



Impactos Econômicos e Ambientais da Reforma de Pneus no Brasil

Anderson Medeiros de Oliveira, Anderson.Oliveira@edu.pucrs.br

Orientador. Isaac Newton Lima da Silva

Coorientador. Sérgio Boscato Garcia

***Resumo.** A reforma de pneus é uma prática importante para a economia circular e a sustentabilidade ambiental no Brasil. Este trabalho analisa os impactos econômicos e ambientais da reforma de pneus, focando na redução de custos operacionais e mitigação de resíduos sólidos. Por meio de uma revisão narrativa e estudos de caso, constatou-se que a reforma de pneus promove a economia circular ao reaproveitar materiais e reduzir a dependência de petróleo. Empresas que adotam pneus reformados auxiliam na redução de pegadas de carbono e contribuem na reciclagem deste item. Apesar disso, o setor enfrenta desafios, como a percepção negativa em relação à segurança dos pneus reformados, embora evidências indiquem que, quando bem mantidos, eles oferecem desempenho semelhante aos pneus novos. A legislação brasileira, como a Resolução CONAMA 416/2009, desempenha um papel crucial ao regular a reforma e o descarte de pneus, promovendo um ciclo sustentável. A conclusão do estudo viável e ambientalmente responsável, segundo o IBMA, entre 2011 e 2022, 4,7 toneladas foram recicladas, auxiliando também no fomento do setor de reciclagem e conscientização de preservação, economia circular no Brasil.*

***Palavras-chave:** Reforma de pneus; Sustentabilidade; Economia circular; Impactos econômicos; Impactos ambientais;*

1. INTRODUÇÃO

A reforma de pneus é uma prática consolidada em muitos países, inclusive no Brasil, onde desempenha um papel fundamental na economia e no combate aos impactos ambientais. No contexto atual de crescentes preocupações com o desenvolvimento sustentável e a economia circular, o processo de reforma de pneus oferece uma solução eficiente para a reutilização de recursos, prolongando a vida útil dos pneus e minimizando o consumo de matérias-primas, como o petróleo. Além disso, a prática contribui significativamente para a redução do volume de resíduos descartados inadequadamente, uma vez que o descarte de pneus inservíveis em aterros sanitários representa uma ameaça ao meio ambiente.

Do ponto de vista econômico, a reforma de pneus proporciona uma alternativa mais acessível às empresas, especialmente àquelas com frotas comerciais, ao reduzir os custos operacionais sem comprometer a segurança e o desempenho dos veículos. Estudos, como os de Simonini *et al.* (2017), indicam que pneus recapados proporcionam desempenho semelhante aos pneus novos, mas com uma economia significativa no custo por quilômetro rodado, reduzindo os custos do setor de transporte em até 57%. No entanto, apesar dessas vantagens, há desafios relacionados à percepção pública de que os pneus reformados são menos confiáveis. Essa percepção, muitas vezes é baseada em desconhecimento sobre o processo de reforma e os padrões técnicos que garantem a segurança dos produtos reformados. Pneus reformados, quando mantidos adequadamente e produzidos conforme as normas estabelecidas, apresentam desempenho muito semelhante aos pneus novos. Assim, a conscientização do público e o reforço dos padrões técnicos são essenciais para superar esse estigma.

A legislação brasileira desempenha um papel crucial na regulamentação do ciclo de vida dos pneus. A Resolução CONAMA 416/2009, por exemplo, estabelece diretrizes para o descarte e reaproveitamento de pneus, promovendo um ciclo sustentável. Normas técnicas garantem que o processo de reforma seja conduzido de acordo com padrões de qualidade, assegurando que os pneus reformados tenham um desempenho seguro e sustentável. O ciclo de vida de um pneu, incluindo o processo de reforma e reciclagem, desde a produção até o descarte ou reaproveitamento, reforçando a importância da reforma de pneus no contexto da economia circular.

Além dos benefícios mencionados, é importante destacar o papel da logística reversa no setor de pneus, que tem ganhado cada vez mais relevância no Brasil e em outros países. A logística reversa consiste no retorno dos pneus inservíveis ao ciclo produtivo, evitando o descarte inadequado e permitindo o reaproveitamento de seus componentes, como borracha e aço, em novos processos industriais. Esse processo é essencial para reduzir o impacto ambiental causado pelo descarte inadequado, já que um pneu pode levar até 600 anos para se decompor na natureza (Duarte, 2021). Ao implementar a logística reversa, as empresas também economizam energia e evitam a emissão de gases poluentes durante a produção de novos pneus, reforçando o compromisso com a economia circular. Esse ciclo de reutilização não apenas prolonga a vida útil dos pneus, mas também garante que os recursos naturais sejam utilizados de forma mais eficiente e sustentável, alinhando-se às exigências da Resolução CONAMA 416/2009 e outras normas brasileiras.

Por meio de uma revisão narrativa e de estudos de caso, busca-se evidenciar como a reforma de pneus contribui para o reaproveitamento de materiais, reduz a dependência do petróleo e favorece a diminuição de custos, especialmente no setor de transporte de cargas. Adicionalmente, o estudo abordará os desafios enfrentados pela indústria, como a percepção negativa relativa à segurança dos pneus reformados, além do papel da legislação brasileira na regulamentação da reforma e do descarte de pneus. A conclusão deste trabalho pretende demonstrar a viabilidade econômica e ambiental da reforma de pneus como uma alternativa sustentável e circular para o setor de transporte no Brasil.

2. A EVOLUÇÃO DOS PNEUS E A REFORMA COMO SOLUÇÃO SUSTENTÁVEL

A evolução dos pneus ao longo dos séculos é marcada por uma série de inovações tecnológicas que revolucionaram a indústria automotiva e trouxeram consigo novos desafios ambientais. Os pneus são componentes essenciais para qualquer veículo, sendo responsáveis pela tração, suporte de peso e absorção de impactos, garantindo uma condução segura. Desde a criação do primeiro pneu de borracha em 1845 até o desenvolvimento dos pneus radiais no século XX, os pneus passaram por constantes melhorias para atender às crescentes demandas por mobilidade e segurança. A Figura 1 ilustra esses marcos importantes, destacando as principais inovações na evolução dos pneus ao longo do tempo. Contudo, à medida que a produção de pneus aumentava globalmente, também crescia a preocupação com o descarte inadequado de pneus inservíveis. A reforma de pneus surgiu como uma resposta a esse desafio, oferecendo uma solução tanto econômica quanto ambiental para a reutilização de carcaças desgastadas.

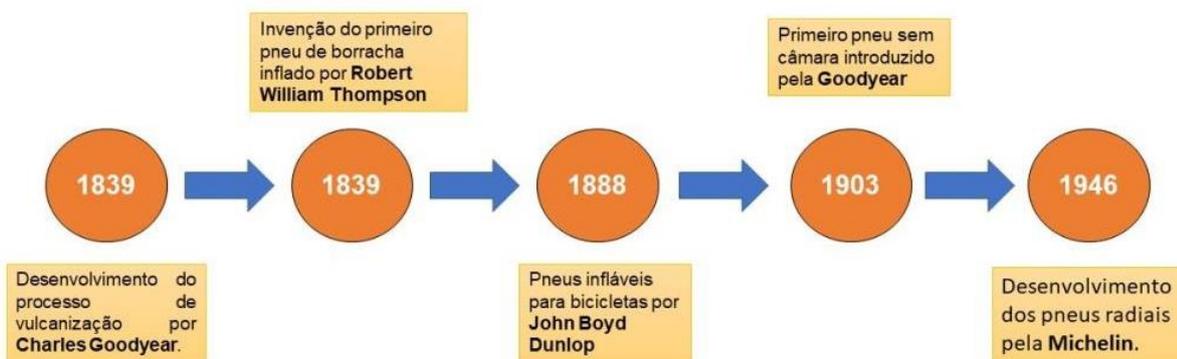


Figura 1 – Linha do tempo da evolução dos pneus, desde o primeiro pneu de borracha em 1845 até o desenvolvimento dos pneus radiais em 1946 (Fonte: Autor)

O primeiro marco na trajetória dos pneus foi dado por Robert William Thompson, que desenvolveu o conceito de um pneu de borracha inflado com ar. Embora sua invenção não tenha sido amplamente adotada em sua época, devido ao predomínio das ferrovias, ela serviu como base para avanços posteriores. Em 1839, o inventor americano Charles Goodyear desenvolveu o processo de vulcanização, que consiste no aquecimento da borracha com enxofre para criar ligações cruzadas entre suas moléculas, tornando-a mais resistente e durável. Essa técnica revolucionou o uso da borracha, permitindo que ela mantivesse sua elasticidade e resistência mesmo sob condições adversas, como calor e pressão elevados. Esse avanço foi fundamental para a popularização dos pneus no final do século XIX e início do século XX, impulsionado pela crescente demanda da nascente indústria automotiva. No final do século XIX, John Boyd Dunlop introduziu uma nova revolução com o desenvolvimento de pneus infláveis para bicicletas, e essa tecnologia logo se expandiu para automóveis (Silva e Castro, 2016). A transição dos pneus de borracha sólida para os infláveis proporcionou maior conforto e aderência, características essenciais para garantir a segurança dos veículos. Com o surgimento da indústria automobilística no início do século XX, a importância dos pneus como componente crítico para a mobilidade foi consolidada.

A indústria de pneus continuou a evoluir, com a Goodyear Tire e Rubber Company desempenhando um papel central nesse avanço. Em 1903, a empresa introduziu o primeiro pneu sem câmara, uma inovação importante, ainda que sua adoção em larga escala tenha ocorrido posteriormente (Mundo das Marcas, 2006). No entanto, o grande salto ocorreu com a Michelin, que em 1946 desenvolveu os pneus radiais. Esses pneus, com sua estrutura inovadora, proporcionavam maior resistência ao desgaste e melhor eficiência no consumo de combustível, o que os tornou rapidamente populares no setor de transporte de carga, onde a durabilidade dos

pneus é crucial. A tecnologia dos pneus tem evoluído constantemente, proporcionando maior segurança, durabilidade e eficiência. A introdução de componentes como negro de fumo e borracha sintética, além do processo de vulcanização, foram cruciais para a melhoria das propriedades mecânicas e químicas dos pneus. Como observado por Silva e Castro (2017), o negro de fumo, adicionado à borracha, aumenta a resistência à abrasão, permitindo uma vida útil prolongada do pneu, fator essencial para que os pneus reformados tenham características similares aos novos.

Com o crescimento da produção de pneus, surgiram também novos problemas ambientais. O descarte inadequado de pneus tornou-se uma preocupação global, pois pneus demoram centenas de anos para se decompor e ocupam grandes áreas em aterros sanitários. Além disso, os pneus descartados inadequadamente podem se tornar focos de incêndio e locais propícios para a proliferação de mosquitos transmissores de doenças (Lindemuth, 2006). Diante desse cenário, a prática da reforma de pneus surgiu como uma solução sustentável para mitigar esses impactos negativos, permitindo o reaproveitamento de carcaças de pneus e reduzindo a necessidade de fabricação de novos pneus.

A reforma de pneus é uma prática que não apenas prolonga a vida útil dos pneus, mas também oferece uma solução econômica para empresas e contribui para a redução de impactos ambientais. No Brasil, a prática é amplamente adotada por empresas de transporte rodoviário e operadores logísticos, uma vez que o custo de reformar um pneu é significativamente menor do que o de adquirir um pneu novo. Além disso, a reforma de pneus permite que as carcaças sejam reformadas diversas vezes, prolongando ainda mais sua vida útil antes do descarte final. Em termos econômicos, a reforma de pneus representa uma estratégia eficaz para a redução de custos operacionais, especialmente em frotas de veículos comerciais que exigem a substituição constante de pneus. Empresas que adotam a reforma de pneus podem reduzir significativamente os custos por quilômetro rodado, sem comprometer o desempenho ou a segurança de seus veículos (Simonini *et al.*, 2019). Além disso, ao reutilizar carcaças, a prática contribui para a economia de matérias-primas, especialmente do petróleo, que é amplamente utilizado na fabricação de pneus novos.

A fabricação de pneus novos é um processo complexo que envolve desde a mistura de borracha natural e sintética até a adição de compostos como negro de fumo, sílica e óxido de zinco, que aprimoram a resistência, a aderência e a durabilidade do pneu. Após essa mistura inicial, o material é extrudado em camadas que formam a estrutura do pneu, com a carcaça reforçada por cintas de aço, especialmente em pneus radiais, que garantem maior estabilidade. Um dos pontos críticos do processo é a vulcanização, onde o pneu é submetido a altas temperaturas e pressão para que ocorra a ligação cruzada das moléculas de borracha, conferindo ao produto final elasticidade e resistência ao desgaste.

A Figura 2 ilustra detalhadamente cada uma das etapas do processo de fabricação de pneus, desde a mistura dos compostos de borracha até a vulcanização e a inspeção final do produto (Silva e Castro, 2017).

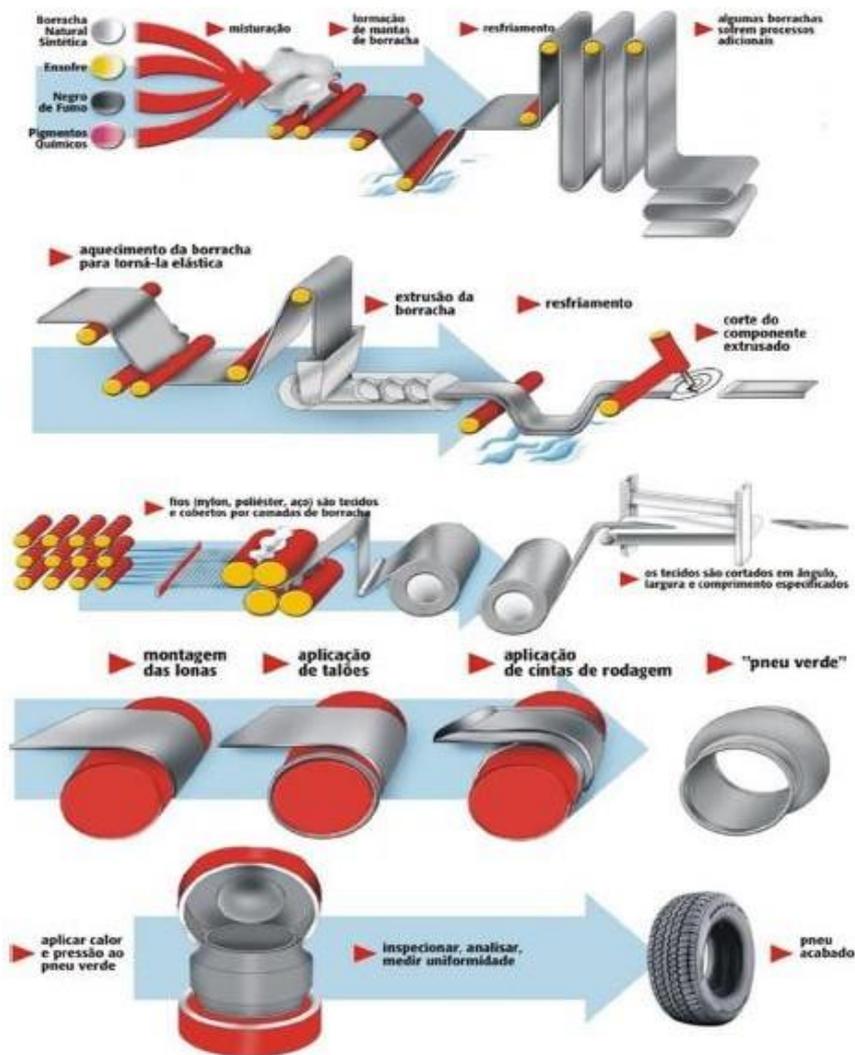


Figura 2: Fluxograma do processo de fabricação de pneus novos, as etapas principais, desde a mistura de compostos até a vulcanização e finalização do produto Fonte: Silva e Castro (2017)

A produção de pneus novos é substancialmente mais intensiva em termos de recursos e energia, o que eleva tanto os custos quanto o impacto ambiental (Silva e Castro, 2017). Em contraste, a reforma de pneus, que será abordada no próximo capítulo, reutiliza carcaças e minimiza o uso de matérias-primas, contribuindo para a redução de custos e dos impactos ambientais. A adoção de pneus reformados pode gerar uma economia significativa para empresas de transporte de passageiros, como demonstrado no estudo de caso da Expresso Grandes Rumos S/A, que obteve uma economia anual de mais de 3 milhões de reais. Essa redução nos custos operacionais deve-se à menor necessidade de substituição de pneus novos e ao aumento da durabilidade das carcaças dos pneus, permitindo uma economia sustentável e eficiente para o setor (Nunes 2018).

Além dos benefícios econômicos, a reforma de pneus está alinhada aos princípios da economia circular, ao promover o reaproveitamento de materiais e reduzir o consumo de recursos naturais. A produção de pneus novos requer uma quantidade substancial de petróleo e energia, enquanto a reforma utiliza apenas uma fração desses recursos, o que contribui diretamente para a redução de emissões de gases de efeito estufa (Blesz Junior, 2019). Ao reduzir o número de pneus descartados, a reforma também alivia a pressão sobre os aterros sanitários e evita problemas ambientais relacionados ao descarte inadequado.

Estima-se que a reforma de um pneu economize cerca de 63 litros de petróleo por unidade, em comparação à produção de um pneu novo, o que reduz a demanda por matérias-primas e diminui a quantidade de resíduos gerados. Os pneus reformados podem prolongar a vida útil das carcaças em até três vezes (Nunes 2018). Além disso, a recapagem não só prolonga a vida útil dos pneus, como também ajuda a reduzir o consumo de petróleo na fabricação de novos pneus (Simonini 2012).

Segundo Filho (2005) a Figura 3 exemplifica o ciclo de vida de um pneu, sobre uma ótica de economia circular.

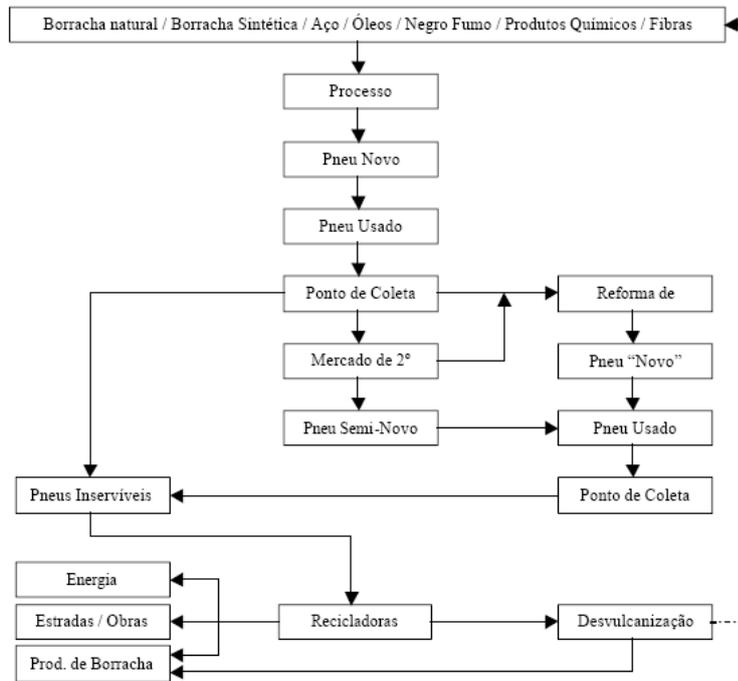


Figura 3 - Ciclo de Vida do Pneu (Fonte: Filho, 2005)

3. NORMAS TÉCNICAS, TÉCNICAS DE REFORMA DE PNEUS E REGULAÇÕES NO BRASIL

A prática da reforma de pneus no Brasil é regulamentada por um conjunto de normas técnicas que visa garantir a segurança e a qualidade dos pneus reformados. Entre as regulamentações mais importantes estão a Portaria INMETRO nº 433/2021, que define os requisitos técnicos para a reforma de pneus, e a Resolução CONAMA nº 416/2009, que estabelece diretrizes para a destinação ambientalmente adequada dos pneus inservíveis. A logística reversa de pneus é uma ferramenta fundamental para garantir o retorno de resíduos ao ciclo produtivo, permitindo o reaproveitamento de materiais e minimizando o impacto ambiental (Nunes *et al.*, 2018). Empresas como a Valorpneu, especializada na gestão de pneus inservíveis, desempenham um papel crucial na implementação da logística reversa, promovendo o recolhimento, processamento e destinação adequada de pneus, conforme as exigências da Resolução CONAMA nº 416/2009. Essa prática não só contribui para a preservação ambiental, mas também fortalece a economia circular ao garantir que os materiais sejam reaproveitados de forma eficiente (Moreira, 2021).

O descarte inadequado de pneus pode gerar sérios problemas ambientais, como focos de incêndio e a proliferação de mosquitos transmissores de doenças. A Resolução CONAMA nº 416/2009 estabelece diretrizes para que fabricantes e importadores de pneus garantam uma destinação ambientalmente adequada desses resíduos, promovendo a sustentabilidade por meio

da logística reversa (Moreira, 2021). O processo de recapagem de pneus envolve várias etapas e contribui tanto para a eficiência econômica quanto para a sustentabilidade ambiental. Segundo Marini *et al.* (2012), a recapagem pode prolongar a vida útil de um pneu por até três ciclos, utilizando significativamente menos matéria-prima do que a fabricação de um pneu novo.

Existem diferentes técnicas de reforma de pneus amplamente utilizadas tanto no Brasil quanto internacionalmente, cada uma com características específicas que as tornam adequadas para diferentes tipos de veículos e condições de uso. A técnica mais comum é a recapagem, amplamente utilizada em veículos pesados, como caminhões e ônibus, devido à sua eficácia em prolongar a vida útil dos pneus. O processo de recapagem consiste na remoção da banda de rodagem desgastada e na aplicação de uma nova camada de borracha sobre a carcaça do pneu, sendo realizado de duas maneiras: a quente ou a frio. Na recapagem a quente, a nova camada de borracha é aplicada diretamente sobre a carcaça e passa por um processo de vulcanização em alta temperatura, o que garante maior durabilidade. Essa técnica é amplamente empregada em frotas de transporte de cargas, onde a durabilidade é um fator crítico para operações eficientes (Pereira e Souza, 2023). Por outro lado, na recapagem a frio, uma banda de rodagem pré-vulcanizada é aplicada sobre a carcaça e submetida a um processo de cura em autoclave, em temperaturas mais baixas. Esse método é considerado mais rápido e eficiente em termos de custo, sendo frequentemente adotado por empresas que necessitam de uma rápida rotação de pneus, como no transporte urbano (Silva, 2024).

Além da recapagem, há a recauchutagem, um processo mais abrangente que, além de substituir a banda de rodagem, também renova os ombros laterais do pneu. Essa técnica é utilizada principalmente em veículos que operam em condições extremas, como no setor de mineração e transporte de cargas pesadas. A recauchutagem pode ser realizada tanto a quente quanto a frio, dependendo das condições de uso do pneu e das demandas do setor (Santos e Almeida, 2022). Por fim, a remoldagem é considerada a técnica mais completa de reforma de pneus, pois envolve a remoção de toda a superfície externa do pneu, incluindo a banda de rodagem e os flancos laterais. O processo começa com a inspeção da carcaça; se aprovada, a carcaça recebe um novo revestimento por meio de vulcanização, resultando em um pneu que, em muitos aspectos, se assemelha a um pneu novo. Essa técnica é amplamente utilizada em veículos de passeio e frotas de transporte leve, onde a estética e a segurança são fatores essenciais (Silva, 2024).

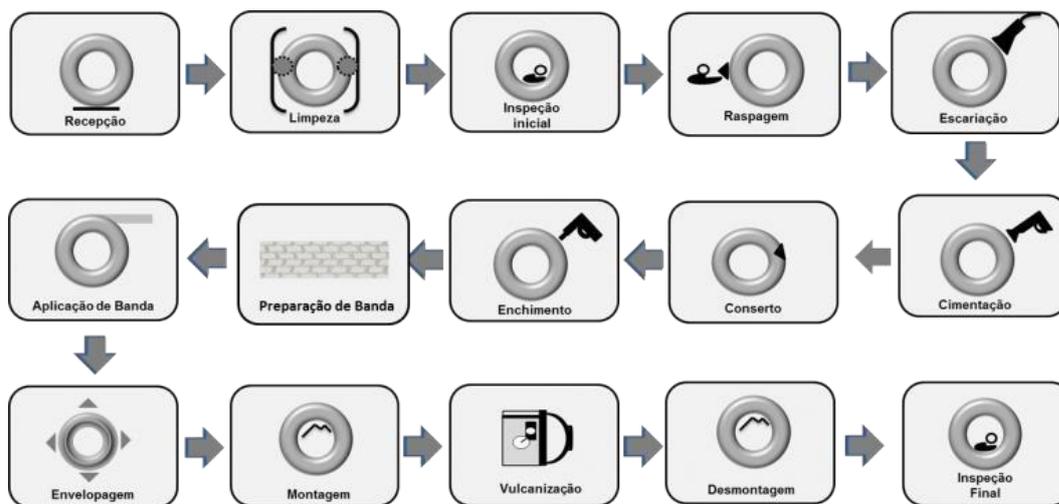


Figura 4: Diagrama do processo geral de reforma de pneus, incluindo inspeção, raspagem, aplicação de banda e vulcanização. Fonte: Recafor

A Portaria INMETRO nº 433/2021 define os requisitos técnicos para a reforma de pneus no Brasil, impondo que os pneus reformados sejam submetidos a processos rigorosos de inspeção e testes de qualidade. Conforme estabelecido nas normas NBR 6089, NBR 6330 e NBR 6666, esses testes garantem que os pneus reformados ofereçam segurança e desempenho compatíveis com os pneus novos. Além disso, a Portaria INMETRO nº 227/2006 estabelece diretrizes adicionais para a reforma de pneus de automóveis, camionetas e caminhonetes, incluindo a necessidade de certificação por Organismos de Certificação de Produtos (OCPs) acreditados. Esses OCPs são responsáveis por assegurar que os pneus reformados atendam aos padrões mínimos de segurança, abrangendo testes como resistência à pressão, profundidade da banda de rodagem e limites de velocidade. O processo de certificação de conformidade é obrigatório, garantindo que os pneus reformados comercializados no Brasil ofereçam segurança e desempenho equivalentes aos pneus novos, ao mesmo tempo que contribuem para a redução de custos e impactos ambientais (INMETRO, 2006).

Todos os pneus reformados devem passar por uma inspeção visual e testes de resistência à pressão, conforme as normas brasileiras mencionadas. Além disso, os pneus reformados precisam ser identificados com marcações claras que indiquem o tipo de reforma realizada, a data e o nome do reformador responsável, garantindo a rastreabilidade do produto. Essa rastreabilidade é essencial para garantir a qualidade e segurança ao longo da vida útil do pneu reformado, permitindo que o consumidor saiba exatamente as condições e a procedência do produto que está utilizando.

A destinação adequada de pneus inservíveis no Brasil é regulamentada pela Resolução CONAMA nº 416/2009, que impõe aos fabricantes e importadores a responsabilidade de coletar e destinar esses pneus de forma ambientalmente correta. Os fabricantes e importadores são obrigados a coletar e destinar os pneus inservíveis de forma proporcional à quantidade de pneus novos colocados no mercado de reposição, garantindo que a destinação ambientalmente adequada seja realizada de maneira eficiente e sustentável. Entre as opções de destinação incluem-se a reutilização, reciclagem e recuperação energética, além de outros processos que evitem danos ao meio ambiente e à saúde pública. Essas medidas são parte de uma política nacional de logística reversa, que visa mitigar os impactos ambientais associados ao descarte inadequado de pneus, promovendo uma economia circular no setor automotivo e garantindo a sustentabilidade a longo prazo.

Estudos realizados por departamentos de transporte, como o da Washington State Department of Transportation (2009), apontam que a maioria dos acidentes envolvendo detritos de pneus nas rodovias está diretamente relacionada à falha de manutenção, como a insuficiência de pressão nos pneus, e não à reforma em si. Quando submetidos à manutenção adequada, os pneus reformados podem apresentar um desempenho comparável ao dos novos, mesmo em condições adversas, como altas velocidades e estradas molhadas (Lindquist e Wendt, 2009). Esses dados ressaltam a importância crucial da conscientização sobre a manutenção preventiva, tanto para pneus novos quanto reformados, demonstrando que a correta manutenção dos pneus é um fator determinante para garantir a segurança e a durabilidade dos veículos, independentemente de serem pneus novos ou reformados.

4. METODOLOGIA

Este estudo adota uma abordagem quantitativa e qualitativa, combinando análises financeiras e ambientais sobre o uso de pneus reformados. Foram utilizadas fontes secundárias extraídas de publicações técnico-científicas, estudos de caso e relatórios técnicos que abordam os impactos econômicos e ambientais da reforma de pneus. Publicações principais foram selecionadas para a análise de dados: Marini *et al.* (2012), que discute a cadeia produtiva da recapagem de pneus e seus impactos econômicos e ambientais; Simonini *et al.* (2021), que apresenta um estudo comparativo sobre os custos e benefícios econômicos da utilização de pneus recapados; e Moreira (2021) e Duarte (2021) que analisa a logística reversa de pneus inservíveis e sua relevância ambiental no reaproveitamento de resíduos.

A análise dos dados foi realizada de forma dedutiva, com o objetivo de transformar em conclusões aplicáveis ao contexto brasileiro. A pesquisa se concentra nos benefícios econômicos e na redução de impactos ambientais decorrentes da utilização de pneus reformados, em comparação ao uso de pneus novos. As informações coletadas permitem uma visão comparativa entre as práticas de reforma de pneus e o descarte inadequado, com ênfase na sustentabilidade e eficiência ambiental e financeira.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos dados financeiros e operacionais fornecidos por Simonini *et al.* (2021) aponta uma clara vantagem econômica na utilização de pneus recapados em frotas de transporte, quando comparados ao uso exclusivo de pneus novos. A frota da composta por 6.542 pneus ativos, obteve uma redução significativa nos custos operacionais, com economias anuais superiores a R\$ 4,5 milhões. Este resultado foi obtido principalmente pela utilização de pneus recapados do modelo 275/80 R22,5, que são usados em caminhões e cavalos mecânicos, como na Tabela 1.

Tipos de Veículos	Modelos/ Medidas	Quantidade de Pneus
		Ativos
Truck's e Julietas	275/80 R22,5	3.278
Cavalos mecânicos e carretas	295/80 R22,5	3.264
Total de Pneus Ativos		6.542

Tabela 1 – Quantidade de Pneus por Modelo de Veículo. A tabela apresenta a quantidade total de pneus usados na frota, organizada por tipos de veículos e modelos de pneus (Fonte: Simonini *et al.*, 2021).

A redução de custos proporcionada pela recapagem de pneus na frota da Expresso Grandes Rumos S/A foi especialmente significativa. Conforme apresentado na Tabela 2, a economia alcançada foi substancial, resultando em uma redução de R\$ 4.500.599. Esse impacto financeiro positivo se deve ao fato de que a recapagem oferece um custo por quilômetro rodado muito inferior ao de pneus novos. Isso é possível porque os pneus recapados têm uma vida útil prolongada, e o processo de recapagem é mais barato do que a produção de pneus novos, especialmente em grandes frotas.

Descrição	Valor
Quantidade de pneus novos para autonomia de recapados	4,58
Valor de pneus novos para rendimento dos recapados	R\$ 10.080,72
Diferença dos custos utilizando pneus recapados/unidade	R\$ 6.207,72
Quantidade de pneus/amostragem	725
Redução de custo de utilização de pneus recapados	R\$ 4.500,59

Tabela 2 – Economia com Pneus Recapados – Modelo 275/80 R22,5 Liso. A tabela a economia gerada pela recapagem de pneus na frota da Expresso Grandes Rumos S/A (Fonte: Simonini *et al.*, 2021).

Além do transporte de cargas, outros setores também se beneficiam da recapagem de pneus, como o setor urbano e agrícola. No entanto, conforme discutido por Marini *et al.* (2012), a viabilidade econômica da recapagem varia de acordo com o tipo de pneu e as condições operacionais. No setor agrícola, por exemplo, a recapagem de pneus tende a ser menos vantajosa devido ao maior desgaste dos pneus, que requerem uma quantidade maior de borracha e materiais, encarecendo o processo. Já no setor de transporte de cargas, como demonstrado pela Expresso Grandes Rumos, a economia pode chegar a 55%, conforme mostrado na Tabela 3.

Setor	Economia (% por pneu recapado)
Transporte de Cargas	55%
Transporte Urbano	45%
Setor Agrícola	30%

Tabela 3 – Diferença de Economia por Setor ao Utilizar Pneus Recapados. A tabela compara a economia obtida em diferentes setores ao optar por pneus recapados (Fonte: Marini *et al.*, 2012).

Esses dados destacam que o setor de transporte de cargas se beneficia muito mais da recapagem, tanto em termos de economia financeira quanto na durabilidade dos pneus recapados, quando comparados ao setor agrícola. A economia de 55% no transporte de cargas reflete não só a durabilidade dos pneus, mas também a eficiência do processo de recapagem no contexto de operações rodoviárias intensivas, onde o desgaste é elevado, mas o custo-benefício da recapagem compensa. No setor agrícola, a economia de 30% é menor devido à necessidade de pneus mais robustos e ao desgaste mais rápido causado pelas condições severas de operação.

Além dos benefícios econômicos observados no setor de transporte de cargas, a recapagem também proporciona importantes vantagens ambientais. O processo de reutilização das carcaças de pneus evita que grandes volumes de resíduos sejam descartados em aterros sanitários, reduzindo a demanda por matérias-primas como o petróleo, amplamente utilizado na fabricação de pneus novos. Esse reaproveitamento está alinhado aos princípios da economia circular, promovendo a redução do consumo de recursos e a diminuição do impacto ambiental associado ao descarte inadequado de pneus inservíveis. No entanto, a logística reversa de pneus no Brasil ainda enfrenta desafios significativos, conforme discutido por Frizo (2024).

Embora a Resolução CONAMA nº 416/2009 tenha estabelecido diretrizes claras para a coleta e o tratamento adequado de pneus inservíveis, a adesão das empresas a esses programas de logística reversa permanece insuficiente em muitas regiões do país. Essa falta de participação limita o impacto ambiental positivo da recapagem, já que muitos pneus continuam sendo

descartados de maneira inadequada, o que impede seu reaproveitamento e aumenta os riscos de contaminação ambiental.

De acordo com Moreira (2021), em regiões como Porto Velho, apenas 30% das empresas participam ativamente de programas de logística reversa, enquanto a maioria ainda não adota práticas adequadas de descarte. Esse baixo índice de participação reflete a falta de infraestrutura e de conscientização sobre a importância do descarte correto de pneus, fatores que dificultam a maximização dos benefícios ambientais da recapagem. A coleta e o transporte de pneus inservíveis ainda são limitados, principalmente em áreas mais remotas, onde a logística reversa não está plenamente implementada.

Para que o setor da recapagem, tanto em termos econômicos quanto ambientais, é necessário ampliar os programas de logística reversa e investir em infraestrutura adequada. Frizo (2024) destacam que o fortalecimento de políticas públicas, como incentivos fiscais para empresas que aderirem ao processo de reciclagem de pneus, seria essencial para aumentar a adesão e garantir que um número maior de pneus seja reaproveitado no ciclo produtivo. Portanto, embora os benefícios econômicos da recapagem estejam bem estabelecidos, o sucesso ambiental dessa prática depende de uma maior integração entre o setor produtivo e as políticas de logística reversa. A expansão de programas governamentais e a conscientização das empresas sobre o valor da reciclagem de pneus são fundamentais para que a recapagem atinja seu pleno potencial, tanto como solução econômica quanto como ferramenta de sustentabilidade ambiental.

Além dos estudos de Simonini *et al.* (2021), Marini *et al.* (2012) e Moreira (2021), a análise feita por Duarte (2021), baseada nos relatórios anuais da Valorpneu de 2018, 2019 e 2020, oferece dados detalhados sobre os impactos da logística reversa no setor de pneus inservíveis em Portugal. A Valorpneu, por meio do Sistema Integrado de Gestão de Pneus Usados (SGPU), conseguiu evitar emissões significativas de gases de efeito estufa (GEE) e consumo de energia ao tratar grandes quantidades de pneus.

De acordo com Duarte (2021), em 2020, a Valorpneu conseguiu evitar a emissão de mais de 1.800 Kg de CO₂eq por tonelada de pneus usados tratados, como demonstrado na Figura 5. Este resultado reflete o impacto positivo da logística reversa, especialmente encaminhá-los para a reciclagem ou valorização energética. Em comparação com os dados de Moreira (2021), que ressaltam a importância da redução das emissões através da recapagem, os resultados de Duarte ampliam essa análise ao focar no impacto da reciclagem e valorização energética.

Emissões de GEE evitadas pela gestão de pneus usados [kg CO₂ eq/ton PU (média anual)]

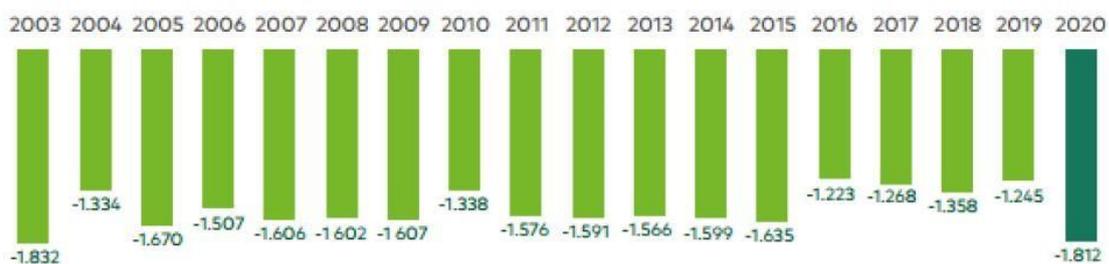


Figura 5 – Emissões de GEE evitadas pela gestão de pneus usados (kg CO₂ eq/ton PU) entre 2003 e 2020
Fonte: Duarte (2021), Relatório Anual de Atividades da Valorpneu

Outro ponto relevante do estudo de Duarte (2021) é a quantidade de energia conomizada pela Valorpneu em 2020, que foi de 56.392 MJ/tonelada de pneus usados, como ilustrado na Figura 6 dado pode ser comparado com as estimativas de Simonini *et al.* (2021), que mostraram

a economia proporcionada pela recapagem de pneus em grandes frotas de transporte. Enquanto Simonini destacam a economia de custos operacionais, gestão sustentável dos pneus.

Consumo de energia evitado pela gestão de pneus usados [MJ/ton PU (média anual)]

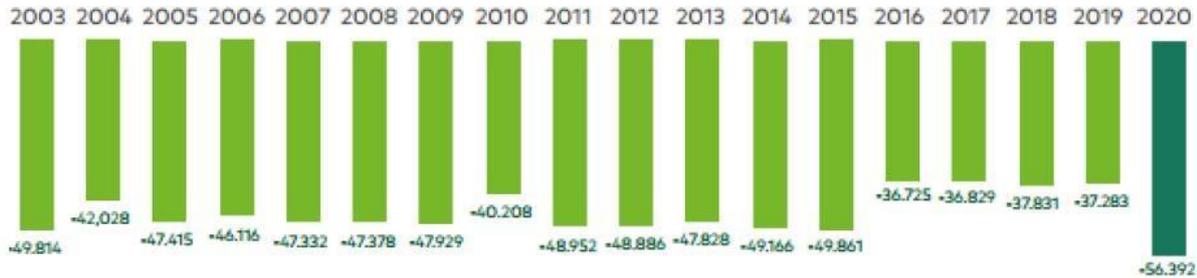


Figura 6 – Consumo de energia evitado pela gestão de pneus usados (MJ/tonelada) Fonte: Duarte (2021), Relatório Anual de Atividades da Valorpneu

Além disso, a Valorpneu gerou produtos finais da reciclagem como borracha granulada, aço e têxtil, sendo a borracha o principal produto, com diversas aplicações em avimentos, misturas betuminosas e relvados sintéticos, como mostrado na Figura 7. Comparando com Marini *et al.* (2012), que discutem a eficiência da recapagem em diferentes setores, o estudo de complementa ao demonstrar o impacto da reciclagem de pneus como uma solução para além da recapagem, promovendo o reaproveitamento de recursos e a economia circular.

Aplicações do granulado de pneus reciclados

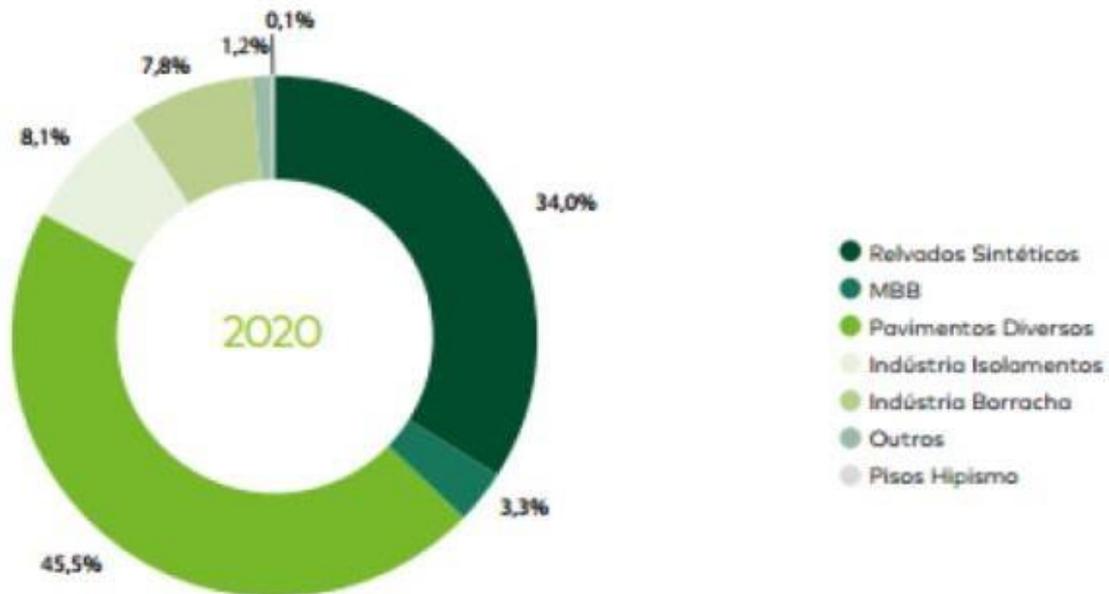


Figura 7 – Aplicações do granulado de pneus reciclados Fonte: Duarte (2021), Relatório Anual de Atividades da Valorpneu

Por fim, os relatórios anuais analisados por Duarte (2021) também mostram a evolução da participação dos produtores no SGPU, com um aumento significativo desde 2003 até 2020, como visto na Figura 8. Este dado reflete a crescente adesão ao sistema de logística reversa, o que contribui para a sustentabilidade do setor. No entanto, conforme observado por Frizo (2024), ainda há desafios significativos na implementação da logística reversa em algumas regiões, principalmente no Brasil, onde a infraestrutura é insuficiente e a conscientização sobre o tema é limitada.

Evolução do número de produtores aderentes ao SGPU

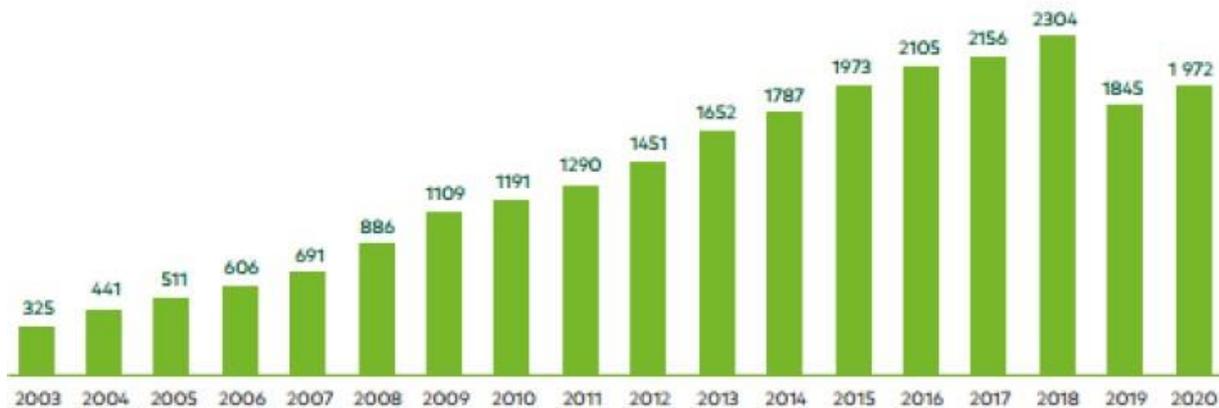


Figura 8 – Evolução do número de produtores aderentes ao SGPU. Fonte: Duarte (2021), Relatório Anual de Atividades da Valorpneu.

Os estudos de Simonini *et al.* (2021), Marini *et al.* (2012), Moreira *et al.* (2021) e Duarte (2021) fornecem uma visão abrangente sobre os impactos econômicos e ambientais da reforma de pneus, com foco na recapagem e na logística reversa. A interação entre esses estudos possibilita uma análise mais robusta dos benefícios da reutilização de pneus, além de destacar os desafios enfrentados para a plena implementação dessas práticas.

De acordo com Simonini *et al.* (2021), os benefícios econômicos da recapagem de pneus são evidentes, especialmente para frotas de grande porte, como a da Expresso Grandes Rumos S/A, que obteve uma economia anual superior a R\$ 4,5 milhões. A adoção da recapagem permitiu uma redução considerável nos custos operacionais, ao prolongar a vida útil dos pneus e reduzir o custo por quilômetro rodado. Esse estudo demonstra que a recapagem é uma solução economicamente viável para empresas de transporte de cargas, que se beneficiam tanto da durabilidade dos pneus recapados quanto da significativa redução nos custos de reposição. No entanto, os benefícios econômicos variam conforme o setor. Marini *et al.* (2012) revelam que, enquanto o setor de transporte de cargas atinge economias de até 55%, o setor agrícola, devido às suas condições mais severas de uso, obtém uma economia de apenas 30%. Isso ocorre porque o maior desgaste dos pneus em terrenos agrícolas demanda mais recapagens, encarecendo o processo. Esse dado evidencia que, embora a recapagem ofereça vantagens econômicas, o impacto pode ser mais expressivo em setores onde os pneus são menos expostos a condições adversas.

Além dos benefícios econômicos, a recapagem de pneus também apresenta vantagens ambientais de enorme relevância, especialmente no contexto de crescente conscientização sobre a sustentabilidade. Segundo Moreira (2021), a recapagem reduz o descarte inadequado de pneus e minimiza a necessidade de novas matérias-primas, como o petróleo, amplamente utilizado na fabricação de pneus novos. Ao prolongar a vida útil dos pneus, a recapagem contribui para a economia circular, um conceito que visa manter produtos, materiais e recursos

em uso pelo maior tempo possível, reduzindo o desperdício. A economia circular não apenas diminui a demanda por recursos naturais, mas também minimiza a geração de resíduos, uma questão urgente no setor automotivo, onde os pneus podem levar séculos para se decompor. Contudo, Duarte (2021) complementa essa análise ao demonstrar os benefícios de um sistema de logística reversa, que abrange não só a recapagem, mas também a reciclagem e a valorização energética dos pneus inservíveis. A Valorpneu, empresa portuguesa responsável pela gestão de pneus usados, conseguiu evitar a emissão de 1.800 kg de CO₂ por tonelada de pneus tratados em 2020, destacando o impacto ambiental positivo de práticas mais abrangentes.

Enquanto Moreira *et al.* (2021) focam na redução de emissões da recapagem, Duarte (2021) amplia a discussão ao incluir processos como a reciclagem e a valorização energética, essenciais para reduzir a pegada de carbono do setor de pneus. A logística reversa, portanto, apresenta-se como uma abordagem holística que, se adotada de forma mais ampla, pode transformar a gestão de resíduos no setor automotivo. O impacto ambiental vai além da simples reciclagem: envolve uma reestruturação completa de como os produtos são concebidos, fabricados e descartados. Além disso, o exemplo da Valorpneu pode ser tomado como referência para a criação de um modelo de gestão sustentável no Brasil, onde, atualmente, a infraestrutura para lidar com pneus inservíveis ainda é limitada, especialmente em regiões mais afastadas.

Outro aspecto relevante do estudo de Duarte (2021) é a quantidade de energia economizada pela Valorpneu. Em 2020, a empresa evitou o consumo de 56.392 MJ por tonelada de pneus usados, destacando a eficiência energética da reciclagem. Esse dado é particularmente relevante quando comparado às economias financeiras observadas por Simonini *et al.* (2021) na recapagem de pneus em grandes frotas. Enquanto a recapagem gera economias diretas ao reduzir os custos operacionais, a reciclagem e a valorização energética proporcionam uma economia indireta, ao reduzir a demanda por energia e preservar recursos naturais, fatores cada vez mais essenciais em um mundo onde a sustentabilidade se tornou uma prioridade estratégica.

Apesar desses claros benefícios econômicos e ambientais, tanto Frizo *et al.* (2024) quanto Moreira (2021) alertam para os desafios enfrentados pela logística reversa e pela recapagem no Brasil, especialmente em regiões remotas onde a infraestrutura é limitada. A coleta e o transporte de pneus inservíveis são frequentemente prejudicados pela falta de hubs regionais de reciclagem, o que eleva os custos e dificulta a adesão de empresas a essas práticas. A ausência de centros de processamento próximos não só aumenta os custos logísticos, mas também desincentiva a participação de pequenas empresas em regiões menos desenvolvidas. Frizo *et al.* (2024) sugerem a criação de centros regionais de reciclagem, que centralizariam as operações e otimizaram o fluxo de pneus no ciclo produtivo. Essa proposta é essencial para a expansão da logística reversa em países de grande extensão territorial como o Brasil, onde a descentralização das operações é necessária para viabilizar a prática em larga escala.

Além das questões relacionadas à infraestrutura, a falta de conscientização sobre os benefícios da recapagem e da reciclagem de pneus continua sendo um obstáculo significativo. Muitas empresas ainda desconhecem as vantagens econômicas e ambientais dessas práticas, o que limita sua adoção. Moreira (2021) observam que, em regiões como Porto Velho, apenas 30% das empresas participam de programas de logística reversa, um dado que reflete a necessidade de políticas públicas mais incisivas para promover a adoção dessas práticas. A implementação de incentivos fiscais e subsídios governamentais seria um mecanismo eficaz para aumentar a participação das empresas, ampliando os benefícios da recapagem e da reciclagem de pneus em todo o país. Programas educacionais, campanhas de conscientização e iniciativas governamentais para sensibilizar tanto o setor privado quanto o público em geral sobre a importância dessas práticas também são essenciais para o sucesso dessas iniciativas.

Outro ponto importante levantado por Duarte (2021) e Frizo (2024) é a necessidade urgente de investimentos em inovação tecnológica para melhorar os processos de recapagem e reciclagem. A modernização dos métodos de vulcanização, por exemplo, pode



umentar a durabilidade dos pneus reformados, reduzindo a necessidade de novas recapagens e prolongando a vida útil dos pneus. Isso, por sua vez, teria um impacto direto nos custos operacionais das empresas e na preservação ambiental. Além disso, tecnologias que otimizem o uso de materiais reciclados e que reduzam o consumo de energia durante o processo de recapagem também poderiam contribuir significativamente para a sustentabilidade do setor. A inovação tecnológica, portanto, surge como um elemento-chave para o futuro da recapagem e da logística reversa, oferecendo não só vantagens econômicas, mas também ambientais. Embora a recapagem e a logística reversa ofereçam benefícios significativos, há setores específicos, como o agrícola, onde os desafios ainda são maiores devido às condições extremas de desgaste dos pneus. Marini (2012) e Simonini (2021) apontam que, nesse setor, a recapagem pode não ser tão eficiente quanto em outros, como o de transporte de cargas. Os pneus usados em atividades agrícolas enfrentam um desgaste mais rápido e severo, o que pode tornar a recapagem menos viável economicamente. Políticas públicas que levem em consideração as peculiaridades desses setores e ofereçam subsídios específicos, como incentivos para a recapagem em ambientes de alto desgaste, poderiam ampliar a adoção da prática e garantir seus benefícios tanto econômicos quanto ambientais. O desenvolvimento de tecnologias especializadas para pneus agrícolas reformados também é uma área que merece maior atenção e investimento.

Em suma, a combinação de recapagem e logística reversa, conforme demonstrado pelos estudos analisados, oferece uma solução poderosa para os desafios econômicos e ambientais do setor de pneus. No entanto, a plena implementação dessas práticas requer um esforço conjunto entre empresas, governos e instituições de pesquisa, com foco na criação de uma infraestrutura adequada, na conscientização sobre os benefícios dessas práticas e na inovação tecnológica. Esses fatores são fundamentais para que a recapagem e a logística reversa atinjam seu pleno potencial, proporcionando não apenas economias significativas para as empresas, mas também uma contribuição substancial para a sustentabilidade ambiental. A adoção de práticas mais integradas e sustentáveis, aliada à inovação tecnológica, pode transformar o setor de pneus e fazer do Brasil um exemplo global na gestão sustentável de resíduos automotivos.

6. CONCLUSÕES

A reforma de pneus tem se mostrado uma prática indispensável para a sustentabilidade e o desenvolvimento econômico, especialmente em um mundo cada vez mais consciente sobre a O estudo aqui desenvolvido oferece uma análise dos impactos econômicos e ambientais da recapagem de pneus, destacando seus benefícios e desafios, com especial foco no setor de transporte de cargas, que, como observado, é um dos principais beneficiários dessa prática.

Conforme amplamente discutido, empresas como a Expresso Grandes Rumos S/A, que optaram pela utilização de pneus recapados, obtiveram uma expressiva redução de custos operacionais, com economias anuais superiores a R\$ 4,5 milhões. Esses números, fornecidos por Simonini (2021), ilustram a eficácia da recapagem como uma alternativa economicamente viável para grandes frotas. A capacidade dos pneus recapados de prolongar a vida útil dos veículos e reduzir o custo por quilômetro rodado reforça o papel estratégico dessa prática em setores que dependem intensamente de transporte, como o de cargas pesadas. Essa economia direta é ampliada quando consideramos os efeitos secundários, como a redução do consumo de novos pneus e, conseqüentemente, a menor demanda por matérias-primas como o petróleo, que é amplamente utilizado na produção de pneus novos. Isso demonstra como a recapagem não é apenas uma solução financeira, mas também uma resposta às pressões ambientais que demandam cada vez mais práticas sustentáveis nas indústrias. Apesar das vantagens evidentes, a viabilidade econômica da recapagem de pneus varia significativamente de acordo com o setor. No setor agrícola, por exemplo, conforme discutido por Marini (2012), a recapagem enfrenta maiores desafios, principalmente devido ao desgaste severo que os pneus sofrem nas atividades de campo, o que exige mais processos de recapagem e acaba encarecendo o ciclo de reaproveitamento. Entretanto, isso não significa que o setor agrícola não possa se beneficiar dessa prática, mas sim que políticas públicas específicas e subsídios direcionados a setores com condições operacionais mais difíceis podem ampliar os benefícios da recapagem, tornando-a uma opção mais viável economicamente. Nesse contexto, um possível campo para estudos futuros é a análise detalhada da recapagem em setores de desgaste extremo, buscando soluções tecnológicas que aumentem a durabilidade dos pneus reformados nessas condições e a eficiência dos processos de reforma.

O impacto ambiental da recapagem de pneus é outro aspecto que não pode ser subestimado. A redução do descarte inadequado de pneus é um dos principais benefícios ambientais dessa prática, pois evita que milhões de toneladas de resíduos sejam enviados a aterros sanitários ou despejados de maneira ilegal, contribuindo para a proliferação de vetores de doenças e a contaminação de solos e corpos d'água. O reaproveitamento das carcaças dos pneus alinhado aos princípios da economia circular não só preserva recursos naturais, como reduz drasticamente a quantidade de pneus inservíveis, que demoram séculos para se decompor. Este estudo mostrou como a logística reversa, especialmente nos exemplos internacionais, pode ser um modelo a ser seguido. No Brasil, entretanto, essa realidade ainda enfrenta grandes obstáculos, como a falta de infraestrutura adequada para a coleta e o transporte de pneus inservíveis, principalmente em regiões mais distantes dos grandes centros urbanos.

A análise feita por Duarte (2021), ao utilizar os relatórios anuais da Valorpneu, é um exemplo claro de como um sistema eficiente de logística reversa pode gerar resultados ambientais e econômicos substanciais. A Valorpneu conseguiu, através do Sistema Integrado de Gestão de Pneus

Usados (SGPU), evitar a emissão de mais de 1.800 Kg de CO₂eq por tonelada de pneus tratados, além de poupar mais de 56.392 MJ de energia por tonelada de pneus reciclados, o que demonstra o impacto positivo dessa prática tanto em termos de sustentabilidade quanto de economia de recursos energéticos. O Brasil poderia seguir este exemplo, investindo na criação de hubs regionais de reciclagem, o que facilitaria o retorno dos pneus ao ciclo produtivo e

ampliaria os efeitos benéficos da logística reversa. Um ponto para estudos futuros é o impacto potencial desses hubs regionais no Brasil, analisando como a descentralização da gestão de pneus inservíveis poderia melhorar a eficiência da logística reversa em um país com dimensões continentais.

Outro ponto de relevância para o avanço da recapagem no Brasil é a necessidade de maiores investimentos em inovação tecnológica. A modernização dos processos de recapagem, com a incorporação de novas tecnologias que aumentem a durabilidade dos pneus recapados e reduzam a necessidade de novas reformas, pode transformar a indústria. Inovações nos métodos de vulcanização e na composição da borracha podem reduzir a dependência de energia e matérias-primas, tornando o processo de recapagem menos impactante ao meio ambiente e mais econômico. Tecnologias que prolonguem a vida útil dos pneus reformados são essenciais para que a recapagem se torne uma prática ainda mais sustentável, especialmente em setores que sofrem um desgaste mais intenso dos pneus, como o agrícola e o de mineração. Estudar essas tecnologias em profundidade e avaliar sua aplicabilidade em diferentes contextos econômicos e industriais seria um caminho promissor para melhorar o processo de recapagem e seus benefícios ambientais.

Além disso, um tema que carece de mais investigações é a acidentologia envolvendo pneus recapados. Embora os dados analisados mostrem que pneus reformados, quando submetidos a processos rigorosos de controle de qualidade e manutenção, oferecem desempenho semelhante ao dos pneus novos, ainda há uma percepção negativa em relação à segurança desses pneus. A realização de estudos mais detalhados que avaliem o desempenho de pneus recapados em diversas condições de uso, incluindo situações extremas como altas velocidades e estradas irregulares, pode ser fundamental para reverter essa imagem e aumentar a confiança do público e dos setores de transporte na utilização de pneus reformados. Uma análise estatística abrangente sobre acidentes viários relacionados ao uso de pneus recapados, levando em consideração fatores como manutenção, condições de estradas e comportamento do motorista, ajudaria a esclarecer qualquer correlação entre o uso desses pneus e a ocorrência de acidentes, fornecendo subsídios importantes para políticas de segurança viária.

Em termos de desafios e oportunidades, a indústria da reforma de pneus no Brasil ainda enfrenta grandes dificuldades para atingir todo o seu potencial. Um dos principais desafios é a falta de infraestrutura adequada, especialmente em regiões distantes dos grandes centros urbanos. A logística reversa, fundamental para o reaproveitamento de pneus inservíveis, enfrenta barreiras como a falta de centros de coleta e processamento suficientes, o que encarece o transporte e torna a prática menos viável economicamente em algumas áreas. Além disso, a percepção pública negativa sobre a segurança e durabilidade dos pneus reformados é um fator que limita a expansão da recapagem. Muitos consumidores ainda associam pneus reformados a produtos de qualidade inferior, embora estudos indiquem que, quando submetidos a padrões rigorosos, esses pneus podem ter desempenho similar ao de pneus novos.

Por outro lado, essas barreiras também trazem consigo oportunidades. O fortalecimento da infraestrutura de logística reversa, com a criação de centros regionais de coleta e processamento de pneus, pode não apenas ampliar o reaproveitamento de materiais, mas também reduzir os custos logísticos e incentivar mais empresas a aderirem à prática. Campanhas de conscientização que eduquem o público sobre a qualidade dos pneus recapados e as normas técnicas que garantem sua segurança também podem ajudar a reverter a percepção negativa. Além disso, o incentivo ao desenvolvimento de novas tecnologias para melhorar a durabilidade e o desempenho dos pneus reformados pode tornar essa prática ainda mais competitiva e ambientalmente sustentável.

Em suma, este trabalho evidencia que a reforma de pneus é uma prática essencial para o desenvolvimento sustentável e para a economia circular, promovendo uma redução significativa dos custos operacionais das empresas e contribuindo para a preservação ambiental.



Entretanto, os benefícios dessa prática só poderão ser plenamente aproveitados com uma maior integração entre políticas públicas, iniciativas privadas e avanços tecnológicos. O fortalecimento da logística reversa no Brasil, a criação de hubs regionais de reciclagem e o investimento em tecnologias inovadoras são elementos-chave para ampliar a adoção da recapagem e maximizar seus efeitos positivos. Estudos futuros sobre a acidentologia envolvendo pneus reformados, bem como sobre a aplicabilidade da recapagem em setores de desgaste intenso, também se mostram fundamentais para consolidar a prática e garantir que seu potencial seja plenamente alcançado. A expansão do conhecimento científico nessa área e o aprofundamento das discussões sobre segurança e eficiência da reforma de pneus podem contribuir de forma decisiva para o fortalecimento dessa prática, que é essencial tanto para a economia quanto para a sustentabilidade.



AGRADECIMENTOS

Aos professores Sergio Boscato, Karina Ruschel, Bruno de Rosso, Rubem Reis, Isaac Newton, Filipi Vianna, Carlos Alexandre dos Santos e José Fazzi Junior, que ao longo da minha jornada acadêmica me orientaram com excelência. Ao professor Francisco Arseli Kern e ao Núcleo de Apoio Psicossocial, que juntos encontraram as melhores maneiras para que eu pudesse cumprir minhas tarefas. Aos meus pais, que sempre estiveram ao meu lado, me dando força para não desistir. E, por fim, a Deus, que colocou cada pessoa certa no meu caminho, no momento exato, para que eu pudesse continuar.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLESZ JUNIOR, Attila Elod. Fatores que influenciam no desempenho de projetos na cadeia verde de suprimentos da reforma de pneus. 2019. Tese (Doutorado) — Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, São Leopoldo.

CONAMA. Resolução nº 416, de 30 de setembro de 2009. Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2009.

CONTRAN. Resolução nº 558, de 19 de novembro de 1980. Conselho Nacional de Trânsito, 1980.

DUARTE, João Pedro Resende. A importância da logística reversa nos pneus. 2021. Dissertação (Mestrado em Gestão e Empreendedorismo) — Instituto Politécnico de Lisboa, Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Lisboa, Lisboa.

FRIZO, M.; SANTOS, P. A.; COSTA, L. M.; SILVA, R. B. Desafios da Logística Reversa de Pneus Inservíveis no Brasil. 2024.

INMETRO. Portaria nº 433, de 24 de setembro de 2021. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, 2021.

LINDQUIST, Kathy; WENDT, Michel. Retreaded Tire Use and Safety Synthesis. Washington State Department of Transportation, 2009.

MOREIRA, Marcos Vinicius. Estudo de caso aplicado à logística reversa de pneus inservíveis no município de Porto Velho/RO. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) — Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo

MUNDO DAS MARCAS. Continental Tires. Disponível em: <https://mundodasmarcas.blogspot.com>. Acesso em: 20 set. 2024

MARINI, D.; MARQUES, F. O.; BARBOSA, E. M. Um estudo exploratório da cadeia produtiva da recapagem de pneus. Revista Eletrônica de Negócios Internacionais, v. 2, n. 3, 2012.

NUNES, R. V.; SANTOS, G. P.; FONSECA, R. C.; COSTA, R. J. A.; SOARES, V. A. Análise dos custos, benefícios econômicos e financeiros da utilização de pneus reformados nas empresas de transporte de passageiros: uma análise comparativa entre a aquisição de pneus novos e a utilização de pneus reformados na empresa Expresso Grandes Rumos S/A. XV Congresso Brasileiro de Custos, Curitiba, PR, Brasil, 12 a 14 de novembro de 2008.

PEREIRA, L. F., & SOUZA, M. C. Analysis of Truck Tractor Tire Damage in the Context of the Study of Road Accident Causes. Journal of Accident Analysis, 2023.

RECAFOR. Fluxograma do processo de recapagem. Disponível em: <http://recafor.com.br/recafor/recapagem/fluxograma-do-processo/>. Acesso em: 20 set. 2024.

SANTOS, A. B., & ALMEIDA, R. M. A Study on the Driver's Experience Regarding Retreaded Tire on Heavy Commercial Vehicle. Journal of Transport Safety, 2022.

SILVA, Arthur Édico Matias da; CASTRO, Vinicius Alexandre de. Tecnologia do pneu, fabricação, dimensionamento e aplicação. Revista UniRV, 2017.

SIMONINI, Ariel; BISSANI, Niloar; NIEDERLE, Gilberto Antônio; MOSCHETTA, Andressa Mara Pacheco de Oliveira. Análise comparativa dos custos e benefícios econômicos e financeiros da utilização de pneus recapados em relação a pneus novos em uma empresa de transportes de cargas fracionadas. Anais – Ciências Sociais Aplicadas. ISSN 2526-8570.