas que têm experiências com a temática objeto de estudo, por este motivo participaram do levantamento e responderam o questionário os especialistas de logística de cada uma das empresas estudadas.

Na Tabela 2 aparecem os programas e atividades propostos por Hernández (2010) que foram utilizados também na presente pesquisa.

Tabela 2
Programas e Atividades da LR

| Programas de LR | Atividades ou alternativas de LR |
|---|--|
| Programas Econômicos (PE) | -Materiais retornados ao processo produtivo (A-1). -Reuso de embalagens e venda como matéria-prima para outros processos (A-2). -Revenda de produtos em mercados secundários (A-3). -Reciclagem (A-4). |
| | -Existência de registro dos custos gerados pelas devoluções (A-5). -Desembolso por ações sociais e meio ambientais (A-6). -Despesas por treinamento de funcionários (A-7). -Custos para operar o canal reverso (coleta, seleção, transporte, armazenagem) (A-8). -Custos para desenvolver novas tecnologias (A-9). |
| Programas de Imagem (PI) | -Propaganda como empresa responsável quanto aos seus produtos e processos (A-10). -Desenvolvimento de novas tecnologias para aproveitar os materiais reciclados (A-11). |
| | -Destino adequado aos resíduos (A-12). |
| Programas de Cidadania Corporativa (PC) | -Projetos sociais (A-13). -Projetos educacionais (A-14). |
| | -Criação de emprego para operar canal reverso (A-15). |
| Programas de Serviço ao Cliente (PS) | -Parcerias com <i>stakeholders</i> (A-16). -Políticas de retorno liberais (A-17). |
| | -Fidelização de clientes (A-18). -Retornos bem definidos (A-19). |
| Programas Legais (PL) | -Responsabilidade das empresas pelo destino correto de seus produtos no fim da vida útil (A-20). -Estabelecimento de níveis mínimos de recuperação a serem cumpridos pelas empresas (A-21). |

Fonte: Hernández (2010).

Na terceira etapa foram priorizadas as práticas (programas e atividades) de LR. Foi utilizado o método AHP. Este método foi criado por Thomas Saaty em 1980 e tem sido amplamente usado ao longo dos anos, tanto de forma individual como combinado com outros métodos de tomada de decisão (Amaral et al., 2021; Guimarães, 2017; Hernández et al., 2012; Oliveira, 2020; Tian et al., 2019; Tosarkani & Amin, 2018; Wang et al., 2019).

A quarta etapa consiste em analisar a compatibilidade das prioridades dos programas estratégicos de LR determinadas antes da implementação da PNRS (Hernández, 2010) e depois da aplicação da PNRS (resultado do presente estudo).

Por último, são analisados os resultados, tanto de forma quantitativa, mediante a comparação de prioridades e índices, assim como de forma qualitativa para identificar quais atividades de LR estão realizando as empresas e sua relação com o conceito de EC.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O levantamento de dados foi realizado em 9 (nove) empresas com diferentes canais de LR. A amostra inclui canais reversos de pós-venda e de pós-consumo e em algumas delas existem ambos os canais reversos. As empresas pesquisadas pertencem aos ramos automobilístico, editorial, eletrodoméstico, farmacêutico, higiene, informática, construção civil, metalúrgico e papel.

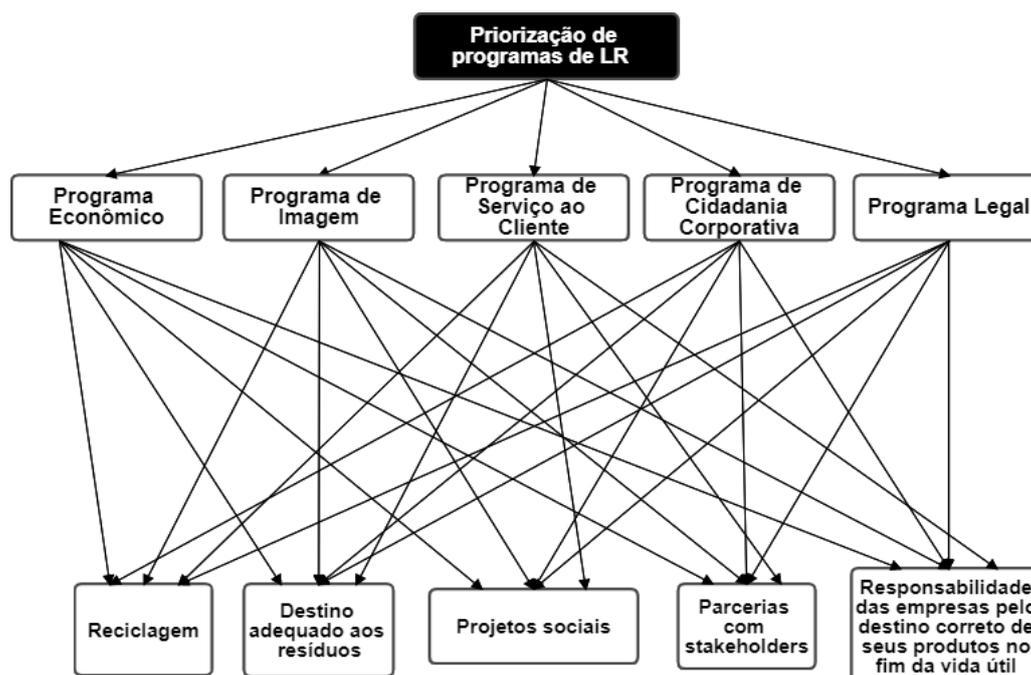
4.1 APLICAÇÃO DO ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)

A modo de exemplificar o estudo será apresentado a seguir a aplicação do método AHP para o ramo metalúrgico seguindo as seguintes etapas:

a) Estrutura hierárquica: A Figura 2 mostra a árvore hierárquica que representa as práticas de LR no ramo metalúrgico. Foram identificadas práticas com direcionadores nos 5 critérios/programas estabelecidos por Leite et al. (2006), Leite (2012) e Hernández (2010) além de alternativas/atividades próprias em função dos programas identificados. Para a aplicação do AHP, os níveis da estrutura hierárquica são representados por objetivo ou meta, programas e atividades. Desta forma, em todos os modelos que serão analisados programas de LR representam os critérios e as atividades de LR representam as alternativas.

Figura 2

Árvore hierárquica com os critérios/programas e alternativas/atividades no ramo metalúrgico



b) Comparação pareada e análise da consistência: Para continuar com a aplicação do método AHP, foram elaboradas 6 matrizes de julgamentos (uma matriz para a avaliação dos critérios/programas e cinco matrizes para analisar a importância de cada alternativa/atividade de LR perante cada programa). A comparação por pares dos julgamentos foi realizada usando a Escala Fundamental de Saaty (valores entre 1 e 9). A Tabela 3 mostra a comparação e prioridade dos critérios/programas de LR.

Tabela 3

Matriz de julgamentos e vetor de prioridades para os critérios (Programas de LR)

| Critérios/Programas de LR | PE | PL | PI | PS | PC | Vetor de prioridades |
|-----------------------------------|----|----|----|----|-----|----------------------|
| Programa Econômico-PE | 1 | 3 | 7 | 9 | 5 | 0,51399 |
| Programa Legal-PL | | 1 | 5 | 7 | 3 | 0,25758 |
| Programa de Imagem-PI | | | 1 | 3 | 1/3 | 0,06721 |
| Programa de Serviço ao Cliente-PS | | | | 1 | 1/5 | 0,03793 |
| Programa de Cidadania-PC | | | | | 1 | 0,12329 |

Observa-se pela Tabela 3, que o programa econômico (PE) tem uma prioridade maior em relação aos outros, seguido do programa legal (PL). Para verificar se o modelo é consistente foi calculada a taxa de consistência com um resultado de 5,3% aproximadamente, valor menor que o 10% proposto por Saaty e Sodenkamp (2010).

De igual forma procedeu-se para avaliar a importância das alternativas/atividades de LR perante cada critério. Foi necessário formar outras cinco matrizes de julgamentos. A Tabela 4 mostra a importância relativa de cada alternativa/atividade com respeito ao critério/programa econômico (PE).

Tabela 4

Matriz de julgamentos e vetor de prioridades das alternativas/atividades para o critério/programa econômico (PE) do ramo metalúrgico

| Alternativas/atividades de LR | A4 | A12 | A13 | A16 | A20 | Vetor de prioridades |
|--|----|-----|-----|-----|-----|----------------------|
| Reciclagem-A4 | 1 | 9 | 9 | 5 | 3 | 0,51859 |
| Destino adequado aos resíduos-A12 | | 1 | 1 | 1/5 | 1/7 | 0,03846 |
| Projetos sociais-A13 | | | 1 | 1/5 | 1/7 | 0,03846 |
| Parcerias com Stakeholders-A16 | | | | 1 | 1/3 | 0,13732 |
| Responsabilidade das empresas pelo destino correto de seus produtos no fim da vida útil -A20 | | | | | 1 | 0,26716 |

Entre as atividades desenvolvidas pela empresa, observa-se que a alternativa/atividade A4, que trata da reciclagem, obteve um valor de prioridade maior em relação às outras. O índice de consistência obtido foi de aproximadamente 4,6%, portanto a matriz foi consistente.

c) Determinação da prioridade global: Por último foi determinada a prioridade global de cada critério e alternativa como mostrado na Tabela 5.

Tabela 5
Prioridades dos programas e atividades de LR no ramo metalúrgico

| Critérios/Programas | Prioridades Programas LR |
|--|---------------------------|
| Programa Econômico-PE | 0,51399 |
| Programa Legal-PL | 0,25758 |
| Programa de Imagem-PI | 0,06721 |
| Programa de Serviço ao Cliente-PS | 0,03793 |
| Programa de Cidadania-PC | 0,12329 |
| Alternativas/Atividades | Prioridades Atividades LR |
| Reciclagem-A4 | 0,42225 |
| Destino adequado aos resíduos-A12 | 0,13262 |
| Projetos sociais-A13 | 0,08785 |
| Parcerias com Stakeholders-A16 | 0,09949 |
| Responsabilidade das empresas pelo destino correto de seus produtos no fim da vida útil -A20 | 0,25779 |

Percebe-se que neste ramo o critério/programa econômico PE e a alternativa/atividade A4, reciclagem, são os que têm maior importância.

Com todos os vetores de prioridades calculados para todos os ramos, pode ser vista a importância de cada critério/programa de LR, mas é preciso agregar os resultados. Assim, foi usada a média aritmética obtida utilizando o método de Agregação Individual de Prioridades (AIP), usado quando vetores de decisão de indivíduos com perspectivas diferentes em relação a valores e objetivos são combinados para compor um vetor de prioridade geral. Desta maneira, apresenta-se a Tabela 6.

Tabela 6
Vetores de prioridade dos critérios/programas de LR para cada ramo da economia estudado

| Ramos | Programas de LR | | | | |
|-----------------------|-----------------|---------|---------|---------|---------|
| | PE | PL | PI | PS | PC |
| Metalúrgico | 0,51399 | 0,25758 | 0,06721 | 0,03793 | 0,12329 |
| Construção civil | 0,28084 | 0,28084 | 0,28084 | 0,10697 | 0,05051 |
| Automobilístico | 0,71706 | 0,21717 | 0,06577 | - | - |
| Eletrodoméstico | 0,19955 | 0,51281 | 0,19093 | 0,03334 | 0,06338 |
| Higiene | 0,51281 | 0,2615 | 0,12898 | 0,06338 | 0,03334 |
| Farmacêutico | 0,51281 | 0,23709 | 0,08778 | 0,03334 | 0,12898 |
| Papel | 0,51281 | 0,03334 | 0,12898 | 0,06338 | 0,2615 |
| Informática | 0,50564 | 0,06655 | 0,13034 | 0,03336 | 0,26411 |
| Editorial | 0,36209 | 0,36209 | 0,16069 | 0,03892 | 0,0762 |
| Prioridades agregadas | 0,45751 | 0,24766 | 0,13795 | 0,05133 | 0,12516 |
| Ordem prioridade | 1 | 2 | 3 | 5 | 4 |

Observa-se que no ramo automobilístico não foram identificados todos os programas de LR, no ramo eletrodoméstico o maior peso é para programas legais (PL) porque são obrigados por legislação a fazer a LR de pós-venda, desde antes da PNRS.

Com a agregação dos resultados de todos os ramos, os critérios/programas econômicos (PE) e legais (PL) se mantiveram com as maiores importâncias, 45,75% e 24,76% respectivamente. Comparando este resultado com outros trabalhos publicados, pode ser observado que:

- Leite et al. (2006) obteve que, os critérios/programas econômicos se mantiveram com maior peso ao totalizar 50% da importância. O critério/programa de serviço ao cliente se manteve em segundo lugar ao totalizar 36% de importância, seguidos do programa de meio ambiente, que inclui o critério/programa de imagem e cidadania, com 8% e legislação com 6% de importância;
- Hernández (2010) realizou um estudo que incluiu os nove ramos da economia que foram também utilizados neste estudo e que mostra a importância dos critérios/programas de LR. Os programas econômicos tiveram a maior importância com um peso de aproximadamente 53%, em segundo lugar o programa de imagem com 24%, em terceiro o programa de serviço ao cliente com 13%, seguido do programa de cidadania com um 7%, por último o programa legal com um 3% aproximadamente.

Percebe-se que no estudo de Hernández (2010) comparado ao de Leite et al. (2006), o critério/ programa econômico (PE) continua sendo o de maior importância. O último critério/ programa, em termos de importância, foi o programa legal (PL) em ambos os estudos.

Observa-se assim, diferenças em relação ao resultado do presente estudo e dos anteriores (Leite et al., 2006; Hernández, 2010) quanto a prioridade dos programas de LR. Cabe destacar que nesta análise não se analisou a mudança na importância das atividades de LR porque cada empresa tem as suas próprias e não há padrão para comparar os pesos ou prioridades.

Mesmo que essas diferenças mostrem mudanças significativas na ordem de prioridade dos critérios/programas, foi necessário avaliar a compatibilidade dos vetores para poder ter uma resposta mais robusta ao comparar os resultados deste trabalho e os obtidos por Hernández (2010).

A análise de compatibilidade é feita para comparar os resultados obtidos com modelo proposto por Hernández (2010), que estabelece a importância dos critérios/programas de LR antes da PNRS. Quando há proximidade entre os valores apresentados pelos vetores, estes são considerados compatíveis, ou seja, não houve mudança significativa entre os resultados

obtidos por Hernández (2010), antes da PNRS e os obtidos agora, depois da PNRS e se incompatíveis, houve mudanças significativas.

Para avaliar esta proximidade, alguns índices podem ser usados, como índices “S” de Saaty, “G” de Garuti e “V” de Salomon (Guimarães, 2017). Não é objetivo do trabalho aprofundar nestes índices, portanto será mostrado unicamente o resultado que permite dar cumprimento ao objetivo da pesquisa.

Os três índices foram usados, pois a análise de compatibilidade é um tema relativamente novo, uma vez que o primeiro artigo publicado em português foi de Paula e Salomon (2008). Desta maneira, determinar os três índices dá maior confiabilidade aos resultados como mostrado por Almeida et al. (2021). A Tabela 7, apresenta a análise de compatibilidade entre os vetores de prioridade do presente estudo com os de Hernández (2010).

Tabela 7

Índices de compatibilidade entre o estudo deste trabalho e o de Hernández (2010)

| Índices de Compatibilidade | Valor | Classificação |
|----------------------------|--------|-------------------------|
| S | 1,2574 | Incompatível |
| G | 0,1091 | Totalmente Incompatível |
| V | 1,2840 | Incompatível |

Em relação a Tabela 7, para valores onde λ é sugerido aceitar a hipótese de não compatibilidade. Em relação ao índice de Garuti, para valores onde λ os estudos são totalmente incompatíveis. Para o índice V de Salomon, valores em que λ é também sugerido a hipótese de não compatibilidade.

Observa-se na Tabela 7, um resultado geral de não compatibilidade com o resultado apresentado por Hernández (2010). O estudo feito na Região Sul Fluminense por Hernández (2010), considera estes mesmos 9 (nove) setores da economia e também teve como destaque o critério/programa econômico (PE). Entretanto, mesmo se mantendo com uma maior importância nos dois estudos, na presente pesquisa, a importância econômica foi em torno de 46% e no de Hernández (2010), em torno de 53%. O segundo critério/programa no estudo de Hernández (2010), em termos de importância, foi o critério/programa de imagem (PI), este se manteve em terceiro no atual estudo. Em grau de priorização, o critério/programa legal (PL) ficou em último lugar (2,22 %) no estudo de 2010, sendo que no atual estudo, este se encontra em segundo lugar em termos de prioridade com aproximadamente 25 % de prioridade. Assim, nota-se que o programa legal (PL) teve sua prioridade aumentada.

Este resultado indica que houve mudança significativa entre os resultados obtidos por Hernández (2010), antes da PNRS e os obtidos agora, depois da PNRS, sendo o destaque

o aumento da importância de programas legais (PL) o que pode ter sido um impacto direto da implementação da PNRS.

4.2 ANÁLISE DAS ATIVIDADES DE LR PRIORIZADAS EM CADA RAMO E SUA CIRCULARIDADE

Dado que, cada empresa realiza atividades de LR em função de características próprias, não foi possível a comparação das prioridades das atividades de LR do estudo de Hernández (2010) com os resultados deste trabalho. Por este motivo optou-se por uma análise mais qualitativa, mostrando o comportamento delas de forma geral, destacando a circularidade das atividades de LR mais comuns antes e depois da implementação da PNRS.

Neste sentido, foi elaborada a Tabela 8, que mostra as alternativas/atividades de LR relatadas no estudo de Hernández (2010) e as obtidas como resultado deste trabalho. Estas atividades foram classificadas quanto a sua circularidade segundo o critério de Zhu et al. (2010).

Tabela 8

Alternativas/Atividades de LR priorizadas no estudo de Hernández (2010) e como resultado deste trabalho

| Atividades de LR priorizadas antes da PNRS (estudo de Hernández, 2010) | Atividades de LR priorizadas depois da PNRS (resultado do presente estudo) |
|--|---|
| RECUPERAÇÃO DE INVESTIMENTO -Reuso de embalagens e venda como matéria-prima para outros processos. -Reciclagem. -Custos para desenvolver novas tecnologias. -Destino adequado aos resíduos. | RECUPERAÇÃO DE INVESTIMENTO -Reuso de embalagens e venda como matéria-prima para outros processos. -Revenda de produtos em mercados secundários. -Reciclagem. -Custos para operar o canal reverso (coleta, seleção, transporte, armazenagem). -Destino adequado aos resíduos. |
| GESTÃO AMBIENTAL INTERNA -Responsabilidade das empresas pelo destino correto de seus produtos no fim da vida útil. | GESTÃO AMBIENTAL INTERNA -Responsabilidade das empresas pelo destino correto de seus produtos no fim da vida útil. |
| COMPRA VERDE -Parcerias com <i>stakeholders</i> . | COMPRA VERDE -Nenhuma foi relatada. |

Das 21 atividades de LR relatadas por Hernández (2010) (Ver Tabela 2) somente 6 aparecem que podem estar relacionadas com o conceito de circularidade. Mesmo coincidindo em quantidade de atividades, nem todas são as mesmas, embora a maioria se repete em ambos os estudos. Algumas destas atividades aparecem em mais de uma das empresas dos ramos estudados: reciclagem apareceu no ramo metalúrgico e no automobilístico. Destino adequado aos resíduos, apareceu no ramo da construção civil. Reuso, revenda e reciclagem foram priorizadas no ramo automobilístico. A alternativa/atividade responsabilidade das empresas pelo destino correto de seus produtos no fim da vida útil, foi priorizada no ramo

eletrodoméstico e no ramo do papel. Revenda de produtos em mercados secundários foi priorizada no ramo da higiene.

Isto vai ao encontro dos critérios de alguns autores que buscaram colocar a LR como um pilar da EC, de modo a relacionar os dois conceitos e destacar a importância que a LR tem na implementação do modelo circular (Beiler et al., 2020; Berssaneti et al., 2019; Cassol & Sellitto, 2020; Hammes et al., 2020; Kaviani et al., 2020) the waste generated by the sector represents one of the aspects that cause more damage to society and environment. This situation is a result of deficiency in the management of construction waste that leads to inadequate treatment and disposal of waste. According to researches, the volume of building waste represents approximately 67% of municipal solid waste generated in the country. In this context, reverse logistics has been seen as an alternative to proper management, when properly planned and executed. Since its obligation, by Law 12.305/2010, establishing the National Policy of Solid Waste (PNRS).

Percebe-se também que a pesar de serem poucas as publicações em EC separadamente da LR (Cosenza et al., 2020), as práticas de EC já existem nas empresas, mesmo muitas das vezes, os gestores não terem ouvido falar do conceito. Isso pode ser devido ao conceito de EC ser semelhante em muitos aspectos a LR, conceito mais difundido no meio empresarial.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao se analisar os resultados obtidos na seção 4, pode-se concluir que o programa econômico (PE) ainda é tido como mais importante para que a LR seja implementada nas empresas. Porém, percebe-se que o programa legal (PL) vem ganhando relevância com a legislação brasileira que se torna cada vez mais rigorosa. Entretanto, ainda se vê um atraso brasileiro em relação a legislação ambiental de outros países.

A partir dos resultados obtidos, atingiu-se o objetivo do trabalho ao avaliar o impacto da PNRS na prática da LR em empresas da Região Sul Fluminense. A utilização do método AHP permitiu determinar a importância ou prioridade de programas e atividades de LR. Também ao comparar este estudo, com o de Hernández (2010), percebe-se que houve mudanças significativas, demonstradas com o índice de compatibilidade. Antes da PNRS o programa legal (PL) tinha uma prioridade pequena, quanto que depois de 12 anos de implementada a PNRS este programa vem ganhando um maior destaque.

Um aspecto importante a destacar dá-se mediante a questão da sustentabilidade. Pode ser observado como programas de imagem (PI), mudaram a sua posição em nível de importância nos dois estudos relatados, porém as atividades de reciclagem, reúso de resíduos e responsabilidade das empresas pelo destino correto de seus produtos no fim da vida, são as mais destacadas e que podem ter influência em vários programas de LR, como os

econômicos, legais e os de imagem. Neste caso as empresas além de obter ganhos econômicos e/ou serem obrigadas pela legislação, também divulgam suas práticas de sustentabilidade. Pinheiro et al. (2022) relata que em países emergentes como o Brasil, as empresas buscam legitimizar suas práticas de responsabilidade ambiental mediante a divulgação e alguns dos indicadores de responsabilidade social, relatados nesse estudo se correspondem com os destacados em programas de Imagem (PI) da LR.

O estudo mostra como a LR ganha destaque nos tempos atuais ao analisar o cenário após a implementação da PNRS, sendo importante para o fortalecimento da empresa, seja em relação a aspectos sociais, ambientais e econômicos. Dessa forma a pesquisa contribui de forma prática, pois, inova ao analisar critérios/programas e alternativas/atividades de LR, na região Sul Fluminense, e sua relação com a EC, conceito considerado por muitos relativamente novo. A contribuição teórica está em mostrar a efetividade no uso do método AHP e dos índices de compatibilidade para alcançar os objetivos propostos. Os modelos estabelecidos podem ser replicados em outras empresas da mesma região ou de região diferente, porque tanto critérios como atividades de LR podem ser adicionados ou eliminados para ajustar a casos específicos.

Como limitação, o estudo analisou uma região específica, a região Sul Fluminense e somente alguns ramos, portanto o resultado não pode ser generalizado. A análise foi realizada com base nas entrevistas realizadas com especialistas na área de logística de determinadas empresas, o que confere subjetividade ao estudo, tendo o AHP função essencial em relação a este fator. Como recomendação de pesquisa futura, a análise pode ser feita em outras regiões e setores, ou até mesmo na mesma região e setores, mas em outras empresas para poder comparar ambos os estudos.

REFERÊNCIAS

- Agrawal, S., & Singh, R. K. (2019). Analyzing disposition decisions for sustainable reverse logistics: Triple Bottom Line approach. *Resources, Conservation and Recycling*, 150, 104448. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104448>
- Almeida, R. G., Leite, T. B., & Hernández, C. T. (2021). Priorização das categorias de incidentes em um setor de TI utilizando o Analytic Network Process. *Exacta*, 19(2), 456-476. <https://doi.org/10.5585/exactaep.2021.11378>
- Amaral, T. S., Andrade, V. S., & Pantuza Júnior, G. (2021). Utilização da metodologia AHP para escolha de uma cidade para implementação de uma zona logística na região do Vale do Rio Doce (MG). *Brazilian Journal of Development*, 7(5), 52562-52582 <https://doi.org/10.34117/bjdv.v7i5.30400>

- Batista, L., Gong, Y., Pereira, S., Jia, F., & Bittar, A. (2019). Circular supply chains in emerging economies—a comparative study of packaging recovery ecosystems in China and Brazil. *International Journal of Production Research*, 57 (23), 7248-7268. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1558295>
- Beiler, B. C., Ignácio, P., Júnior, A. C. P., Anholon, R., & Rampasso, I. (2020). Reverse logistics system analysis of a Brazilian beverage company: An exploratory study. *Journal of Cleaner Production*, 274, 122624. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122624>
- Berssaneti, F. T., Berger, S., Saut, A. M., Vanalle, R. M., & Santana, J. C. C. (2019). Value generation of remanufactured products: Multi-case study of third-party companies. *Sustainability*, 11(3), 1-21. <https://doi.org/10.3390/su11030584>
- Bhandari, D., Singh, R. K., & Garg, S. K. (2019). Prioritisation and evaluation of barriers intensity for implementation of cleaner technologies: Framework for sustainable production. *Resources, Conservation and Recycling*, 146, 156-167. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.02.038>
- Bouzon, M., Govindan, K., Rodriguez, C. M. T., & Campos, L. M. S. (2016). Identification and analysis of reverse logistics barriers using fuzzy Delphi method and AHP. *Resources, Conservation and Recycling*, 108, 182-197. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.05.021>
- Brito, M. P. de, & Dekker, R. (2004). A Framework for Reverse Logistics. *ERIM Report Series Research in Management*, 3-27. <https://repub.eur.nl/pub/354/ERS-2003-045-LIS.pdf>
- Cassol, M., & Sellitto, M. A. (2020). Socio-biodiversity supply chain: Sustainable practices of a Brazilian cosmetic company. *Environmental Quality Management*, 1-7. <http://dx.doi.org/10.1002/tqem.21700>
- Cetrulo, T. B., Marques, R. C., Cetrulo, N. M., & Pinto, F. S. (2018). Effectiveness of solid waste policies in developing countries: A case study in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 205, 179-187. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201900027506>
- Chu, S. H., Yang, H., Lee, M., & Park, S. (2017). The impact of institutional pressures on green supply chain management and firm performance: Top management roles and social capital. *Sustainability (Switzerland)*, 9(5), 764. <https://doi.org/10.3390/su9050764>
- Confederação Nacional da Indústria [CNI]. (2019) Economia Circular: Caminho estratégico para a indústria Brasileira. CNI. *Pesquisa sobre economia circular*. 1, 68. https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/69/a7/69a762d3-ff66-4bfe-9eb1-452fd4566415/publicacao_caminho_estragico_economia_circular.pdf

- Cosenza, J. P., de Andrade, E. M., & de Assunção, G. M. (2020). A circular economy as an alternative for Brazil's sustainable growth: Analysis of the national solid waste policy. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, 9(1), 1-30. <https://doi.org/10.5585/geas.v9i1.16147>
- Couto, M. C. L., & Lange, L. C. (2017). Análise dos sistemas de logística reversa no Brasil. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 22(5), 889-898. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522017149403>
- Cunha, V., & Caixeta Filho, J. V. (2002). Gerenciamento da coleta de resíduos sólidos urbanos: estruturação e aplicação de modelo não-linear de programação por metas. *Gestão & Produção*, 9(2), 143-161. <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2002000200004>
- Demajorovic, J., Huertas, M. K. Z., Boueres, J. A., Silva, A. G. da, & Sotano, A. S. (2012). Logística reversa: como as empresas comunicam o descarte de baterias e celulares? *Revista de Administração de Empresas*, 52(2), 165-178. <https://doi.org/10.1590/S0034-75902012000200004>
- Dev, N. K., Shankar, R., & Qaiser, F. H. (2020). Industry 4.0 and circular economy: Operational excellence for sustainable reverse supply chain performance. *Resources, Conservation and Recycling*, 153, 104583. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104583>
- Dubey, R., Gunasekaran, A., Childe, S. J., Papadopoulos, T., Hazen, B., Giannakis, M., & Roubaud, D. (2017). Examining the effect of external pressures and organizational culture on shaping performance measurement systems (PMS) for sustainability benchmarking: Some empirical findings. *International Journal of Production Economics*, 193, 63-76. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.06.029>
- Famiyeh, S., & Kwarteng, A. (2018). Implementation of Environmental Management Practices in Ghanaian Firms. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 67(7), 1091-1112. <http://dx.doi.org/10.1108/IJPPM-04-2017-0095>
- Farooque, M., Zhang, A., Thürer, M., Qu, T., & Huisingh, D. (2019). Circular supply chain management: A definition and structured literature review. *Journal of Cleaner Production*, 228, 882-900. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.303>
- Figge, F., Thorpe, A. S. & Gutberlet, M. (2023). Definitions of the circular economy: Circularity matters. *Ecological economics*, 208, 107823. <https://ssrn.com/abstract=4398717>
- Geisendorf, S., & Pietrulla, F. (2018). The circular economy and circular economic concepts—a literature analysis and redefinition. *Thunderbird International Business Review*, 60(5), 771-782. <https://doi.org/10.1002/tie.21924>

- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy - A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757-768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114, 11-32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>
- Gollnhofer, J. F., & Turkina, E. (2015). Cultural distance and entry modes: Implications for global expansion strategy. *Cross Cultural Management*, 22(1), 21-41. <https://doi.org/10.1108/CCM-07-2013-0114>
- Gomes, A. C. A., Silva Lobo, D. da, Cardoso, B. F., & Shikida, P. F. A. (2014). Analysis of competitiveness of a dairy property through reverse logistics: A case study. *International Journal of Global Energy Issues*, 37 (5-6), 253-266. <http://dx.doi.org/10.1504/IJGEI.2014.067669>
- Govindan, K., Muduli, K., Devika, K., & Barve, A. (2016). Investigation of the influential strength of factors on adoption of green supply chain management practices: An Indian mining scenario. *Resources, Conservation and Recycling*, 107, 185-194. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.05.022>
- Guimarães, J. L. (2017). Análise multicritério de indicadores da logística reversa na indústria de calçados de Juazeiro do Norte. [Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista]. <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/151557>.
- Hammes, G., Souza, E. D. de, Rodríguez, C. M. T., Millan, R. H. R., & Herazo, J. C. M. (2020). Evaluation of the reverse logistics performance in civil construction. *Journal of Cleaner Production*, 248, 119212. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119212>
- Hernández, C. T. (2010). Modelo de gerenciamento da Logística Reversa integrado às questões estراتيجicas das organizações. [Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista]. <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/106428>.
- Hernández, C. T., Marins, F. A. S., & Castro, R. C. (2012). Modelo de gerenciamento da logística reversa. *Gestao e Producao*, 19(3), 445-456. <https://www.scielo.br/j/gp/a/dZf-PQYh85S9zYG9z4h37T6F/?lang=pt&format=pdf>
- Hsu, C. C., Tan, K. C., Zailani, S. H. M., & Jayaraman, V. (2013). Supply chain drivers that foster the development of green initiatives in an emerging economy. *International Journal of Operations and Production Management*, 33(6), 656-688. https://digitalscholarship.unlv.edu/mib_fac_articles/2/

- Huang, Y. C., & Yang, M. L. (2014). Reverse logistics innovation, institutional pressures and performance. *Management Research Review*, 37(7), 615-641. <http://dx.doi.org/10.1108/MRR-03-2013-0069>
- Huang, Y. C., Yang, M. L., & Wong, Y. J. (2016). Institutional pressures, resources commitment, and returns management. *Supply Chain Management*, 21(3), 398-416. <http://dx.doi.org/10.1108/SCM-04-2015-0144>
- Jesus, F. S. M., & Barbieri, J. C. (2013). Atuação de Cooperativas de Catadores de Materiais Recicláveis na Logística Reversa Empresarial por meio de Comercialização Direta. *RGSA: Revista de Gestão Social e Ambiental*, 7, 20-36. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v7i3.816>
- Kalmykova, Y., Sadagopan, M., & Rosado, L. (2018). Circular economy - From review of theories and practices to development of implementation tools. *Resources, Conservation and Recycling*, 135, 190-201. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.034>
- Kaviani, M. A., Tavana, M., Kumar, A., Michnik, J., Niknam, R., & Campos, E. A. R. (2020). An integrated framework for evaluating the barriers to successful implementation of reverse logistics in the automotive industry. *Journal of Cleaner Production*, 272, 122714. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122714>
- Leite, P. R. (2012). Direcionadores Estratégicos Em Programas De Logística Reversa No Brasil. *Revista Alcance*, 19(2), 182-201. <https://periodicos.univali.br/index.php/ra/article/view/2077/2298>
- Leite, P. R., Brito, E. P. Z. de, Macau, F., & Povoá, Â. (2006). O papel dos ganhos econômicos e de imagem corporativa na estruturação dos canais reversos. *Revista Eletrônica de Gestão Organizacional*, 5-21. <https://periodicos.ufpe.br/revistas/gestaoorg/article/view/21492>
- Luna, R. A., & Viana, F. L. E. (2019). O Papel Da Política Nacional Dos Resíduos Sólidos Na Logística Reversa Em Empresas Farmacêuticas. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 13(1), 40-56. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v13i1.1640>
- Oliveira, C. T. de, Mônica, M. M. M., & Campos, L. M. S. (2019). Understanding the Brazilian expanded polystyrene supply chain and its reverse logistics towards circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 235, 562-573. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.319>
- Oliveira, M. P. S. L., Oliveira, E. A. de, & Fonseca, A. M. (2021). Strategies to promote circular economy in the management of construction and demolition waste at the regional level: a case study in Manaus, Brazil. *Clean technologies and environmental policy*, 23(9), 2713-2725. <https://doi.org/10.1007/s10098-021-02197-7>

- Oliveira, N. P. (2020). Uso da metodologia Analytic Hierarchy Process para a seleção de fornecedores logísticos: Estudo de caso na logística reversa de pneus. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 9, 1011-1020. <https://doi.org/10.19177/rgsa.v9e020201011-1020>
- Orji, I. J. (2019). Examining barriers to organizational change for sustainability and drivers of sustainable performance in the metal manufacturing industry. *Resources, Conservation and Recycling*, 140, 102-114. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.08.005>
- Paula, D. C., & Salomon, V. A. P. (2008). Utilização de indicadores na análise da aplicação de métodos de tomada de decisão com múltiplos critérios. *Anais do XL SBPO. Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, João Pessoa, Brasil, 40, 1052-1057 <http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2008/pdf/arq0228.pdf>
- Pinheiro, A. B., Lameu, E. V. M., Sampaio, T. S. L., & Santos, S. M. dos. (2022). Revisitando a relação entre desempenho financeiro e divulgação ambiental: Uma análise comparativa entre o Brasil e Holanda. *RACE*, 21, 1, 51-76. <https://doi.org/10.18593/race.24547>
- Pizzi, S., Corbo, L. & Caputo, A. (2021). Fintech and SMEs sustainable business models: Reflections and considerations for a circular economy. *Journal of cleaner production*, 281, 125217. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125217>
- Rosa, P., Sassanelli, C., Urbinati, A., Chiaroni, D. & Terzi, S. (2020). Assessing relations between Circular Economy and Industry 4.0: a systematic literature review. *International journal of production research*, 58(6), 1662-1687. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1680896>
- Saaty, T. L., & Sodenkamp, M. (2010). *The Analytic Hierarchy and Analytic Network Measurement Processes: The Measurement of Intangibles*, 1(1), 91-166. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-92828-7_4
- Sellitto, M. A., & Hermann, F. F. (2019). Influence of Green Practices on Organizational Competitiveness: A Study of the Electrical and Electronics Industry. *EMJ - Engineering Management Journal*, 31(2), 98-112. <http://dx.doi.org/10.1080/10429247.2018.1522220>
- Sousa, M. S., & Serra, J. C. V. (2019). Indicadores ambientais de resíduos sólidos urbanos associado a melhoria das políticas públicas. *Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental*, 8(3), 707-724. <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v8e32019707-724>
- Souza, M. T. S. de, Paula, M. B. de, & Souza-Pinto, H. de. (2012). O papel das cooperativas de reciclagem nos canais reversos pós-consumo. *Revista de Administração de Empresas*, 52(2), 246-262. <https://doi.org/10.1590/S0034-75902012000200010>

- Su, B., Heshmati, A., Geng, Y., & Yu, X. (2013). A review of the circular economy in China: Moving from rhetoric to implementation. *Journal of Cleaner Production*, 42, 215-227. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.11.020>
- Sznitowski, A. M., Queiroz, A. A. F. S. L., & Padgett, R. C. M. L. (2023). Producing with sustainability: A study on circular practices in a rural property in Brazil. *Contextus*, 21(1), 85348. <http://dx.doi.org/10.19094/contextus.2023.85348>
- Tian, G., Liu, X., Zhang, M., & Yang, Y. (2019). Selection of take-back pattern of vehicle reverse logistics in China via Grey-DEMATEL and Fuzzy-VIKOR combined method. *Journal of Cleaner Production*, 220, 1088-1100. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.086>
- Tosarkani, B. M., & Amin, S. H. (2018). A multi-objective model to configure an electronic reverse logistics network and third party selection. *Journal of Cleaner Production*, 198, 662-682. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.056>
- Virginio, L. K. A., Fontgalland, I. L., & Barbosa, M. F. N. (2023). Relato de experiências do setor sucroalcooleiro no nordeste brasileiro: o debate de nuances da economia circular RGSa: *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 17(8), 03964. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v17n8-016>
- Vlachos, I. P. (2016). Reverse logistics capabilities and firm performance: the mediating role of business strategy. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 19(5), 424-442. <http://dx.doi.org/10.1080/13675567.2015.1115471>
- Wang, Z., Hao, H., Gao, F., Zhang, Q., Zhang, J., & Zhou, Y. (2019). Multi-attribute decision making on reverse logistics based on DEA-TOPSIS: A study of the Shanghai End-of-life vehicles industry. *Journal of Cleaner Production*, 214, 730-737. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.329>
- Winans, K., Kendall, A., & Deng, H. (2017). The history and current applications of the circular economy concept. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 825-833. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.123>
- Ye, F., Zhao, X., Prahinski, C., & Li, Y. (2013). The impact of institutional pressures, top managers' posture and reverse logistics on performance - Evidence from China. *International Journal of Production Economics*, 143(1), 132-143. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.12.021>
- Yu, Z., Khan, S. A. R., & Umar, M. (2022). Circular economy practices and industry 4.0 technologies: A strategic move of automobile industry. *Business strategy and the environment*, 31(3), 796-809. <https://doi.org/10.1002/bse.2918>

Zhu, Q., Geng, Y., & Lai, K. H (2010). Circular economy practices among Chinese manufacturers varying in environmental-oriented supply chain cooperation and the performance implications. *Journal of Environmental Management*, 91(6), 1324-1331. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.02.013>