

**A LOGÍSTICA REVERSA DE PNEUS INSERVÍVEIS: UMA REVISÃO DE  
CONCEITOS E APLICAÇÕES**

Rita de Cassia Oliveira - *rcassia@ufop.edu.br*

Matheus Barbosa Godinho - *matheus.godinho@aluno.ufop.edu.br*

Rodrigo Moreira Lana Silva - *rodrigo.lana@aluno.ufop.edu.br*

## 1. INTRODUÇÃO

A poluição ocasionada pelo descarte inadequado de pneus usados é um grande problema em todo o mundo que necessita de soluções inteligentes. De acordo com Czajczynska *et al.* (2017, *apud* SANTOS; JUNIOR; MACHADO, 2020, p.2) a cada ano, 1,5 bilhões de pneus são produzidos no planeta, o que corresponde a 17 milhões de toneladas de pneus inservíveis que são descartados em locais inadequados todos os anos. A China, os países Europeus, os Estados Unidos, o Japão e a Índia juntos geram a maior quantidade de resíduos de pneus, o que corresponde a quase 88% do total produzido no mundo (KANDASAMY & GOKALP, 2014, *apud* SANTOS; JUNIOR; MACHADO, 2020, p.2).

Dessa forma, é importante destacar o reuso dos pneus como uma maneira de mitigar os impactos ambientais gerados, evitando problemas ambientais, propiciando redução de locais para a proliferação de insetos, assim como menor obstrução em rios e lagos reduzindo a probabilidade de alagamentos. Também há a redução da demanda de petróleo, ao se considerar a substituição de parte do asfalto por borracha moída de pneus (VUCOVIC, 2021).

Nesse contexto, alternativas para a reutilização dos pneus devem ser alcançadas para minimizar os impactos ao meio ambiente, como por exemplo, a sua recauchutagem, o uso como combustível na indústria do cimento, como carga em artefatos de borracha, solados de sapatos e em misturas asfálticas, entre outros.

De acordo com Vucovic (2021, p.11) a recauchutagem é um processo que reduz o número de pneus inservíveis e que gera uma economia de cerca de 80% de energia se comparada ao processo de produção de um pneu novo. O mesmo pode ser observado na indústria cimenteira, com a reutilização do pneu nas coqueiras. A reutilização definitiva de um pneu, tal como na sua incorporação em produtos como a massa asfáltica, deve ser priorizada para que se diminuam os impactos ambientais de forma efetiva.

Assim, o presente artigo tem como objetivo descrever algumas soluções para reutilização dos pneus inservíveis, apresentando maneiras de como descartá-los de modo correto. A justificativa do estudo se faz pela necessidade de promover uma visão mais ecológica e sustentável para este tema, agregando valores ao conceito de logística reversa.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. Logística Reversa**

De acordo com Ramos Filho (2005, p.19), a logística reversa surgiu em um momento de crescentes pressões ambientalistas, no surgimento de novas leis ambientais e uma maior exigência da população por produtos limpos, na medida em que, estes após o término da sua vida útil não causem impactos negativos ao meio ambiente. Nesse contexto, as empresas, cada vez mais, estão buscando novos caminhos para se enquadrar nesse mercado, o que, exige o desenvolvimento de tecnologias voltadas para a visão de todo o ciclo de vida dos produtos e das disposições finais dos mesmos.

Assim, a logística passa a ter uma atuação mais ampla, contemplando, além dos processos rotineiros, o processo de controlar as atividades que acontecem após o recebimento do produto pelo consumidor final, buscando uma maior atenção e efetividade aos fluxos reversos de material (RAMOS FILHO, 2005; LAGARINHOS, 2011).

Rogers e Tibben-Lembker (1998, *apud* RAMOS FILHO, 2005, p.19), descrevem a logística reversa como sendo o processo de movimentação dos produtos desde o seu destino final até seu ponto de origem, ou seja, um fluxo reverso de materiais com o propósito de gerar valor ou de dar uma disposição final adequada ao mesmo ou a seus componentes.

Stock (1998, *apud* RAMOS FILHO, 2005, p.20) descreve que a definição de logística reversa refere-se ao papel da logística na devolução de materiais e produtos, redução de energia e refugo, reciclagem, substituição e reutilização de materiais, tratamento de resíduos, substituição, conserto e remanufatura. Além disso, sob o ponto de vista da engenharia, a logística reversa é um modelo de negócio sistêmico que aplica as melhores práticas da engenharia e administração logística na empresa, de forma a fechar de maneira lucrativa e sustentável o ciclo da cadeia de suprimentos.

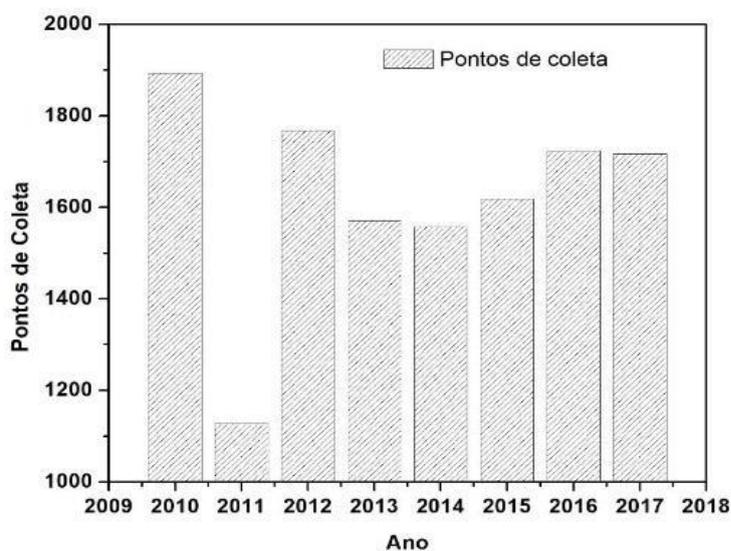
### **2.2. Pneus**

Segundo Vucovic (2021, p.12) São produzidos cerca de 1,5 bilhões de pneus por ano em todo o mundo, sendo as empresas Bridgestone, Michelin e Goodyear as maiores produtoras.

Segundo a Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP), no Brasil foram vendidas aproximadamente 52 milhões de novas unidades em 2020. Ainda segundo a ANIP, em 2017, foram coletados cerca de 90 milhões de unidades para a posterior reciclagem, sendo que foram produzidos 71 milhões de pneus, ou seja, a coleta de pneus inservíveis ultrapassou cerca de 20% o número de unidades novas produzidas.

Esses dados são o reflexo do Gráfico 1 abaixo, na medida que o aumento da reciclagem só pode ser proporcionado pelo aumento das maneiras de reciclagem e de pontos de coletas espalhados pelo país, ou seja, os dois se tratam de dados proporcionais. Isso indica que é necessário ter um aumento dos Pontos de coleta para que ocorra um acréscimo dos pneus reciclados.

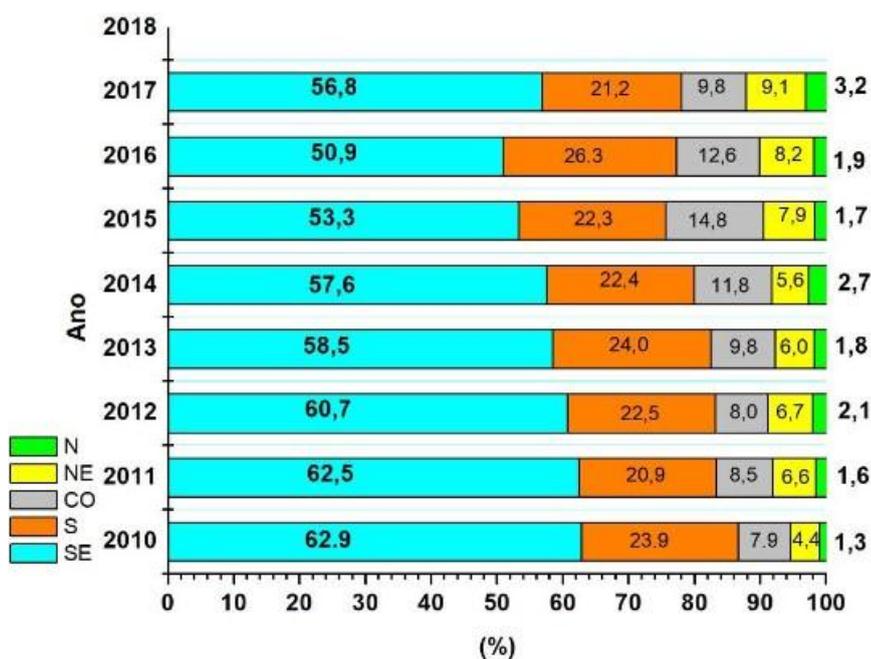
**Figura 1 - Pontos de coletas no Brasil**



Fonte: CTF/IBAMA *apud* SANTOS (2020).

Outro dado interessante é a quantidade de pneus inservíveis destinados por Região no Brasil. De acordo com a Figura 2, observamos que a maioria dos pneus que são descartados de maneira correta se encontram na Região Sudeste do país, embora tenha ocorrido um decréscimo na reciclagem de 2010 à 2017.

**Figura 2** - Quantidade de pneus inservíveis destinados x Região no Brasil.



Fonte: CTF/IBAMA *apud* SANTOS (2020).

Observando as outras regiões do país existe um grande contraste, na medida que na Região Norte as reciclagens de pneus chegam no máximo à 3,2% da produção.

### 3. METODOLOGIA

A pesquisa científica é definida por Gerhardt (2009, p.31) como o “resultado de um inquérito ou exame minucioso, realizado com o objetivo de resolver um problema, recorrendo a procedimentos científicos”. Neste contexto, a pesquisa utiliza-se de diferentes métodos para resolver o problema proposto. Ainda segundo o autor, só se inicia uma pesquisa se existir uma

pergunta, uma dúvida para a qual se quer buscar a resposta. Pesquisar, portanto, é procurar respostas ou soluções para algum problema.

Quanto à natureza da pesquisa pode-se classificá-la como bibliográfica com abordagem qualitativa. Segundo Gil (2007) o objetivo da pesquisa bibliográfica é gerar conhecimentos para aplicação prática, direcionados a solução de problemas intrínsecos, envolvendo verdades e interesses locais. Em relação à abordagem, Gerhardt (2009) afirma que o método qualitativo trata de aspectos da realidade que não podem ser quantificados, concentrando-se na compreensão e explicação da dinâmica das relações sociais.

Nesse sentido, foi realizada uma pesquisa no google acadêmico utilizando-se das seguintes palavras-chave: Logística reversa, logística reversa de pneus, reciclagem de pneus no Brasil, reciclagem de pneus inservíveis no mundo. Assim, através dos artigos selecionados foi realizado um estudo de algumas técnicas de reciclagem e reuso dos pneus e a partir daí feito uma descrição dos métodos de forma explicativa.

#### **4. RECICLAGEM E REUSO DE PNEUS INSERVÍVEIS**

Nesta seção busca-se apresentar alguns modelos de reaproveitamento de pneus inservíveis no ambiente. Por se tratar de um produto não biodegradável (LUND, 1993), espera-se reutilizá-lo num contexto que agregue valor ao ambiente e aos negócios, sob a ótica do conceito de logística reversa.

##### **4.1. Trituração e granulação**

A trituração de pneus é vista como um dos meios para reaproveitamento das camadas do resíduo para outros fins de produção de mantas asfálticas, argamassas, entre outros. Esta trituração pode ocorrer de duas maneiras: à temperatura ambiente ou com resfriamento criogênico. Ambos os processos buscam transformar o material emborrachado do pneu em grânulos ou pó de borracha, além de dividir os demais materiais encontrados no resíduo, como o nylon e o aço.

Na trituração feita à temperatura ambiente o resíduo pode operar a até uma temperatura de 120 °C, e é realizada por um triturador e um granulador. O primeiro realiza a separação dos componentes do pneu, como aço, borracha e nylon; o segundo implica na granulação da borracha. Este método implica num alto custo de manutenção e eletricidade (LAGARINHOS; TENÓRIO, 2008).

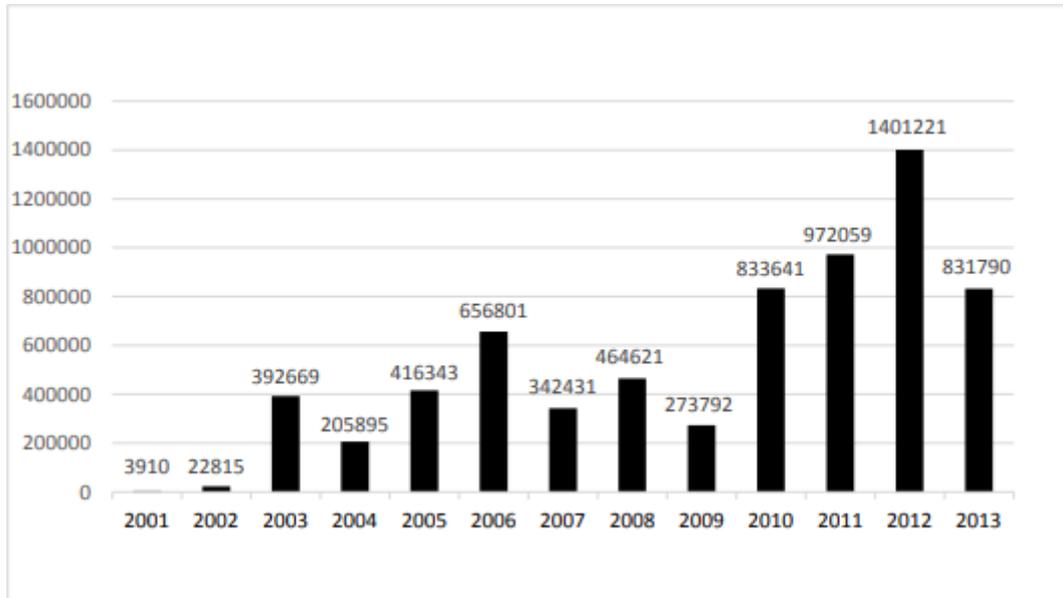
A trituração pelo método de resfriamento criogênico é acometida pelo uso de nitrogênio líquido, podendo alcançar temperaturas inferiores a 120 °C. Após o resfriamento, o resíduo é direcionado a um granulador, onde será submetido à trituração, bem como a separação dos componentes. O método apresenta alto custo operacional por se tratar do consumo de nitrogênio líquido (LAGARINHOS; TENÓRIO, 2008).

#### **4.2. Massa Asfáltica**

A massa asfáltica, utilizada para criação do asfalto de borracha, se apresenta como um meio de realizar um descarte mais adequado ao pneu inservível. Um estudo realizado pela Greca Asfaltos (2019) mostra que para realização de uma pista com 1 quilômetro de distância, 7 metros de largura e 5 centímetros de espessura, gasta-se aproximadamente 1000 pneus. Logo, é perceptível que o uso do pneu para criação e reconstrução de rodovias pelo mundo, poderiam ser um avanço muito grande se levado em consideração a quantidade de pneus que seriam retirados da natureza para reciclagem.

No Brasil, a empresa Greca Asfaltos em conjunto com a Reciclanip, vem pavimentando as estradas com a borracha de pneus desde o ano de 2001 e em 2018, superou sua meta de 10 milhões de pneus inservíveis utilizados para a construção de suas rodovias (GRECA ASFALTOS, 2019). A Reciclanip, empresa criada pela ANIP, é tida como a principal entidade de logística reversa de pneus no país. A Figura 3 apresenta a quantidade de pneus utilizados pela Greca Asfaltos para realizar obras em rodovias entre os anos de 2001 e 2013.

**Figura 3** - Total de pneus utilizados na fabricação de Asfalto de borracha pela Greca Asfaltos de 2001 a 2013.



Fonte: Greca Asfalto: Contabilidade ecológica – Asfalto Borracha, 2013.

### 4.3. Argamassa

A argamassa ou massa cimentícia é um material muito utilizado no ramo de construção civil e é caracterizada pela sua alta rigidez, retração, resistência e suscetibilidade ao aparecimento de fendas (PEDRO *et al.*, 2012). No entanto, para aprimorar a capacidade do composto cimentício, são adicionados materiais que amplificam suas propriedades, como vidro (WANG; HUANG, 2010) ou borracha (FATTUHI; CLARK, 1996).

Como observado por Pedro *et al.* (2012), o uso do grânulo ou pó da borracha de pneu como parte da criação de argamassa, trás maior maleabilidade e menor custo para sua criação, a troco de diminuir sua resistência mecânica. Os autores ainda complementam que, mesmo havendo este confronto, ainda é possível fazer o uso da argamassa com borracha para fins não

estruturais, como revestimento para paredes. Logo, é visível que há a possibilidade de desenvolver técnicas que apliquem a borracha dos pneus para este tipo de insumo, a fim de não só diminuir os custos para construção, mas também contribuir para a preservação do meio ambiente.

#### **4.4. Produção de combustível**

Os pneus podem ser usados como combustível para a produção de energia elétrica e também como carga nos fornos clínquer da indústria cimenteira. No caso da produção de energia elétrica, o pneu é queimado, produzindo calor que é usado para transformar água líquida em vapor, que irá acionar uma turbina geradora, eliminando o pneu inservível e promovendo a produção de energia elétrica.

Na indústria cimenteira, o pneu é previamente triturado e estocado em silos é levado por roscas transportadoras para alimentar o maçarico do forno – incorporado ao carvão ou óleo combustível, em elevada temperatura de queima e tempo de residência dos gases dentro do forno - ou a caixa de fumaça, onde há duas comportas contra - peso impedindo a entrada de ar externo ao processo e a saída de gases quentes, possibilitando grande flexibilidade ao tamanho de partícula e à consistência do resíduo.

#### **4.5. Recauchutagem**

A recauchutagem, também conhecida como reforma, segundo Rezende (2004), consiste em reformar um pneu usado, repondo e vulcanizando a camada superior de borracha da banda de rolamento. Para tal, é necessário que o esqueleto do pneu esteja indelével. Ainda segundo Resende (2004) nos pneus de passeio a frugalidade não é propícia, pois chega a custar cerca de 60% do valor de um pneu novo. Já a remoldagem,

Um pneu recauchutado ou recapado pode prolongar vida útil de um pneu em até 40% e economizar 80% dos recursos utilizados para fabricação de um pneu novo, além de diminuir custos com energia e matéria-prima que seriam utilizados para confecção de pneus novos (RECICLOTECA, 2009). Segundo Sugimoto (2004), a recauchutagem é praticada por cerca de 70% dos veículos de transportes de cargas e passageiros no Brasil.

Existem outros procedimentos parecidos com a recauchutagem, denominados de remoldagem e recapagem. Eles passam pelo mesmo procedimento de reforma da recauchutagem, apresentando diferenças apenas no método de aproveitamento da banda de rodagem.

## **5. CONCLUSÃO**

A partir dos conceitos apresentados, foi possível compreender a importância da logística reversa e da reciclagem para o descarte correto de pneus, e assim contemplar o objetivo proposto pelo artigo. No que tange aos meios de descarte, percebe-se uma dificuldade para inserção de alguns dos mesmos devido a características como custo de aplicação, a exemplo, da trituração e granulação por meio do método de resfriamento criogênico, por se tratar da utilização de nitrogênio líquido.

No que se refere à contribuição científica, o presente artigo buscou consolidar ainda mais a vasta literatura existente, direcionada ao contexto de logística reversa e reciclagem de pneus inservíveis no meio ambiente. Em relação à contribuição social, tem-se a proposta de elucidar o tema na mente dos leitores, a fim de tornar o conceito trabalhado neste artigo, cada vez mais importante na sociedade.

## REFERÊNCIAS

- FATTUHI, N.; CLARK, L.; **Cement-based materials containing shredded scrap truck tire rubber**, *Construction and Building Materials* **10** (4), 478–496, 1996.
- LAGARINHOS, C. A. F. **Reciclagem de pneus: análise do impacto da legislação ambiental através da logística reversa**. 2011. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- LAGARINHOS, C. A. F.; TENÓRIO, J. A. S. Tecnologias utilizadas para a reutilização, reciclagem e valorização energética de pneus no Brasil. *Polímeros*, v. 18, p. 106-118, 2008. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/po/a/dWYSXrRkZRbPjmSx9kRWgbm/abstract/?format=html&lang=pt>>. Acesso em: 01 agos. 2021.
- LUND, H. F. **Hill Recycling Handbook**, New York: McGraw – Hill, Cap 18, The McGraw, 1993.
- PEDRO, D. A. *et al.* Desempenho de argamassas com materiais finos provenientes da trituração de pneus. In **Congresso Português de Argamassas e Etics (Vol. 4)**, 2012.
- RAMOS FILHO, L. S. N. *et al.* **A logística reversa de pneus inservíveis: o problema da localização dos pontos de coleta**. 2005.
- RECICLOTECA. Centro de informações sobre reciclagem e meio ambiente. **Borracha e o pneu**. Disponível em: <<http://www.recicloteca.org.br/Default.asp>>. Acesso em: 05 ago 2021.
- RESENDE, E. **Canal de Distribuição Reverso na Reciclagem de Pneus: Estudo de Caso**. Rio de Janeiro: PUC, 2004. Disponível em: <[http://www2.dbd.pucRio.br/pergamum/teseaberta/0212208\\_04\\_postextual.pdf](http://www2.dbd.pucRio.br/pergamum/teseaberta/0212208_04_postextual.pdf)>. Acesso em: 05 ago 2021.
- SANTOS, W. G.; JUNIOR, S. D.; MACHADO, N. T. A reciclagem de pneus inservíveis no Brasil nos anos de 2009 a 2017. *Educamazônia-Educação, Sociedade e Meio Ambiente*, v. 25, n. 2, jul-dez, p. 572-584, 2020.
- VUCOVIC, N. F. **Avaliação de alternativas para descarte e reuso de pneus: Incorporação na massa asfáltica para produção de asfalto borracha**. 2021.
- WANG, H.; HUANG, W.; **Durability of self-consolidating concrete using waste LCD glass**, *Construction and Building Materials* **24**(6), 1008-1013, 2010. Disponível em: <[https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061809004036?\\_alid=1824549269&\\_ct=8587&\\_docanchor=&\\_fmt=high&\\_origin=search&\\_rdoc=6&\\_zone=rslt\\_list\\_item&md5=aa112fe97231b7fa4ea9ac85840c729d](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061809004036?_alid=1824549269&_ct=8587&_docanchor=&_fmt=high&_origin=search&_rdoc=6&_zone=rslt_list_item&md5=aa112fe97231b7fa4ea9ac85840c729d)> Acesso em: 03 ago. 2021.