


Modelo de negócios circular através da reciclagem de pneus inservíveis: Um estudo de caso na cidade de Manaus

 <https://doi.org/10.56238/sevened2024.003-016>

Jefferson Amadeu Ferreira

E-mail: jafro26@hotmail.com

Beth Luna Monteiro Moreira

E-mail: bethluna33@gmail.com

Márcia Maria Costa Bacovis

E-mail: mmbacovis@ifam.edu.br

Ana Lúcia Soares Machado

E-mail: analusmachado@gmail.com

RESUMO

O artigo descreve um estudo de caso de logística reversa de pneus inservíveis na cidade de Manaus. O estudo diz respeito a uma empresa que transforma pneus inservíveis em novos produtos fechando o ciclo de produção, seguindo os princípios da Economia circular. O objetivo é verificar e coletar informações sobre o processo de logística reversa dos pneus na cidade de Manaus realizada por uma empresa de transformação, cujo principal insumo produtivo são os pneus inservíveis. Para atingir o resultado esperado, foram realizadas pesquisas bibliográficas, buscas e consultas a dados estatísticos de órgãos oficiais, visitas in loco e entrevista com a direção da empresa, juntamente com observações dos processos. A pesquisa traz como resultados diversas barreiras enfrentadas pela empresa na adoção de um modelo de negócios circular. A logística reversa para coleta de pneus em fim de vida útil, na cidade de Manaus e no interior do Estado do Amazonas, ainda enfrenta diversos gargalos logísticos para recolhimento dos pneus; não há uma maior divulgação e nem sensibilização deste serviço na cadeia produtiva e existe uma grande quantidade de pneus não destinados corretamente. O estudo aponta uma série de oportunidades de melhorias na criação e produção de diversos produtos utilizando como principal insumo os pneus. O reaproveitamento de pneus, surge como um novo modelo de negócios Circular, para uma mudança de paradigmas e de cultura aliando um consumo mais consciente, com uma destinação voltado à monetização de um resíduo que seria descartado incorretamente no meio ambiente.

Palavras-chave: Economia Circular, Logística Reversa, Pneus inservíveis.



1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a frota de veículos, no Brasil, vêm apresentando um aumento considerável. De acordo com dados da Secretaria Nacional de Trânsito - SENATRAN, órgão da administração federal, em abril de 2022 existiam 112.444.241 de veículos registrados em todo o território nacional, isto equivale a 41 milhões de pneus produzidos por ano no país (BORGES *et al.*, 2021). O Estado do Amazonas acompanha este crescimento e o problema se materializa em locais de descartes aleatórios, que fatalmente se transformam em pontos viciados de descartes. Este descarte indevido é favorecido principalmente pela proximidade de áreas urbanas junto às áreas da mata amazônica. A falta da fiscalização por parte dos órgãos responsáveis, abre um espaço a ser frequentemente preenchido pelas iniciativas empresariais e não governamentais que tornam ações em resultados.

O problema de pesquisa em questão é “Quais as soluções identificadas, pela empresa em questão, para resolver o problema da grande quantidade de pneus inservíveis na cidade de Manaus?”. Assim, o objetivo deste estudo é explorar o modelo de negócios de uma empresa que transforma pneus inservíveis em novos produtos utilizando-se da logística reversa como uma prática de economia circular para o fechamento do ciclo de produção, ao demonstrar a possibilidade de se manufaturar produtos com insumos diferenciados. As pesquisas sobre as aplicações de modelos de negócios circular e práticas de logística reversa de pneus, no estado do Amazonas, ainda é pouco explorada, o que demonstra a importância de tal pesquisa.

Ao acompanhar as demandas da sociedade, empresas têm adotado práticas e ações que contribuem para o fechamento dos ciclos de produção e consumo ao utilizarem estratégias e práticas sustentáveis como as do Cradle to Cradle (McDONOUGH; BRAUNGART, 2010), da Ecologia Industrial (ANDERSEN, 2007) e Economia Circular (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION *et al.*, 2015; GHISELLINI *et al.*, 2016; KORHONEN; HONKASAL, 2018). A economia circular atua em aspectos que sinalizam e viabilizam as práticas para estreitar, desacelerar e fechar o loop de recursos de produtos recicláveis e assim prolonga e desenvolve um ciclo novo para produtos em fim de vida (BOCKEN *et al.*, 2016).

A logística reversa é uma importante estratégia da economia circular que trabalha em prol das políticas ambientais ao permitir o fechamento de cadeias produtivas, como é o dos pneus em fim de vida útil, pois é um item de grande potencial a ser explorado (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION *et al.*, 2015; BOCKEN *et al.*, 2016). A logística reversa de pneus é um mercado ainda com grandes possibilidades de expansão. Dados do Ministério dos Transportes (2023) apontam que no Estado do Amazonas circulam, aproximadamente, 1.083.624 veículos automotores que por sua vez, traduzem-se em grande quantidade de pneus a circular no meio ambiente neste momento e que futuramente estarão disponíveis para o descarte.

O estudo está estruturado em cinco seções. Na primeira seção está a introdução, com a justificativa e os objetivos deste trabalho. Na segunda, a fundamentação teórica com uma revisão da literatura sobre economia circular, processo produtivo e descarte de pneus, logística reversa e fluxos reversos. Na terceira seção descreve-se a metodologia utilizada na pesquisa e, na sequência, os resultados do estudo de caso. Na quinta seção apresentamos as considerações finais e por último, as referências utilizadas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Na fundamentação teórica deste trabalho é apresentado um modelo de negócio circular, que se utiliza da logística reversa para a coleta adequada e a destinação final dos pneus inservíveis. A importância da logística reversa dos pneumáticos como um fator mitigador dos impactos negativos causados pelo descarte incorreto de pneus no meio ambiente.

2.1 ECONOMIA CIRCULAR E LOGÍSTICA REVERSA

O atual modelo de consumo, conhecido como modelo linear (EL) de produção (extrair recursos da natureza, transformar, usar e descartar) tem enfrentado limitações, principalmente quanto à necessidade de exploração contínua de recursos naturais (LIEDER; RASHID, 2016). As consequências do atual modelo de consumo têm levado as empresas a adotarem estratégias que visam o combate ao desperdício e à criação de novos mercados e tendências com a reciclagem. A economia circular é uma estratégia que visa adotar novos modelos de negócios sustentáveis com produtos já descartados ou rejeitos sem nenhum valor. Segundo Murray *et al.* 2017, por economia circular, entende-se como um modelo econômico que não tem qualquer efeito líquido no ambiente; pelo contrário, restaura qualquer dano causado em aquisição de recursos, ao garantir que pouco desperdício seja gerado durante todo o processo de produção e no histórico de vida do produto. A busca pela redução dos impactos, preconizada pela Economia Circular, tem a inovação como ferramenta essencial para garantir esta atenuação no meio ambiente. Em um modelo circular, a retenção da perda de valor pode ser realizada através da inovação tecnológica em PMEs (Pequenas e Médias empresas). Assim, as tecnologias também são importantes no fechamento do ciclo da cadeia de valor entre o processo de produção de resíduos e energia, além de auxiliar no reaproveitamento de resíduos (DERHAB e ELKHVESKY, 2023).

O atual modelo de desenvolvimento industrial é responsável pelo imenso acúmulo de resíduos. Este é um modelo de desenvolvimento democrático, pois está presente em todas as sociedades, quer desenvolvidas ou não. De acordo com Halog e Aniele (2021), o problema destes resíduos é geralmente um problema global, que afeta todos os países, sejam países desenvolvidos ou em desenvolvimento. Para garantir que as gerações futuras terão recursos suficientes como alimentos, água e prosperidade,

é necessário, portanto, fazer a transição de uma economia linear para uma EC. A implementação dos princípios da economia circular (EC) é cada vez mais recomendada como uma solução conveniente para atingir os objetivos do desenvolvimento sustentável (SAIDANI *et al.*, 2019).

A logística reversa tem papel importante na aplicação das avaliações do ciclo de vida dos produtos, uma vez que diminui a geração de resíduos sólidos e de seu adequado gerenciamento, auxiliando os processos de obtenção dos insumos e do equacionamento para os produtos pós-consumo (SANTOS *et al.*, 2013). A logística reversa tem sido diferencial em empresas modernas que perceberam que o consumidor tem se tornado mais sensível ecologicamente, e cada vez mais estão sendo criadas leis relacionadas ao meio ambiente (GABRIEL *et al.*, 2020).

2.2 A CIRCULARIDADE DOS PNEUMÁTICOS

A correta destinação de produtos manufaturados em larga escala, após o seu ciclo de vida útil, tem desafiado as sociedades pela busca de soluções que posterguem ao máximo o seu descarte no meio ambiente. Este empenho por uma solução, pretende encontrar um método que resolva tal situação, que para muitos estudiosos, somente será alcançada através de ações que promovam atitudes sustentáveis no momento do descarte dos produtos comercializados. Num universo de grandes variedades de resíduos sólidos e suas consequências danosas, os pneumáticos, comumente conhecidos como pneus, tem o seu lugar de destaque como item problemático em matéria de desuso e descarte, apesar de sua utilidade inquestionável nas necessidades humanas, a indústria de pneus está fazendo esforços significativos no sentido de uma produção mais verde e sustentável, tendo em conta as emissões de CO₂, reciclagem, fontes de materiais e implementação da utilização de biomassa proveniente de plantas em vez de alternativas derivadas do petróleo. Quando se fala em sustentabilidade no contexto dos pneus, a interpretação habitual é sobre a utilização de matérias-primas, reciclagem de matérias-primas, economia circular e fornecimento de materiais (TRUSSO *et al.*, 2022).

2.3 A PRODUÇÃO E O DESCARTE DOS PNEUS

Componente essencial no desempenho dos veículos automotores, o pneu é um complexo de borrachas natural e sintética, arames, cabos, lonas, fios de aço, nylon e poliéster que formam uma estrutura resistente que tem a atribuição de atender rigorosas especificações técnicas que englobam segurança e durabilidade. Dentre os produtos que reaproveitam a borracha procedente dos pneus, estão principalmente os materiais utilizados em dutos pluviais, itens de vedação, solados, pisos industriais, pisos esportivos, tapetes para automóveis e compostos a serem adicionados em asfaltos, porém mesmo com a existência de tecnologias que possibilitem a reutilização deste tipo de resíduo, ainda não existe uma destinação eficaz e o seu descarte incorreto, é um problema ambiental na maioria das cidades devido ao não cumprimento da logística reversa e sua fiscalização.

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 (GABRIEL *et al.*, 2020).

No Brasil, aproximadamente 450 mil toneladas de pneus são descartadas por ano, isso equivale a cerca de 90 milhões de unidades utilizadas em carros de passeio. De acordo com dados da Reciclanip, em dez anos, o descarte correto desse tipo de material evitou que mais de 3,7 milhões de toneladas de pneus fossem parar em lugares errados. (SILVA *et al.*, 2022).

De acordo com a Resolução, os fabricantes e as importadoras de pneus têm que respeitar prazos e cumprir metas, com a finalidade de reduzir o passivo ambiental de pneus. Isso força as empresas desta área a praticar programas de logística reversa aos programas de coleta, proveito e retorno dos pneus que não servem mais às empresas que estão habilitadas para darem a destinação ambientalmente apropriada (CONAMA, 2009).

No entanto, quando os pneus chegam ao final do período de uso, tornando-se inoperantes, além de se tornar um motivo de precaução e receio com o ambiente, produz-se uma oportunidade de comercialização para muitas instituições que operam com a oferta de produtos ou serviços voltados para a logística reversa, reuso, reprocessamento e a reciclagem, que possibilitam a continuação do seguimento e, de certo modo, recolocam os resíduos no ciclo útil e lucrativo na cadeia produtiva (MELO *et al.*, 2018).

2.4 A LOGÍSTICA REVERSA COMO ESTRATÉGIA PARA O DESCARTE DOS PNEUS

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, promulgada com a Lei nº 12.305/2010, estabelece um acordo setorial entre fabricante, distribuidores e comerciantes, quanto a necessidade de fazer o descarte de forma apropriada dos pneus usados e inaproveitáveis (OLIVEIRA, 2021). Os pneumáticos que apresentam danos irreversíveis para sua funcionalidade são chamados de inservíveis, os quais, necessitam de destinação correta através da inserção a sua cadeia logística e do fluxo reverso que permite que o produto tenha um destino ambientalmente correto.

A Resolução 416 de 30 de setembro de 2009, do Conselho Nacional do Meio Ambiente determina aos fabricantes e importadores de pneus novos, com peso superior a 2 (dois) quilos, a coletarem e darem o destino adequado aos pneus inservíveis existentes no território brasileiro, ao passo que determina pontos de coletas em municípios com população acima de 100 mil habitantes. Os dispositivos legais relacionados ao assunto tratado, possibilitam um maior debate referente às práticas da logística reversa como método eficiente para implementá-los. No entanto, o passivo ambiental



relacionado aos pneus inservíveis ainda representa uma considerável ameaça ao meio ambiente e à saúde pública.

A logística reversa tem sido fundamental para que esses resíduos retornem ao ciclo da cadeia produtiva com viabilidade da rede de reciclagem, proporcionando a saúde econômica por meio do reuso de produtos e peças após o consumo. Em relação aos pneus, os maiores obstáculos são o recolhimento e a condução, por causa da dificuldade de recolha e o grande volume, o que prejudica a locomoção, porque, muitas vezes, os procedimentos tornam-se inexequíveis (OLIVEIRA, 2021). A preocupação com os problemas gerados no meio ambiente, ocasionados pelo descarte incorreto dos resíduos resultantes do processo produtivo de uma empresa, assim como o descarte dos resíduos gerados pelo fim da vida útil de alguns produtos e suas embalagens (GABRIEL, 2020), fez com surgissem empresas que implementem ações sustentáveis e proveitosas para economia local, o descarte do pneu é um produto que despertou e viabilizou esse mercado.

Os pneus têm a sua utilidade positiva inquestionável nos dias atuais, sem os quais, o transporte como o conhecemos seria inviável. Por outro lado, quando estes se tornam inúteis devido ao desgaste pelo uso e deterioração pelo tempo de emprego, o seu descarte indevido, provocam grandes prejuízos ao ecossistema, uma vez que a sua deterioração é muito lenta e, quando descartados de maneira inapropriada, oferecem riscos à saúde pública, ao meio ambiente, com provável emissão de substâncias tóxicas na atmosfera, além de geralmente se tornarem criadouros de mosquitos transmissores de doenças (CONRADO, 2009).

2.5 APLICABILIDADE DOS PNEUS

No Quadro 1 estão sintetizados trabalhos de pesquisa sobre aplicações e reaproveitamento dos pneus inservíveis.

Quadro 1 – Aplicabilidade e destinação por autores

Autores	Aplicações do Pneus
<p>IGLÉSIAS, Fabricio Agrizzi <i>et al.</i> Caracterização da Logística Reversa de Pneus Automotivos no Brasil. Faculdade Integradas de Aracruz. Departamento de Engenharia de Produção. Aracruz. ES.2019.</p>	<p>Adição à massa asfáltica de pó de borracha oriundo da trituração de pneus inservíveis. O asfalto-borracha tem uma vida útil maior, além de gerar um nível de ruído menor e oferecer maior segurança aos usuários das rodovias.</p>
<p>RODRIGUES, J. R. F.; BEZERRA, L. G. S. Principais técnicas para a reutilização de pneus inservíveis no Brasil. Rev. Bras. Gest. Amb. Sustent. [online]. 2021, vol. 8, n. 20, p. 1407-1417.</p>	<p>A destinação dos pneus passa por um processo de reciclagem onde são triturados e o pó é transformado em tapetes, chinelos e asfalto. Dos dez trabalhos identificados, três discorrem sobre a reutilização de pneus inservíveis como concreto/bloco de concreto para utilização como piso intertravados para calçadas, guias sarjetas e mobiliários urbanos, três discorrem sobre a utilização em argamassa seja de cimento ou cal, dois sobre a reutilização em asfalto, e outros dois classificados como “outros usos” se referem a utilização em painéis aglomerados e como isolante térmico.</p>
<p>SILVA, Antonia Félix <i>et al.</i> Moda sustentável: reuso de pneus inservíveis. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Teresina Sul. 2022.</p>	<p>Pesquisadores brasileiros estão transformando pneus em gasolina. Pesquisadores da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE mostraram que é possível converter uma tonelada de pneus velhos (cerca de 75 unidades) em 300 litros de combustível, quantidade suficiente para rodar cerca de 3,6 mil quilômetros em um carro popular. (Diário de Pernambuco, 2018).</p>
<p>VUCOVIC, Nicolas Fernandes. Avaliação de alternativas para descarte e reuso de pneus: Incorporação na massa asfáltica para produção de asfalto borracha. 2021.</p>	<p>Os pneus podem ser usados como combustível para a produção de energia elétrica e também como carga nos fornos clínquer da indústria cimenteira.</p>

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Os procedimentos metodológicos adotados neste trabalho foram delineados pela pesquisa bibliográfica, e a tipologia de pesquisa utilizada caracteriza-se como exploratória e descritiva. A coleta de dados envolveu a técnica de documentação indireta, particularmente dados de fontes secundárias. Foram analisadas as informações disponibilizadas na web, como site de órgãos reguladores ambientais e de associações ligadas ao segmento de pneumáticos.

Na pesquisa bibliográfica, através das descrições de estudos qualitativos, foram realizadas consultas em artigos contendo assuntos como conceitos e definições para fortalecer o embasamento e aprofundamento do estudo ao seguir o tema abordado. Foi realizado um levantamento referente ao número de veículos no Estado do Amazonas com a consequente projeção do número de pneus disponibilizados nos tipos de veículos mais usuais na sociedade brasileira.

Quanto à abordagem da pesquisa, ela é qualitativa, pois fornecerá informações para entendermos o processo de transição para modelos de negócios circulares, com um estudo de caso em



uma empresa que adota práticas sustentáveis que atende os princípios da economia circular. Trata-se de uma empresa fabricante de pisos emborrachados na cidade de Manaus que utiliza como principal insumo pneus inservíveis. Para a viabilidade da pesquisa foram realizadas duas visitas técnicas, previamente agendadas para a aplicação de um instrumento de pesquisa (entrevistas) na própria empresa com indagações pertinentes à logística reversa e à efetividade da comercialização dos produtos fabricados. As entrevistas foram realizadas com 2 (dois) funcionários, sendo um coordenador de produção que explicou todo o processo de transformação dos elastômeros dos pneus; a segunda entrevistada foi a Diretora executiva que apresentou as diretrizes estratégicas juntamente com o planejamento atual e futuro da empresa.

Na entrevista foram abordados assuntos que fundamentaram a pesquisa em campo, algumas perguntas norteadoras colaboraram com o estudo, dentre elas:

- a. A empresa tem conseguido realizar a Logística Reversa para a coleta dos pneus inservíveis e descartados na cidade de Manaus?
- b. Em que momento se inicia o cadastro do local a ser feito o recolhimento dos pneus e em que momento e qual a frequência de partida do veículo de recolhimento?
- c. Qual o relacionamento entre a empresa pesquisada e as demais associações ou organizações de coletas de pneus?
- d. Qual é o relacionamento entre a empresa e as autoridades da prefeitura da cidade de Manaus?
- e. Quais os gargalos enfrentados na coleta e na produção dos bens de consumo?
- f. Qual o planejamento e previsão para início da coleta de pneus no interior do Estado do Amazonas?
- g. Qual o quantitativo diário de pneus processados, produtos transformados e produtos finalizados?
- h. Quais são os produtos fabricados a partir do pneu reciclado?
- i. Qual a capacidade atual de produção?
- j. Existe rejeito no fim do processo produtivo?

Para atingir o objetivo proposto os métodos de estudo de processos de reciclagem de pneus em empresa, dentro da modalidade de economia circular, na cidade de Manaus, em conjunto com pesquisas bibliográficas, pesquisas documentais em órgão oficiais relacionados ao segmento estudado, leis, regulamentações, reportagens e fotografias. De posse de todos os dados, foram construídas informações que por sua vez, foram analisadas para arquitetar e estruturar o conhecimento e disponibilizar novas possibilidades dentro dos benefícios da Economia Circular.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A empresa do estudo de caso é a AMERA (<https://amera.com.br/>), empresa estabelecida no Polo Industrial de Manaus, sendo uma empresa pioneira na coleta, reciclagem e produção de materiais 100% sustentáveis, feitos de borracha. A organização nasceu em 2022 com o propósito de transformar o mercado do látex através da economia circular, diminuindo o impacto do desmatamento na região amazônica. Por meio dos princípios da economia circular, foram adotadas estratégias para produção mais limpa, usando menos recursos naturais. Uma empresa genuinamente amazonense que atende a todas as certificações ambientais, portanto habilitada e amparada legalmente para atuar no mercado.

Para realização da pesquisa, realizou-se uma visita *in-loco* para melhor verificação de todos os processos produtivos, desde a coleta até a produção do produto final. Nesta visita foram observadas as separações por tipos de pneus, a retirada da fiação de aço que sustenta suas bordas por máquina específica, os cortes dos pneus para quebra de sua estrutura interna, encaminhamento da borracha cortada para máquina fragmentadora com saída em 3 (três) tamanhos diferentes de grãos, vindo depois disso a manufatura dos diferentes objetos. Ao conhecer a empresa tivemos a oportunidade de ver a fundo todo o processo e como são realizadas as atividades desde a coleta dos pneus até fabricação do produto. Nas visitas que realizamos vimos a separação dos tipos de pneus, como é realizado a trituração, a transformação e todo o ciclo produtivo do produto acabado.

A trituração diária compreende aproximadamente 1450 pneus, o que resulta em 12 toneladas do chamado “chip” que é uma trituração rústica cujo resultado são peças de aproximadamente 3,0 cm por 2,0 cm. Uma segunda trituração resulta na matéria prima de 2 granulações diferentes separadas por processos mecânicos, num total de 7 toneladas prontos para entrarem na linha de produção final. Existe ainda uma 3ª granulação muito fina, a qual no atual momento é classificada como rejeito e por isso, estocada até encontrar-se a destinação adequada. Atualmente, por limitações de maquinários e de matéria prima devido à escassez de pneus recolhidos, apenas pisos em 2 (dois) tamanhos diferentes são produzidos e comercializados: 1,0m x 1,0m e 0,50 m x 0,50m.

O maior gargalo enfrentado pela empresa recicladora está em dois pontos:

- a) pela limitação logística representada pela coleta de pneus na capital Manaus, a qual é custeada pela recicladora quando envolve pequenos comércios e pequenas borracharias, através de um caminhão próprio e por um segundo caminhão disponibilizado em parceria com a prefeitura municipal. Já os grandes revendedores de pneus, providenciam e custeiam a entrega desses inservíveis e em troca, recebem um certificado de correta destinação ambiental.
- b) pela falta de cadastramento dos pequenos comércios e borracharias. Tal listagem facilitaria o recolhimento planejado e agendado com a racionalização de custos e ganho de tempo.

O potencial de matéria-prima na capital Manaus é grande, bem como em todo o Estado do Amazonas, mas os custos são altos e a necessidade de parcerias ainda se fazem necessárias para viabilizar a logística reversa com benefícios ambientais. A empresa enfrenta alguns gargalos logísticos, na coleta primária dos pneus, pois este processo está restrito a um caminhão próprio da empresa, e um outro em parceria com a prefeitura. Uma projeção do número aproximado de pneus que atualmente circulam na capital Manaus e no Interior do Amazonas, pode ser visualizada na tabela 1, cujo quantitativo total expressa a possibilidade futura de disponibilidade de pneus. Estes números nos remetem ao grande potencial a ser explorado.

Tabela 1 - Frota de Veículos - Julho de 2023

Tipos de Veículos	Quantidade de Veículos no Estado do Amazonas		Número de pneus por veículo	Projeção da quantidade de Pneus no Estado do Amazonas	
	Manaus	Interior		Manaus	Interior
Automóvel	424.690	26.930	04	1.698.760	107.720
Caminhão	18.468	4.307	10	184.680	43.070
Caminhão - trator	4.516	344	04	18.064	1.376
Caminhonete	90.407	13.229	04	361.628	52.916
Camioneta	27.569	2.434	04	110.276	9.736
Microônibus	3.115	602	06	18.690	3.618
Motocicleta	243.833	114.445	02	487.666	228.890
Motoneta	29.199	56.570	02	58.398	113.140
Ônibus	9.137	1.494	06	54.822	8.964
Reboque	4.396	509	02	8.792	1.018
Semirreboque	14.500	838	12	174.000	10.056
Triciclo	1.298	976	03	3.894	2.928
Utilitário	7.568	364	04	30.272	1.456
TOTAL	878.696	223.042		3.209.942	584.888

Fonte: Dados coletados pelos autores (2023)

A tabela 1 apresenta dados atualizados do Ministério dos Transportes de julho de 2023 com o quantitativo de pneus utilizados atualmente pelo número dos principais veículos registrados no DETRAN - AM. Para alcançar o total, levou-se em conta o número de pneus pelo tipo de cada veículo registrado no banco de dados governamentais. Considerando-se os números e tipos de veículos e de

pneus relacionados na Tabela 1, ao multiplicar o quantitativo de pneus que cada tipo de veículo utiliza, encontram-se os totais na Capital Manaus e no interior do Estado. Neste cálculo, tem-se o total no Estado do Amazonas de 1.101.738 veículos com o quantitativo de pneus em aproximadamente 3.794.830. Ao fazer-se uma rápida comparação, e a considerar os dados IBGE (2022), com área territorial de 1.559.255,881 km², o Estado do Amazonas possui 2,53 habitantes por km², ao passo que possui 410,89 pneus por km². Este cálculo de pneus/km², ainda que aproximado, leva a classificação de número em potencial pelo fato de tais pneus ainda estarem em uso, rodando nos diversos veículos ou em vias de substituição. Este comparativo valida a preocupação, em termos quantitativos, do número significativo ao raciocinar-se com o descarte indevido destes itens. A política Nacional de Resíduos Sólidos, regido pela Lei nº 12.305/2010 (PNRS), tem a sua essência voltada para o cumprimento de cada imposição, para que todo e qualquer descarte seja feito de forma correta, onde visa contribuir com as normas estabelecidas (SILVA, 2021).

4.1 QUANTIDADE DE PNEUS A NÍVEL NACIONAL

Nas pesquisas realizadas via site foram encontradas informações sobre uma instituição que adota o sistema de logística reversa de pneus inservíveis a nível nacional. A Reciclanip é uma entidade que reúne os maiores fabricantes desse produto no Brasil. Ela organiza a chamada logística reversa, ou seja, o recolhimento de pneus inutilizáveis e destinação correta (SILVA, *et al.*, 2022). Os fabricantes nacionais de pneus destinaram, de forma ambientalmente correta, 441 mil toneladas de pneus inservíveis em 2022. O programa é desenvolvido por meio de parceiros, na maioria dos casos com prefeituras, que cede um terreno dentro de normas específicas de segurança e higiene. Este local é usado para recolher e armazenar o material vindo de origens diversas, como borracharias, revendedoras e dos próprios cidadãos.

4.2 QUANTIDADE DE PNEUS A NÍVEL REGIONAL

No estado do Amazonas as empresas têm implementado práticas sustentáveis para minimizar o impacto ambiental em relação aos pneus descartados, porém, tais condutas ainda estão limitadas a apenas 2 (duas) cidades. Conforme RELATÓRIO PNEUMÁTICOS – 2022 (IBAMA, 2022), existem cadastrados no Estado do Amazonas, 11 postos de coletas de pneus inservíveis, sendo 10 na capital Manaus e 1 na cidade de Parintins. Apesar de constarem 11 pontos de coletas dentro do Estado, o limite de capacidade de recolhimento está em 14.198 unidades inservíveis. Tal número de recolhimento não atende minimamente às projeções de descarte dentro do Estado do Amazonas, conforme números descritos na Tabela 1. Leva-se em conta, que o Amazonas ainda possui 60 municípios sem o obrigatoriedade de postos de coleta, pelo fato destes conterem uma população inferior a 100.000 habitantes; também não há muita divulgação de informações ou notícias sobre Programas de

Gerenciamento de Pneus (PGP) nas demais cidades do interior, conforme prescreve em normatizações específicas.

Com base em pesquisa de campo realizada, foi observado que a empresa pesquisada acumula um rejeito que pode ser adicionado a outros compostos que pode ser transformado em um produto a ser viável a economia local. Porém ainda muito prematuro, pois devemos efetuar pesquisas e mensurar a viabilidade do negócio para propor a pesquisa e desenvolvimento no campus Manaus juntamente com o apoio de empresas que podem se interessar nesse nicho que pode agregar valor desse rejeito.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O descarte adequado de resíduos sólidos é um dos grandes desafios ambientais a ser resolvido. Devido a quantidade crescente de veículos no Brasil, a geração de pneus inservíveis assume aspectos preocupantes corroborados pela presente pesquisa, mas que ao mesmo tempo explora o grande potencial que a logística reversa, como ferramenta da Economia Circular, nos apresenta uma oportunidade economicamente viável de um resíduo que foi considerado rejeito há décadas atrás. Assim, esta pesquisa buscou destacar, também, a preocupação em identificar soluções para os pneus no fim da vida útil na fabricação de outros produtos, aliando a sustentabilidade econômica com a ambiental.

As pesquisas das atividades desenvolvidas que envolvem os pneus inservíveis como matéria-prima, contribui para obtenção de informações precisas e necessárias para demonstrar que estado do Amazonas estabelece, com base na Lei nº 5.737/2009, que empresas exerçam suas demandas de descarte de pneus inservíveis de forma sustentável. A declaração do atual Governador do estado do Amazonas, Sr. Wilson Lima, expressa uma tendência: “Agora as empresas serão obrigadas a assumirem a responsabilidade ambiental que cabe a elas” que marca mais um passo em direção à aplicação da logística reversa, afirmou Eduardo Taveira, secretário de Estado do Meio Ambiente. A empresa, pioneira no segmento, já tem realizado este trabalho e de forma crescente pretende ampliar o engajamento e apoio de pequenos comerciantes, borracheiros e empresas do distrito industrial.

Desta forma, o presente trabalho observou e analisou a produção, mapeou processos produtivos, o planejamento logístico das coletas dos pneus, averiguar e ponderar de forma mais científica a correta destinação de um produto considerado rejeito até o momento. A empresa pesquisada adota princípios da Economia Circular, ao entrar no mercado com uma proposta de negócio inovadora fabricando pisos emborrachados utilizando como matéria-prima um resíduo (pneus). Esta inovação do modelo de negócios que cria valor a partir dos resíduos, de tal forma a desacelerar o consumo de insumos virgens, estreitando e/ou fechando o *loop* de produção, o que está de acordo com os trabalhos de Bocken *et al.*, (2016). No que se refere à reciclagem, Bocken *et al.*, (2016) enfatizam que os recursos “residuais”



devem ser reciclados, tornando-se materiais com propriedades equivalentes às do material original. Isso requer reciclagem primária (de circuito fechado), também conhecida como *upcycling*".

Pesquisas futuras podem aprofundar estudos para verificar a viabilidade econômica e produtiva da granulação mais fina, considerada como rejeito e estocada até se encontrar a viabilidade correta de uso. Pesquisas laboratoriais em instalações do Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia do Amazonas se farão necessárias para possíveis parcerias, com foco na obtenção de novos produtos. Tratativas já estão sendo realizadas para coordenar, planejar, desenvolver e viabilizar as ações que perpetuem essa proposta. É necessário que todos os campos do conhecimento busquem produzir soluções para as complexas questões que se nos apresentam (VENTURE *et al.*, 2021).



REFERÊNCIAS

AMERA, empresa de coleta e transformação na destinação de pneus usados em Manaus, site de informações sobre a empresa. Disponível em: <https://amera.com.br/quem-somos/>. Acesso em 12 jun 2023.

ANDERSEN, Mikael Skou. An introductory note on the environmental economics of the circular economy. *Sustainability Science*, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 133-140, 2007. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11625-006-0013-6>. Acesso em: 16 mar. 2019.

BOCKEN, Nancy MP et al. Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of industrial and production engineering*, v. 33, n. 5, p. 308-320, 2016.

BORGES, Nivans Fernandes et al. O DESTINO DOS PNEUS INSERVÍVEIS: ESTUDO DE CASO EMPRESA DAMIANI PNEUS. *Revista Científica Rumos da Informação*, v. 3, n. 2, p. 39-53, 2022.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução 416, de 30 de setembro de 2009. Disponível em: <http://conama.mma.gov.br/>. Acesso em: 11 junho 2023.

CONRADO, M. Um caminho para os pneus inservíveis. *Pneus e Cia*, ano 1, n. 9, p. 16-20, São Paulo, mar./abr. 2009.

DERHAB, Neama; ELKHWESKY, Zakaria. A systematic and critical review of waste management in micro, small and medium-sized enterprises: future directions for theory and practice. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 30, n. 6, p. 13920-13944, 2023.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, E.; ZUMWINKEL, K.; STUCHTEY, M. R. Growth within: a circular economy vision for a competitive Europe. Ellen MacArthur Foundation, 2015.

GABRIEL, Braian et al. Logística reversa na indústria de pneus. *Sul-Mineiro Business Management Journal*, v. 2, n. 2, p. 36-55, 2020.

GHISELLINI, P.; CIALANI, C.; ULGIATI, S. A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, [s.l.], v. 114, p. 11–32, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>. Acesso em: 22 de nov. 2018.

HALOG, A.; ANIEKE. S. A review of Circular Economy studies in developed countries and its potential adoption in developing countries. *Circular Economy and Sustainability*, v. 1, n.1, p. 209- 230, 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Cidades e Estados 2022. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/am/.html?>. Acesso em 03/09/2023.

IGLÉSIAS, Fabricio Agrizzi et al. Caracterização da Logística Reversa de Pneus Automotivos no Brasil. Faculdade Integradas de Aracruz. Departamento de Engenharia de Produção. Aracruz. ES.2019. KHERBASH, Oualid; MOCAN, Marian Liviu. A review of logistics and transport sector as a factor of globalization. *Procedia Economics and Finance*, v. 27, p. 42-47, 2015.

KORHONEN, Jouni; HONKASALO, Antero; SEPPÄLÄ, Jyri. Circular Economy: The Concept and its Limitations. *Ecological Economics*, [s.l.], v. 143, p. 37-46, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041> Acesso em: 03 de jun. 2023.



LEITE, Andressa Ferreira Ramalho. Ecoinovação e rentabilidade: uma análise correlacional em hospedagem. 2021. 139f. Tese (Doutorado em Turismo) - Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2021.

MCDONOUGH, William; BRAUNGART, Michael. Cradle to cradle: Remaking the way we make things. North point press, [s.l.], 2010. E-book.

MARTINS, Leilson Lima. Logística reversa de pneus usados e inaproveitáveis: um estudo de caso em uma empresa do município de Araguaína - TO. Brasil. 2022. 29 f. TCC (Graduação) - Curso de Logística, Universidade Federal do Tocantins, Araguaína, 2022.

MELO, Angelo et al. Logística reversa: um estudo aplicado ao descarte de pneus em pequenos municípios do Rio Grande do Sul. 2018.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES - Frota de veículos em março de 2023. Disponível em <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-Senatran/frota-de-veiculos-2023>. Acesso em 14 de junho de 2023.

MURAD, Renata. Programa de logística reversa pós consumo como ferramenta para implantação da gestão da cadeia de suprimentos verde: estudos de caso de pneus e freio a disco. Tese de Doutorado. FGV EAESP - Escola de Administração de Empresas de São Paulo. 2020.

MURRAY, Alan; SKENE, Keith; HAYNES, Kathryn. The circular economy: an interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. Journal of business ethics, v. 140, p. 369-380, 2017.

NEIS, Mariana; SANTANA, Ruth Marlene Campomanes; MORISSO, Fernando Dal Pont. Influência da adição de resíduo de pneu em matriz de SEBS para aplicação em pisos industriais. Matéria (Rio de Janeiro), v. 27, p. e13139, 2022.

ODA, S.; FERNANDES JÚNIOR, J. L. Borracha de pneus como modificador de cimentos asfálticos para uso em obras de pavimentação. Acta Scientiarum, Maringá, 40 v. 23, n. 6, p. 1589-1599, 2001. Disponível em: <http://www.ibict.br>. Acesso em: 11 junho 2023.

OLIVEIRA, Katherine K. de; SILVA, Joel Dias da. Avaliação do Desempenho da Logística Reversa de Pneus inservíveis em Blumenau (SC). ENSUS 2021 - IX Encontro de Sustentabilidade em Projeto. Blumenau-SC. 2021.

RECICLANIP. Formas de destinação: principais destinações. 2019b. Disponível em: <https://www.reciclanip.org.br/formas-de-destinacao/principais-destinacoes/>. Acesso em: 13 junho 2023.

Relatório de Pneumáticos: Resolução Conama nº 416/09 2022 (ano-base 2021). Disponível em https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/emissoes-e-residuos/residuos/arquivos/relatoriopneumaticos/2023-05-26_pontos_de_coleta_de_pneus_inserviveis_2022.pdf. Acesso em 02 de setembro de 2023.

RODRIGUES, J. R. F.; BEZERRA, L. G. S. Principais técnicas para a reutilização de pneus inservíveis no Brasil. Rev. Bras. Gest. Amb. Sustent. [online]. 2021, vol. 8, n. 20, p. 14071417. ISSN 2359-1412. DOI: 10.21438/rbgas(2021)082010.



SANTOS, L. de A. A., Botinha, R. A., & Leal, E. A. A contribuição da Logística Reversa de Pneumáticos para a Sustentabilidade Ambiental. RACE - Revista De Administração, Contabilidade E Economia, 12(2), 339–370. 2014.

SILVA, Glênio Oliveira da; OLIVEIRA, Guilherme Saramago de; SILVA, Michele Maria da. Estudo de caso único: uma estratégia de pesquisa. Revista Prisma, v. 2, n. 1, p. 78-90, 2021.

TRUDSØ, Louise Lynn et al. The need for environmental regulation of tires: Challenges and recommendations. Environmental Pollution, v. 311, p. 119974, 2022.

VUCOVIC, Nicolas Fernandes. Avaliação de alternativas para descarte e reuso de pneus: Incorporação na massa asfáltica para produção de asfalto borracha. Universidade Federal de São Paulo. Instituto de Ciências e Tecnologias. São Paulo-SP. 2021.

VENTURA, Andréa Cardoso; DAVEL, Eduardo Paes Barreto. Impacto socioambiental da pesquisa. Organizações & Sociedade, v. 28, p. 710-721, 2021.