

Logística reversa aplicada em gestão de resíduos sólidos – Um estudo sobre remanufatura e reciclagem

Marcos José de Barros (UNIMEP, IFPR), marcos.barros@ifpr.edu.br
Maria Célia de Oliveira (UNIMEP), mceliamat@yahoo.com.br
Alexandre Tadeu Simom (UNIMEP), atsimon@unimep.br

Resumo:

Este trabalho tem como objetivo fornecer uma abordagem sobre Logística Reversa aplicada a gestão dos resíduos sólidos. A abordagem baseia-se em métodos de pesquisa exploratória, análises e avaliação sistemática dos conteúdos de artigos publicados. A flexibilidade da abordagem proposta permite mapear a realidade de várias aplicações no campo da pesquisa em Logística Reversa e do seu impacto sobre os processos produtivos. O caráter genérico da abordagem de previsão de inferências sobre este problema específico é ponto de partida para sustentação da relevância de trabalhos veiculados a este tema, possibilitando contribuições para outras pesquisas.

Palavras chave: Resíduo Sólido, Logística Reversa, Gestão de Resíduos.

Reverse logistics applied to solid waste management - A study on remanufacturing and recycling

Abstract

This work aims to provide an approach for Reverse Logistics applied to solid waste management. The approach is based on observational research methods, analysis and systematic evaluation of published content articles. The flexibility of the proposed approach allows you to map the reality of numerous applications in research on reverse logistics and its impact on production processes. The generic nature of inferences forecasting approach to this particular problem is the starting point to support relevant works published in this issue, allowing contributions to other research.

Key-words: Solid Waste, Reverse Logistics, Waste Management.

1. Introdução

O foco na LR¹ é a gestão dos resíduos, a recuperação de materiais por meio de reciclagem, recuperação de peças ou produtos, por meio de remanufatura, conforme Horvath, Autry e Wilcox, (2005).

No caderno de educação ambiental da Cetesb, (2014) diferencia em três conceitos, Logística, Pré-venda, pós-venda, e pós consumo. Recentemente, muito se tem discutido sobre Logística reversa e tem merecido atenção na recuperação de valor dos produtos utilizados na cadeia produtiva. Além disso, as legislações, as diretrizes, a consciência do consumidor e a

¹ Logística Reversa

responsabilidade social para com o ambiente também são os incentivadores para a aplicação da Logística Reversa.

A importância crescente da investigação na logística reversa também foi destacada por muitos autores, como exemplo podemos citar, Giannetti *et al.* (2013), Reis e Seo (2012), García-Rodríguez *et al.* (2013), Zang *et al.* (2013), Ramos, Gomes e Barbosa (2014), Golebiewski *et al.* (2013) e outros.

Segundo Reis e Seo (2012), A PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos, lei regulamentada em 2010 no Brasil, estabelece a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida de produtos e obriga as empresas a implementar os sistemas de Logística Reversa. Este trabalho visa fornecer informações sobre Logística Reversa aplicada a gestão dos resíduos sólidos, no processo produtivo, por meio de artigos publicados, servindo de suporte para novas pesquisas.

2. O estudo

Adotou-se o método de análise de conteúdo. Um método de pesquisa observacional, que é usado para avaliar os conteúdos das formas de comunicação, segundo Pokharel e Mutha, (2009). O levantamento do referencial para o desenvolvimento da revisão se limita a 73 publicações dos últimos 5 anos apresentados sobre o tema encontrados no portal de periódicos da CAPES. Utilizando para este levantamento as palavras-chave: *Solid Waste* no assunto e *Reverse Logistics* em qualquer parte do texto.

2.1. Produtos elétricos e eletrônicos

Visando reduzir o impacto negativo sobre o homem e o meio ambiente, os resíduos no final de seus ciclos de vida precisam ser corretamente manuseados, descartados, processados, e se for o caso, remanufaturados, reciclados ou reutilizados. Dat *et al.* (2012) apresentaram um modelo de programação matemática que minimiza o custo total de processamento de produtos elétricos e eletrônicos, este modelo inclui os custos de recolhimento de material, tratamento e transporte, bem como as vendas com diferentes frações de produtos devolvidos, o modelo serve de base para determinar os locais ideais de instalações e os fluxos de materiais na rede logística reversa. Na busca de medidas de controle do lixo eletrônico em Hong Kong, Chung, Lau e Zhang (2011) estimou que 80.443 toneladas de resíduos elétrico e eletrônico, considerando televisores de plasma, cristal líquido, máquinas de lavar, condicionadores de ar, computadores, etc, são geradas e 17% deste montante é descartado como lixo. Juchneski *et al.* 2013 estudaram os processos de desmontagens de telas de LCD (*Liquid Crystal Display*), a fim de identificar a composição, a quantidade, almejando trabalhos futuros, o desenvolvimento de rotas de reciclagem, verificaram que a reciclagem deste tipo de material é possível tomando as devidas precauções.

Zeng *et al.* (2013) pesquisaram a gestão ilegal de produtos eletrônicos (e-produto) e os aumentos significativos de lixo eletrônico (e-waste). Sendo a legislação pertinente, a perspectiva de gestão de lixo eletrônico na China é apresentada. Considerando a LR de produtos eletrônicos, a legislação da União Européia confirmou uma ideia mais clara e mais sistêmica do eco design e da política integrada de produtos.

Khor e Udin (2013) pesquisaram a geração de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos, sua viabilidade de recuperação e seu valor residual, bem como os procedimentos de resgate. Selecionaram várias opções de LR e de disposição destes produtos. A pesquisa explorou o efeito de design de produto verde e o comprometimento de recursos na alienação do produto no processo de LR.

Janse, Schuur e Brito (2010) desenvolveram uma ferramenta de diagnóstico para avaliar as práticas de LR, por meio da coleta de dados quantitativos de campo, combinando com dados qualitativos (entrevistas, visitas técnicas), contribuindo para a maturidade da LR nas empresas que produz resíduos elétricos e equipamentos eletrônicos.

Shumon, Ahmed e Islam (2014) apresentaram uma visão geral das práticas de gestão de lixo eletrônico em todo o mundo, incluindo a geração de lixo eletrônico, a implementação de estratégias de gestão e as atividades de recolhimento e recuperação na Malásia. Xianliang *et al.* (2012) investigaram o processo de LR de pilhas usadas com destaque na integração de informações. Os autores mencionam que atualmente muitas empresas são capazes de usar sistemas corporativos ou e-business no gerenciamento destes sistemas.

Mourão e Seo (2012) contribuíram para a análise do sistema de LR de lâmpadas fluorescentes no Brasil avaliando os pontos fortes e fracos deste sistema. A Política Brasileira de Resíduos Sólidos estabeleceu uma aplicação obrigatória de Sistemas de LR para Lâmpadas fluorescentes, imputando uma responsabilidade para os fabricantes, importadores, distribuidores, varejistas e consumidores. (SILVA F.R, 2013 p.02).

Para Reis e Seo (2012), a LR é obrigatória para alguns itens, por exemplo, os resíduos eletrônicos levam a uma necessidade de avaliação dos potenciais de cada item e seu valor patrimonial, a fim de viabilizar a implantação do sistema.

Considerando que as peças, tais como, motores, pinças de freio e bombas, já são alvos comuns para o processo de remanufatura, bem como os computadores dos carros modernos, Sundin e Dunback (2013) apresentaram uma pesquisa qualitativa, baseada em entrevistas às pequenas e médias empresas, relacionando desafios com a LR na remanufatura e negociação, em que dispositivos mecânicos automotivos foram alvos do estudo.

Choi e Fthenakis (2014) pesquisaram o uso de recursos e do potencial de geração de resíduos e a recuperação do vidro e metais com valor agregado a partir de módulos fotovoltaicos, o preço dos materiais recuperados são fatores importantes para decidir a rentabilidade do processo de reciclagem, os resultados ilustraram que os custos da LR compreendem grande parte do custo de reciclagem dessas células.

Giannetti, Bonilla e Almeida (2012) sugeriram um modelo de avaliação que auxilia na tomada de decisão, uma forma de avaliar estratégias de reciclagem para comparar os relativos benefícios econômicos e ambientais da rede de logística praticada com recuperação de sucatas em um distribuidor de chapas de aço.

2.2 Logística Reversa e a Reciclagem

Ye *et al.* 2011, sugerem um novo modelo para implementação de centros de reciclagem em Taiwan, a elaboração de um novo local e um modelo de atribuições para reduzir o número de centros de reciclagem. Esta redução aperfeiçoaria o transporte e reduziria custos através da atribuição eficiente de recolhimento, este modelo utilizou de algoritmos heurísticos com base em operações.

Figueiró (2010) investigou problemas e oportunidades nas práticas da LR pós consumo em indústrias de produção de carrocerias e de produção de bebidas, os resultados apontam como práticas de LR são amplamente influenciadas pela articulação de atores das cadeias produtivas e pelas políticas públicas de incentivo a reciclagem, coleta seletiva e conscientização do consumidor.

Aquila *et al.* (2010) apresentaram um modelo matemático de programação linear misto como suporte para tomadas de decisões políticas e de regulamentação da rede de logística reversa, tendo como referências os pontos de recolhimento e instalações de reciclagem. Por meio de um estudo de caso na região da Macedônia, Grécia, o modelo desenvolvido foi demonstrado.

Alamri (2011) apresentou um modelo integrado de estoques para produção conjunta de itens remanufaturados, envolvendo produção, reciclagem e logística de coleta, oem que o armazenamento, produção, remanufatura, demanda, retorno e taxas de deterioração são funções

arbitrárias do tempo, dando soluções globais para o sistema de inventário, considerando os custos relevantes totais.

Oliveira, Bernardes e Gerbase (2012) apresentaram os sistemas utilizados em diferentes países e compararam a situação do mundo com a realidade atual no Brasil. Veiga (2012) analisou o programa de LR obrigatório para embalagens de pesticidas, em que a gestão política brasileira impõe a reciclagem como solução principal de gestão de resíduos.

Eskandarpour *et al.* (2014), abordaram o gerenciamento de retorno de produtos, foi projetada uma rede abrangente de sete camadas de recuperação, incluindo clientes primários, centros de recolhimento e redistribuição, recuperação, reciclagem e descarte, envolvendo os clientes secundários. Neste trabalho, foi utilizada a técnica de design experimental de Taguchi.

Silva *et al.* (2012), em estudo comparativo com embalagens retornáveis e descartáveis, verificaram que em matéria de desempenho ambiental, o modelo de embalagens retornáveis provou ser melhor alternativa para a sustentabilidade do negócio, tanto no quesito técnico, quanto econômica.

A coleta de lixo plástico foi examinada por Bing, Bloemhof-Ruwaard e Vorst (2014) e é caracterizado com várias alternativas de métodos de coleta seletiva (*drop-off*) e métodos de separação e pós-separação. Os pesquisadores redesenham as rotas de coleta e comparam as opções de recolha de resíduos plásticos, usando o princípio da eco eficiência como indicadores de desempenho.

Lagarinhos, Tenório (2013) apresentou uma LR para pneus usados no Brasil e comparou com os sistemas apresentados no Japão, Estados Unidos e Comunidade Européia, os autores consideram que no Brasil os incentivos governamentais são ausentes em relação a este tipo de reciclagem, sendo este financiado pelos fabricantes e importadores, exigindo mudanças no pensamento e também sobre o conceito formado a respeito deste resíduo, podendo esta matéria prima secundária ser utilizado em vários processos na indústria de cimento, queimas em caldeiras e outros.

2.3 Resíduos sólidos Urbanos (RSU)

Juliotti (2010) recomendou uma reestruturação das cadeias de embalagens de madeira, papelão e plásticos de produtos hortifrutícolas, em fluxo de logística reversa, visando à redução de perdas, geração de lixo e problemas sanitários indesejáveis. Propôs como sugestão a adoção de caixas de material plástico substituindo as caixas de madeiras.

Zhang, Ele e Huang (2011) recomendaram um modelo de LR inexata para sistemas de resíduos sólidos municipais, no trabalho foram envolvidos distribuidores, fornecedores, indústrias e gestores de resíduos no planejamento.

Pereira e Rosa (2011) estudaram qualitativamente a cadeia de LR em resíduos provenientes de hospitais em Minas Gerais, Brasil, o papel e responsabilidades da gestão pública e privada, concluiu que os hospitais devem mudar sua gestão para alcançar os requisitos das exigências legais vigente.

Silva e Neto (2011) estudaram a viabilidade da LR na fabricação de plásticos e borrachas na cidade de Teresina, Piauí, Brasil. Após visita em empresas, verificaram que a aplicação da LR ainda é uma realidade distante deste setor, e que a implantação naquela localidade depende de inovação tecnológica.

Ferri, Chaves e Ribeiro (2015) propuseram uma rede de LR na gestão de resíduos sólidos urbanos, analisando o cenário da cidade de São Mateus, SP, Brasil, envolvendo os requisitos legais de gestão da política de resíduos no Brasil, associações, cooperativas de catadores, critérios legais, ambientais e sociais. Kinobe *et al.* (2015) desenvolveram um estudo no aterro de Kiteezi na cidade de Kampala. Os itens pesquisados foram os materiais plásticos, papéis, alumínio, vidros, aço e papelão. Analisaram o reprocessamento a redistribuição, e os mercados finais destes produtos em rede, em uma perspectiva de abastecimento invertido.

Chaves, Santos e Rocha, (2014), realizaram um estudo de caso envolvendo municípios do estado de Espírito Santo - Brasil. Verificaram que os municípios assinaram termos de compromisso ambiental com agências de supervisão, e se comprometeram, dentro de um cronograma pré-estabelecido, implementar um conjunto de ações para a gestão adequada dos resíduos sólidos.

Fonseca *et al.* (2010) recomendaram um modelo associando custos de transportes e geração de resíduos, visando minimizar os custos para construção e funcionamento da rede e o efeito desagradável das instalações. O modelo é testado através de um estudo de caso da província espanhola de Córdoba. Hameed *et al.* (2013) referem-se que os custos da LR geralmente são elevados e estes precisam se minimizados, logo, centra-se seu estudo para a redução de custos. Barker e Zabinsky (2011) utilizou o modelo *analytical hierarchy process* (AHP) para tomada de decisão em sistemas de LR, uma hierarquia de critérios e subcritérios, incluindo os custos e as relações de negócios, para decisões críticas sobre design de rede. Konstantaras (2010) estudou um sistema de recuperação de produto, em que os produtos eram coletados e armazenados com vista à recuperação, seguindo uma abordagem exata e analítica são obtidos números ideais e os tamanhos de lotes para a produção de novos produtos e para a recuperação dos produtos devolvidos.

Genchev *et al.*, (2010), com base em entrevistas em profundidade com 16 executivos de sete empresas diferentes, relacionaram os recursos, as capacidades e as competências em procedimentos de Logística Reversa. Guarnieri, *et al.* (2014) desenvolveu um quadro metodológico conceptual para ajudar os tomadores de decisão na seleção de serviços terceirizados de logística reversa.

Corrêa e Da Silva (2014) analisaram o processo de LR de pós-consumo, o qual envolve três sistemas inter-relacionados: produção, comercialização e consumo. Foram realizadas coletas de dados através de entrevistas com os consumidores da empresa pesquisada, com funcionários envolvidos no processo, e com os funcionários do concorrente.

Segundo Guarnieri *et al.* 2014, as empresas no Brasil são agora impelidas a incorporar práticas de LR em seus processos de negócios, a atual legislação obriga as empresas a fazerem suas programação envolvendo a logística reversa.

2.4 Logística reversa e o meio ambiente

Segundo Ioana (2014), a LR é o fluxo e gestão de produtos, embalagens, componentes e informações do ponto de consumo até o ponto de origem, com práticas semelhantes a procedimentos da gestão de cadeia, mas na direção oposta. Trata-se de atividades como a reutilização, reparação, remanufatura, renovação, recuperação e reciclagem.

Aquino *et al.* (2013) investigaram a integração das áreas, gestão ambiental e LR no ambiente organizacional, com o objetivo de mitigar os resíduos sólidos gerados no processo industrial. Em trabalho realizado na Philips do Brasil, verificaram os benefícios obtidos pela empresa com a criação e execução de um programa de ciclo sustentável.

Para Eskandarpour, Zegordi, Nikbakhsh (2013), a consciência ambiental e a sustentabilidade nas sociedades têm atraído pesquisas de muitos acadêmicos e profissionais de várias disciplinas, que procuram rever os seus pensamentos e suas filosofias.

García-Rodríguez *et al.* (2013) analisaram os benefícios que a aquisição de matérias-primas por meio da aplicação da LR pode gerar nos países em desenvolvimento. Kim e Lee (2013) propõem um modelo de programação matemática para a nova classe de problemas em projetos de rede de logística reversa.

Fahimnia *et al.* (2013) analisaram as emissões de alterações climáticas e gases de efeito estufa e cobram dos países a programar vários instrumentos, desde impostos, licenças e incentivos voluntários para as políticas regulatórias necessárias. Os autores avaliam direta e inversamente as influências da cadeia de suprimentos sobre o crédito de carbono.

Silva T.L *et al.* (2013) identificaram as características da evidência ambiental sobre resíduos sólidos das companhias listadas pelo BM & Fundação BOVESPA, empresas pertencentes a segmentos potencialmente poluidores. Constataram que os itens evidenciados em nível de excelência são a reciclagem dos resíduos sólidos e a logística reversa, e que as empresas pertencentes a segmentos potencialmente poluidores tendem divulgar voluntariamente as informações ambientais.

Neste sentido, Gonçalves, Tanaka e Amedomar (2013) levantaram informações a respeito da gestão dos resíduos sólidos domiciliares e das iniciativas de LR pelo setor privado, listando os entraves observados no município de São Paulo.

Para Mascarenhas e Silva (2013), utilizando de metodologia qualitativa, pesquisaram indústrias nacionais produtoras de óleos, animais e vegetais. Fundamentaram-se na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), como uma ferramenta que utiliza da LR para retorno aos centros produtivos.

Na abordagem sobre a logística reversa, Silva *et al.* (2013) consideraram um modelo de embalagem retornável, desenvolvido de forma a minimizar a geração de resíduos e aumentar a competitividade da empresa estudada, reduzindo custos e o consumo de recursos, visando a minimização dos impactos ambientais.

Nikolaou, Evangelinos e Allan, (2013) por meio de indicadores de desempenho e questões de sustentabilidade nos sistemas de logística reversa, ampliaram um modelo de quadro de desempenho para medir a desempenho da LR e da responsabilidade social com base na abordagem *Triple Bottom Line* (aspectos econômicos, ambientais e sociais).

Aendu e Nkamnebe (2013) examinaram os procedimentos de acúmulo de resíduos industriais na Nigéria, estes são atribuídos à ineficiência e a programas inadequados de gestão de logística. Os autores geraram informações das operações de LR nas indústrias de alimentos e na indústria de bebidas, e em setores intermediários. Estes dados foram avaliados e analisados com base em hipóteses por meio de análise de variância e Pearson.

Ramos, Gomes, e Barbosa-Póvoa (2014) avaliaram as decisões táticas e operacionais envolvendo o estabelecimento de áreas de serviço para cada depósito e a definição e programação de rotas de coleta de resíduo, visando o roteamento de veículos em um plano de logística reversa. A formulação matemática e uma abordagem de solução são propostas neste trabalho.

Bogh, Mikkelsen, Wohlk, (2014) observaram a LR empregada no retorno de cubos de papel e vidro, transportados para uma instalação de tratamento e processados para reutilização. Mostraram como a terceirização do planejamento e transporte deste serviço pode resultar em conflitos de interesses e soluções insustentáveis.

Brandenburg *et al.* (2014) verificaram que as ferramentas de modelagem aplicadas a LR na maioria das vezes compreendem o processo analítico hierárquico, e as conclusões mostram que inúmeras possibilidades e ideias podem ser adquiridas a partir da expansão dos tipos de ferramentas e alguns fatores considerados nos esforços formais de modelagem.

Rosa *et al.* (2013) abordaram o problema de localização e da capacidade dos depósitos, incluindo a decisão sobre o tipo de depósito a ser instalado, o que minimiza as expectativas relativas ao conjunto de cenários ao longo do planejamento, consideraram a incerteza sobre o fornecimento e sobre o recolhimento de mercadorias.

Govindan, Solemani e Kannan (2015) identificaram lacunas para a construção de uma base útil no processo de logística reversa, a fim de esclarecer e sugerir futuras oportunidades de investigações.

Golebiewski *et al.* (2013), em estudo realizado na Polônia, apresentaram uma abordagem de modelagem que poderia ser usado para estabelecer uma parte importante da LR de rede de reciclagem para os veículos no final de vida.

Conforme Borin, Lindsey-Mullikin e Krishnan (2013), apesar do crescimento contínuo da demanda por produtos verdes, o preço ainda é o indicativo mais importante para a compra do consumidor. Os consumidores acreditam que a compra de produtos ou produtos verdes de empresas verdes podem ser uma maneira de poder ajudar a sociedade a enfrentar problemas ambientais. Lai, Wu e Wong (2013) mostraram que os seus resultados indicam que a adoção de práticas de LR por fabricantes chineses gera ganhos ambientais e financeiros substanciais, mas não benefícios sociais.

Silva *et al.* (2013) estudaram um modelo de embalagem retornável, em que foi desenvolvido uma forma de minimizar a geração de resíduos e aumentar a competitividade da empresa estudada. A prática da LR tem mostrado benefícios que contribuem tecnicamente, economicamente e ambientalmente para a sustentabilidade do negócio. Verificaram que as embalagens retornáveis mostraram custo menor em 18%.

Bonilla *et al.* (2013) consideraram uma ferramenta de avaliação sistêmica, síntese de energia, que foi utilizada para avaliar uma empresa de LR em uma perspectiva ambiental. Os autores propõem contribuições como alternativas para o uso de resíduos, na substituição de uma matéria-prima por outra, para alterar processos industriais e diminuir as emissões de gases de efeito estufa, ou para a otimização de processos.

Mascarenhas e Silva (2013) estudaram três indústrias de óleos vegetais e animais, o resultado negativo encontrado pós-análise, mostraram que não estavam adotando LR como uma atividade sustentável.

Alumur *et al.* (2012) concretizaram extensa análise de cenários para ilustrar os benefícios potenciais do uso de um modelo dinâmico em oposição ao seu homólogo estático, e também buscou obter uma série de conhecimentos gerenciais no processo de logística reversa.

2.5 Logística Reversa e a Remanufatura

Pokharel e Mutha (2009), no trabalho de revisão sobre o assunto, mostraram que a modelagem matemática em pesquisa de LR está voltada principalmente para métodos determinísticos e há trabalhos de pesquisa limitados, considerando a demanda para os produtos remanufaturados.

Segundo Niknejad e Petrovic (2014) estudaram o problema do controle de estoque e da otimização do planejamento da produção em uma rede genérica de Logística Reversa, incluindo reparação e remanufatura em via de eliminação.

Considerando o estudo de Roberto Poles (2013), que afirma que a atividade de remanufatura vê a cadeia de suprimentos reversa de bens recuperados, como parte integrante da cadeia de abastecimento tradicional. O trabalho modelou um sistema de produção e de inventário usando uma abordagem de modelagem de simulação dinâmica do sistema, com objetivo de explorar a dinâmica do processo e de avaliação de estratégias de melhorias do sistema.

Para Golinska *et al.* (2014), existe uma lacuna nas investigações em relação a sustentabilidade e a remanufatura, os princípios do desenvolvimento sustentável nas operações diárias e a avaliação das atividades é um problema a ser resolvido, já que os indicadores de sustentabilidade não são claros.

Segundo Li *et al.* (2014a), existem dois possíveis resultados que afetam o lucro do fabricante em um processo de remanufatura, o preço dos produtos remanufaturados e o subsídio do governo. O subsídio neste caso além de estar relacionado ao lucro é incentivo fundamental na promoção desta prática na indústria.

Em estudos realizados por Wang *et al.* 2014, em concordância com Li *et al.* (2014a), verificaram que se a escolha do canal de remanufatura estiver relacionado somente a questões de bem estar social e proteção ambiental, estes poderão ser ineficiente. Os autores colocam que na China existe baixa aceitação por produtos remanufaturados e baixa consciência ambiental. A partir de modelagens de canais de marketing de produtos remanufaturados de setores da

moda, chegaram a conclusão que independentemente do canal escolhido o subsídio pode incentivar esta atividade.

Li *et al.* (2014) analisaram o impacto do subsídio de carbono na cadeia de suprimentos de remanufatura fechada, analisando o lucro e as quantidades de emissões de carbono, discutiram quando e como o governo poderia implementar um comportamento de minimização nas emissões atmosféricas, implementando estratégias de subsídios em um determinado intervalo de preço de produtos reciclados.

3. Análises

Foram classificados e quantificados os métodos empregados nos artigos publicados, considerando os estudos de casos, teórico/conceitual, pesquisa empírica, experimental, e modelagem, estes resultados são mostrados na figura 01.

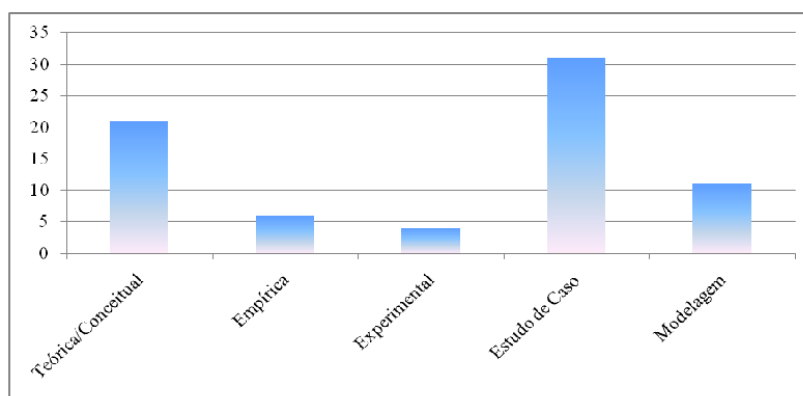


Figura 1. Quantitativos de trabalhos analisados e os métodos de pesquisas utilizados.

Também foi realizada uma subcategorização, considerando o foco do estudo, referente ao assunto em pauta no desenvolvimento dos artigos, bem como o local de realização das pesquisas.

Alguns termos são associados com as palavras as chaves empregadas, sendo a gestão de resíduos, controle da poluição, reciclagem, gestão de operações, estudos, sustentabilidade, bastante expressivos, podendo servir de auxílio para revisões mais abrangentes e novas combinações nas pesquisas.

No cenário mundial o Brasil apresenta-se com vários artigos sobre o assunto e uma preocupação constante em relação a gestão dos resíduos sólidos em vários setores, preocupações com os formatos de embalagens, gestão dos resíduos sólidos urbanos, setores na área da saúde, remanufatura, reciclagem, otimização de rotas, envolvimento com associações e cooperativas, na busca de resposta para os serviços de logística reversa. Os tópicos associados as palavras chaves são apresentadas na figura 2 associados às palavras chaves Resíduos Sólidos e Logística Reversa.

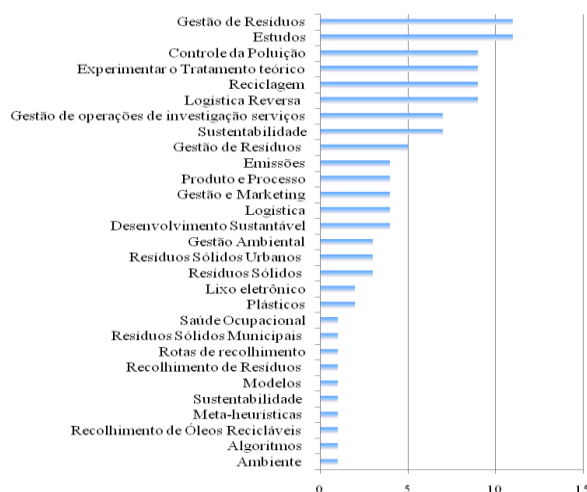


Figura 2 – Tópicos associados às palavras chaves (Resíduos Sólidos e Logística Reversa). Fonte Portal de Periódicos Capes.

A discussão acima mostra que a LR é multifacetada aplicada em diferentes áreas do setor produtivo, e que o crescimento da LR, coloca a mesma como um ramo da cadeia de suprimentos e da logística. Com o objetivo de dar respaldo a este artigo, os periódicos citados foram analisados conforme classificações do portal Qualis da Capes, este resultado é mostrado na figura 3.

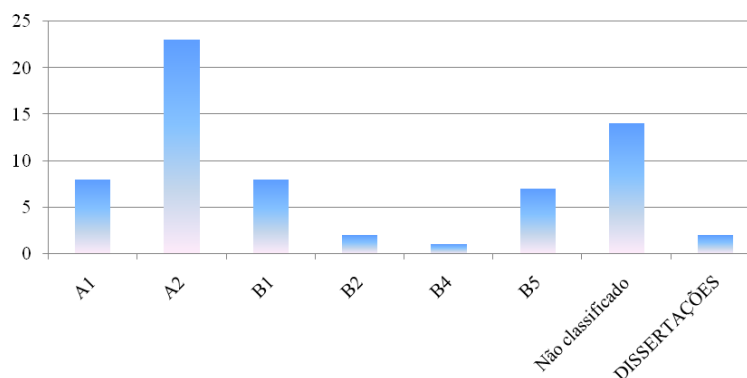


Figura 3. Quantitativos de trabalhos pesquisados e suas respectivas classificações no Qualis².

Nas considerações relativas à classificação dos artigos pelo Qualis Capes, verifica-se que um número significativo de A2, A1, e B1 são contemplados neste levantamento, podendo ser um marco referencial de sustentação nos trabalhos futuros, e de relevância do tema.

Considerações

As pesquisas recentes sobre remanufatura e sustentabilidade enfatizam que o desenvolvimento de produtos pode ser motivado pelos subsídios governamentais, já que existe pouca aceitação do consumidor. Em outra direção a pesquisa demonstra que os consumidores ao adquirir produtos remanufaturados acreditam estar ajudando a limpar o planeta, mas não tem atrativos em relação ao produto, qualidade e preço são os orientadores de consumo.

A revisão também mostra que as pesquisas estão focadas em questões relacionadas a eco eficiência, impactos ambientais, questões sociais, e custos, no processo de implantação de sistemas de logística reversa, abrindo caminhos para investigações com maior destaque nas questões sociais.

² Web Qualis – Sistema Integrado Capes

A partir da obrigatoriedade de inserir o sistema de LR para remanufatura de alguns produtos, determinadas empresas buscam na terceirização uma alternativa para solucionar esse problema. Os estudos de casos podem servir de apoio a tomada de decisão em novos processos de implantação dos serviços de logística reversa.

Conclusões

As principais perspectivas de devem ser cobertas em trabalhos futuros nesta área estão nas oportunidades de investigações no setor de construção de dispositivos para tomadas de decisões, ou abordar como os estudos de casos nesta área podem contribuir para as tomadas de decisões. Temas como indicadores de desempenho, escolhas de rotinas, aperfeiçoamento de rotas de coletas, otimizações em processos de desmontagem/montagens, efeitos das embalagens e designer de produtos e sua influência nos processos de logística reversa, bem como os critérios de escolha de serviços terceirizados no processo de gestão de resíduos sólidos, poderão ser explorados.

Outras oportunidades estão nos estudos nos resíduos sólidos gerados na indústria química, qualificação de sua natureza, quantificação desses materiais, com o objetivo de aperfeiçoar os processos reversos.

Referências

- ACHILLAS, C. H.; VLACHOKOSTAS, C. H.; AIDONIS, D.; MOUSIOPOULOS, N.; IAKOVOU, E.; BANIAS, G. *Optimising reverse logistics network to support policy-making in the case of Electrical and Electronic Equipment*. Waste Management, v.30, p.2592-2600, 2010.
- ACHILLAS, C.; VLACHOKOSTAS, C.; AIDONIS, D.; MOUSIOPOULOS, N.; IAKOVOU, E.; BANIAS, G. *Optimising reverse logistics network to support policy-making in the case of Electrical and Electronic Equipment*. Waste Management, v.30, p.2592-2600, 2010.
- AENDU O.; NKAMNEBE A. D. *Reverse Logistics Management and Environmental Sustainability Drive in Nigeria (Study of Food and Drink Industries)*, International Journal of Business and Management, v.8, 2013.
- ALAMRI, A.A. *Theory and methodology on the global optimal solution to a General Reverse Logistics Inventory Model for deteriorating items and time-varying rates*. Computers & Industrial Engineering, v.60, p.236-247, 2011.
- ALUMUR S. A.; NICKEL S.; SALDANHA-DA-GAMA F.; VERTER V. *Production, Manufacturing and Logistics Multi-period reverse logistics network design*. European Journal of Operational Research, v. 220, p. 67–78, 2012.
- AQUINO, M.B.; DE JESUS, B.T, GOMES, A.A.; DE FARIA, M.A, *The reverse logistics as an environmental tool integrated to environmental management system for an effective management of solid industrial waste*. Progress in Industrial Ecology, v.8, p. 205-220, 2013.
- BARKER, T. J.; ZABINSKY, Z. B. *A Multicriteria decision making model for reverse logistics using analytical hierarchy process*. Omega-International Journal of Management Science, v.39, p.558-573, 2011.
- BING, X.; BLOEMHOF - RUWAARD, J. M.; VORST, J. G. A. J. *Sustainable reverse logistics network design for household plastic waste*. Flexible Services and Manufacturing Journal, v.26, p.119, Junho, 2014.
- BING, X.; DE KEIZER, M.; BLOEMHOF-RUWAARD, J. M.; VAN DER VORST, J. G.A. J.; BING, X. *Vehicle routing for the eco-efficient collection of household plastic waste*. Waste Management, v.34, p.719-729, abril 2014.
- BING, X.; GROOT, J. J.; BLOEMHOF- RUWAARD, J. E. M.; VORST, J. G. A. J VAN DER. *Multimodal network design for sustainable household plastic recycling*. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, v.43, p.452-477, Junho, 2011.
- BOGH, M. B.; MIKKELSEN, H.; WOHLK, S. *Collection of recyclables from cubes - A case study*. Socio-Economic Planning Sciences, v.48, p.127, 2014.
- BONILLA, S. H.; ALMEIDA, C. M. V. B.; GIANNETTI, B. F.; HUISINGH, D. *Key elements, stages and tools for a sustainable world: an introduction to this special volume*. Journal of Cleaner Production, v.46, pp.1-7, 2013.
- BORIN N.; LINDSEY-MULLIKIN, J.; KRISHNAN, R. *An analysis of consumer reactions to green strategies*. Journal of Product & Brand Management, v.22, p.118-128, 2013.
- BRANDENBURG, M.; SEURING, S.; GOVINDAN, K.; SARKIS, J.; BRANDENBURG, M. *Quantitative models for sustainable supply chain management: Developments and directions*, European Journal of Operational Research, v.233, p.299-312, Março 2014.

- CARDOSO, S. R.; BARBOSA-PÓVOA, A. P. F.D.; RELVAS, S. *Design and planning of supply chains with integration of reverse logistics activities under demand uncertainty*. European Journal of Operational Research, v.226, p.436-451, 2013.
- CHAIN, LI J.; DU W.; YANG F.; HUA G. *Evolutionary Game Analysis of Remanufacturing Closed-Loop Supply Chain with Asymmetric Information*. Sustainability, v. 6, p 6312-6324, 2014.
- CHAIN, LI J.; DU W.; YANG F.; HUA G. *The Carbon Subsidy Analysis in Remanufacturing Closed-Loop Supply*. Sustainability, v. 6, p. 3861-3877, 2014.
- CHOI, J.; FTHENAKIS, V. *Crystalline silicon photovoltaic recycling planning: Macro and micro perspectives*. Journal of Cleaner Production, v.66, p.443-449, Marco 2014.
- CHUNG, S. S.; LAU, K. Y.; ZHANG, C. *Generation of and control measures for, e-waste in Hong Kong*. Waste Management, v..31(3), p.544-554, 2011.
- DAT, L. Q.; LINH, D. T. T.; CHOU, S.Y.; YU, V.F. *Optimizing reverse logistic costs for recycling end-of-life electrical and electronic products*. Expert Systems with Applications, v.39, p. 6380–6387, 2012.
- ESKANDARPOUR, M.; ZEGORDI, S. H.; NIKBAKSH, E. *A parallel variable neighborhood search for the multi-objective sustainable post-sales network design problem*. International Journal of Production Economics, v.145, p.117, setembro, 2013.
- FAHIMNIA, B.; SARKIS, J.; DEHGHANIAN, F.; BANIHASHEMI, N.; RAHMAN, S. *The impact of carbon pricing on a closed-loop supply chain: an Australian case study*. Journal of Cleaner Production, v.59, p.210, novembro 2013.
- FERRI L. G.; CHAVES G. L. D.; RIBEIRO G. M. R. *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.
- FIGUEIRÓ, P. S. *A Logística Reversa de pós-consumo vista sob duas perspectivas na cadeia de suprimentos*, dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Administração. Programa de Pós-Graduação em Administração, 2010, arquivo digital.
- FONSECA, M.; GARCÍA-SÁNCHEZ, Á.; ORTEGA-MIER, M.; SALDANHA-DA-GAMA, F. *A stochastic bi-objective location model for strategic reverse logistics*. TOP, v.18(1), pp.158-184, 2010.
- GARCÍA-RODRÍGUEZ, F. J.; CASTILLA-GUTIÉRREZ, C.; BUSTOS-FLORES, C. *Implementation of reverse logistics as a sustainable tool for raw material purchasing in developing countries: The case of Venezuela*. International Journal of Production Economics, v.141, p.582-592, 2013.
- GENCHEV, S. E.; LANDRY, T. D.; DAUGHERTY, P. J.; ROATH, A. S. *Developing reverse logistics programs: a resource based view*. Journal of Transportation Management, Spring, p.7, 2010.
- GIANNETTI, B. F.; BONILLA, S. H.; ALMEIDA, C. M.V.B. *An emergy-based evaluation of a reverse logistics network for steel recycling*. Journal of Cleaner Production, 2012.
- GOLEBIEWSKI, B.; TRAJER, J.; JAROS, M.; WINICZENKO, R. *Modelling of the location of vehicle recycling facilities: A case study in Poland*. Resources, Conservation and Recycling, v.80, p.10-20, 2013.
- GONCALVES, M. A.; TANAKA, A. K.; AMEDOMAR, A. A. *A destinacao final dos residuos solidos urbanos: alternativas para a cidade de Sao Paulo atraves de casos de sucesso*. Future Studies Research Journal: Trends and Strategy, v.5, p.96, janeiro, 2013.
- GOVINDAN, K.; SOLEIMANI, H.; KANNAN, D. *Reverse logistics and closed-loop supply chain: A comprehensive review to explore the future*. European Journal of Operational Research, v.240, p.603-626, 2015.
- GUARNIERI, P.; SOBREIRO, V. A.; NAGANO, M. S.; MARQUES S, ANDRÉ L. *The challenge of selecting and evaluating third-party reverse logistics providers in a multicriteria perspective: a Brazilian case*. Journal of Cleaner Production, p.1-11, 2014.
- HAMEED U.; GUAN Z.; ZAKRIA G.; SHARIF M. *An Optimal Remanufacturing Centre Selection Algorithm for Reverse Logistics Alliance*. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, v.6, p.1757, 2013.
- HORVATH P.; AUTRY C.; WILCOX W. *Liquidity implications of reverse logistics for retailers: a Markov chain approach*. Journal of Retailing, v.81, 191–203, p. 2005.
- IOANA OLARIU. *Conceptual Issues Regarding Reverse Logistics*. Studies and Scientific Researches: Economics Edition, v.1, 2014.
- JANSE, B.; SCHUUR, P.; BRITO, M. *A reverse logistics diagnostic tool: the case of the consumer electronics industry*. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, v.47, p.495-513, 2010.
- JUCHNESKI, N. C. F.; SCHERER, J.; GROCHAU, I. H.; VEIT, H. M. *Disassembly and characterization of liquid crystal screens*. Waste Management & Research, v.31, p.549-558, 2013.
- JULIOTI, P. S. *Proposta de reestruturação do fluxo logístico reverso de embalagens hortifrutícolas*. Dissertação de Mestrado, f 178, Universidade Estadual Paulista "Júlio De Mesquita Filho" Faculdade De Engenharia, Campus De Bauru, 2010.
- KHOR, K. S.; UDIN, Z. M. *Reverse logistics in Malaysia: Investigating the effect of green product design and resource commitment*, Resources, Conservation and Recycling, v.81, p.71-80, 2013.

- KIM, J. S.; LEE, D. H.** *A restricted dynamic model for refuse collection network design in reverse logistics.* Computers & Industrial Engineering, v.66, p.1131, 2013.
- KINOBE, J.R.; GEBRESENBET, G.; NIWAGABA, C.B.; VINNERAS, B.** *Reverse logistics system and recycling potential at a landfill: A case study from Kampala City.* Waste Management, 2015.
- KONSTANTARAS, I.** *Optimal control of production and remanufacturing in a reverse logistics model with backlogging.* Mathematical Problems in Engineering, 2010.
- LAGARINHOS, C. A. F.; TENÓRIO, J. A. S.** *Logística Reversa dos pneus usados no Brasil.* Polímeros, v.23, n.1, p. 49-58, 2013.
- LAI, K. H.; WU, S. J.; WONG, C. W.Y.** *Did reverse logistics practices hit the triple bottom line of Chinese manufacturers?* International Journal of Production Economics, v.146, p.106-117, 2013.
- MASCARENHAS, M. P.; SILVA, W. A. C.** *Triple Bottom Line da Sustentabilidade: Uma Análise em Empresas Nacionais Produtoras de Óleos e Gorduras,* Reunir: Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade, v.3, p.62, 2013.
- MIGUEL P. A. C.** *Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução.* Production, v.17 n.1, 2007.
- MOURÃO R. F.; SEO E. S. M.** *Reverse Logistics of Fluorescent Lamps.* Interfacehs: Journal of Health, Environment and Sustainability, v.7, p.94, 2012.
- MURAKAMI, F.; SULZBACH, A.; PEREIRA, G. M.; BORCHARDT, M.; SELLTITTO, M. A.** *How the Brazilian government can use public policies to induce recycling and still save money?* Journal of Cleaner Production, v.1, p.1-8, 2014.
- NIKNEJAD, A.; PETROVIC, D.; NIKNEJAD, A.** *Optimisation of integrated reverse logistics networks with different product recovery routes.* European Journal of Operational Research, v.238, p.143-154, 2014.
- NIKOLAOU, I. E.; EVANGELINOS, K. I.; ALLAN, S.** *A reverse logistics social responsibility evaluation framework based on the triple bottom line approach,* Journal of Cleaner Production, v.56, p.173-184, 2013.
- OLIVEIRA, C. R.; 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, p.1592-1610, 2012.
- PEREIRA A.L.; PEREIRA S. R.** *The Reverse Logistics Chain of Health Services Waste from Public Hospitals in Minas Gerais: an Analysis through the Concepts of the New Brazilian National Solid Waste.* Act. Desenvolvimento e Meio Ambiente, v.24, p.185, 2011.
- POKHAREL, S.; MUTHA. A.** *Perspectives in reverse logistics: A review.* Resources, Conservation and Recycling, v.53, p.175-182, 2009.
- RAMOS, T. R. P.; GOMES, M. I.; BARBOSA-PÓVOA, A. P.** *Planning a sustainable reverse logistics system: Balancing costs with environmental and social concerns.* Omega-International Journal Of Management Science, v.48, p.60-74, 2014.
- REIS R.; SEO E, S, M.** *Correlação entre a Política Nacional de Resíduos Sólidos e Avaliação Patrimonial.* InterfaceEHS, v.7, n. 3, 2012.
- ROSA, V.; GEBHARD, M.; HARTMANN, E.; WOLLENWEBER, J.** *Robust sustainable bi-directional logistics network design under uncertainty.* International Journal of Production Economics, v.145, p.184, Setembro, 2013.
- SHI X.; LI L.X.; YANG L.; LI Z.; CHOI J.Y.** *Information flow in reverse logistics: an industrial information integration study.* Information Technology and Management, V. 13, p 217-232, 2012.
- SILVA E. A.; MOITA NETO J. M.** *Logística Reversa nas indústrias de plásticos de Teresina-PI: um estudo de viabilidade Reverse logistics in the manufacturing of plastics in Teresina-PI: a feasibility study.* Polímeros, v.21(3), p.246, 2011.
- SILVA, D. A. L.; SANTOS R.; GECE W.; SERRA T.; OSWALDO M.; SEVEGNANI, G.; SEVEGNANI, T. B.** *Comparison of disposable and returnable packaging: a case study of reverse logistics in Brazil.* Journal of Cleaner Production, 2012.
- SILVA, D. A. L.; SANTOS R., GECE W.; SERRA T. O. M.; SEVEGNANI, G.; SEVEGNANI, T. B.** *Comparison of disposable and returnable packaging: a case study of reverse logistics in Brazil.* Journal of Cleaner Production, v.46, p.377, 2013.
- SILVA, F. R.** *Environmental impacts from fluorescent Lamps Reverse Logistics,* Interfacehs: Journal of Health, Environment and Sustainability, v.8, p.42, 2013.
- SILVA, T. L.; VICENTE, E. F. R.; DAHMER P. E.; SILVA DA ROSA, F.** *Environmental disclosure – informações sobre resíduos sólidos divulgadas pelas empresas potencialmente poluidoras listadas na bm&fbovespa.* Revista Ambiente Contábil, v.5, p.229-249, 2013.
- STINDT, D.; SAHAMIE, R.** *Review of research on closed loop supply chain management in the process industry.* Flexible Services and Manufacturing Journal, v.26, p.268-293, 2014.
- SUNDIN, E.; DUNBÄCK, O.** *Reverse logistics challenges in remanufacturing of automotive mechatronic devices.* Journal of Remanufacturing, v.3, p.1-8, 2013.

VEIGA, M. M. *Analysis of efficiency of waste reverse logistics for recycling.* Waste Management & Research, v.31, p.26-34, 2013.

WANG, K.; ZHAO, Y.; CHENG, Y.; CHOI, T. M. W. K. *Cooperation or Competition? Channel Choice for a Remanufacturing Fashion Supply Chain with Government Subsidy.* Sustainability, v.6, p.7292-7310, 2014.

YE L.; YE, C.; CHUANG, Y. F. *Location set covering for waste resource recycling centers in Taiwan.* Resources, Conservation and Recycling, v. 55 p 799-985, 2011.

ZENG, X.; LI, J.; STEVELS, A.; LIU, L. *Perspective of electronic waste management in China based on a legislation comparison between China and the EU,* Journal of Cleaner Production, v.51, p.80-87, 2013.

ZHANG, Y. M.; HE, L.; HUANG, G. H. *An inexact reverse logistics model for municipal solid waste management systems.* Journal of Environmental Management, v.92, p.522-530. 2011.