

Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba

**AS PRINCIPAIS CONSEQUENCIAS DO DESCARTE E
RECICLAGEM DOS PNEUS NO MEIO AMBIENTE**

Carlos Eduardo Mathias Alves Pereira

Pindamonhangaba - SP 2023

Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba

**AS PRINCIPAIS CONSEQUENCIAS DO DESCARTE E
RECICLAGEM DOS PNEUS NO MEIO AMBIENTE**

Carlos Eduardo Mathias Alves Pereira

Monografia apresentada à Faculdade de
Tecnologia de Pindamonhangaba para
graduação no Curso Superior de Tecnologia
em Manutenção Industrial

Orientador (a): Prof. Me Amir Rivaroli Junior

Pindamonhangaba - SP 2023

:

R000e Rutter, Rosemberg de Oliveira

Estudo da ocorrência de abertura espontânea da escotilha relacionada a corrosão sob tensão em tampas de Alumínio utilizadas em latas de bebidas carbonatadas / Rosemberg de Oliveira Rutter / FATEC Pindamonhangaba, 2011. x,78f.: il.; 30 cm.

Orientador Prof. Alexandre Sartori

Co-Orientadora Prof^a Dra Cristina de Carvalho Ares Elisei
Monografia (Graduação) – FATEC – Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba. 2011

1.Blowout. 2.Corrosão sob tensão.3.Fadiga.
4.Latinhas de alumínio. I. Sartori, Alexandre II. Elisei, Cristina de Carvalho Ares Título.

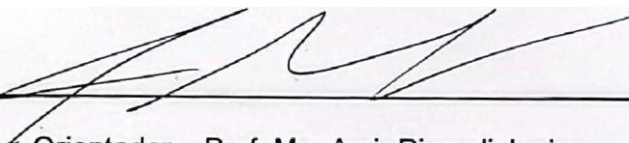
Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba

**AS PRINCIPAIS CONSEQUENCIAS DO DESCARTE E
RECICLAGEM DOS PNEUS NO MEIO AMBIENTE**

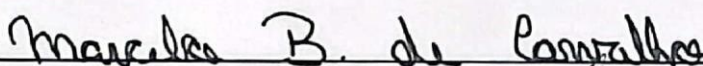
Carlos Eduardo Mathias Alves Pereira

Monografia apresentada à Faculdade de
Tecnologia de Pindamonhangaba para
graduação, no Curso Superior de
Tecnologia em Manutenção Industrial.

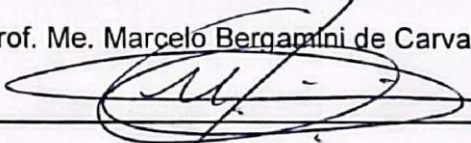
Comissão Examinadora



Orientador – Prof. Me. Amir Rivaroli Junior



Membro – Prof. Me. Marcelo Bergamini de Carvalho



Membro – Tecnólogo Mauro Rezende Soares

Pindamonhangaba, 27 de junho de 2024.

Fatec Pindamonhangaba

TERMO DE AUTORIZAÇÃO - Depósito e disponibilização dos Trabalhos de Graduação no Repositório Institucional do Conhecimento (RIC-CPS)

Nós, alunos abaixo assinados, regularmente matriculados no Curso Superior de Tecnologia em Nome do curso na qualidade de titulares dos direitos morais e patrimoniais de autores do Trabalho de Graduação intitulado Título do TG, apresentado na Fatec Pindamonhangaba, município de Pindamonhangaba, sob a orientação do(a) Prof. ^(a): Nome do Orientador, apresentado na data dd/mm/aaaa, cuja nota é _____, informamos que o nosso trabalho foi indicado pela banca examinadora para ser disponibilizado na íntegra no Repositório Institucional do Conhecimento (RIC-CPS).

(OBS: Apenas trabalhos com nota igual ou maior que 9 (nove) podem ser indicados a serem disponibilizados na íntegra para consulta no RIC-CPS)

Sendo assim,

Autorizamos o Centro Paula Souza a divulgar o documento, abaixo relacionado, sem ressarcimentos de Direitos Autorais, no Repositório Institucional do Conhecimento (RIC-CPS) e em outros ambientes digitais institucionais, por prazo indeterminado, para fins acadêmicos, a título de divulgação da produção científica gerada pela unidade, com fundamento nas disposições da Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998 e da Lei nº 12.853, de 14 de agosto de 2013.

Não autorizamos o Centro Paula Souza a divulgar o conteúdo integral, do documento abaixo relacionado, até a data ____/____/____. Após esse período o documento poderá ser disponibilizado sem ressarcimentos de Direitos Autorais, no Repositório Institucional do Conhecimento (RIC-CPS) e em outros ambientes digitais institucionais, por prazo indeterminado, para fins acadêmicos, a título de divulgação da produção científica gerada pela unidade, com fundamento nas disposições da Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998 e da Lei nº 12.853, de 14 de agosto de 2013.

Não autorizamos a divulgação do conteúdo integral do documento abaixo relacionado, sob a justificativa:

O trabalho contou com agência de fomento¹: Não CAPES CNPq Outro (especifique):

Atestamos que todas as eventuais correções solicitadas pela banca examinadora foram realizadas, entregando a versão final e absolutamente correta.

Pindamonhangaba, 20 de Agosto de 2024.

¹ Agência de fomento à pesquisa: instituições que financiam projetos, apoiam financeiramente projetos de pesquisa.

**DECLARAÇÃO DO ORIENTADOR, COM CIÊNCIA AO CUMPRIMENTO DAS EXIGÊNCIAS DA
COMISSÃO EXAMINADORA DE DEFESA DO TRABALHO DE GRADUAÇÃO**

Declaro que o graduando Carlos Eduardo M.A. Pereira, inscrito no CPF sob o número 479958208-55, concluinte do curso de Tecnologia em Manutenção Industrial, da Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba sob o RA número 133069211307, cumpriu as exigências indicadas pelos membros da Comissão Examinadora, quando da apresentação oral do seu Trabalho de Graduação (TG), realizado em 27/06/2024, com o seguinte título: As Principais Consequências do Descarte e Reciclagem dos Resíduos na nossa Ambiente.

Pindamonhangaba, 20 de Agosto de 2024.

Amir Rivaroli Junior
Nome do Prof. Orientador

Assinatura do Prof. Orientador

DEDICATÓRIA

Carlos Eduardo Mathias Alves Pereira

Dedico este trabalho a minha família que dedicou todo apoio necessário para que com bravura concluísse o tecnólogo e aos professores que contribuíram para o aprendizado durante todos os semestres.

AGRADECIMENTO

Carlos Eduardo Mathias Alves Pereira

Agradeço a todos que contribuíram para a realização deste trabalho. Aos meus familiares, que proporcionaram toda a ajuda necessária e aos amigos de classe, com quem tive a oportunidade de estar presente durante esses anos para aprender e sobretudo sai com gratificação levando um pouco de cada experiência comigo

“A maior recompensa para o trabalho do homem não é o que ele ganha com isso, mas o que ele se torna com isso.” (John Ruskin)

PEREIRA, C. E. M. A.; MOURA, H. F. P. **As Principais Consequências do Descarte e Reciclagem dos Pneus no Meio Ambiente**. 2023, 39P. Trabalho de Graduação (Curso de Tecnologia em Manutenção Industrial). Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba. Pindamonhangaba. 2023.

RESUMO

Os pneus sem utilidade representam um problema ambiental complexo, devido à sua difícil decomposição e ao seu volume considerável. O descarte inadequado desses pneus causa danos ao meio ambiente e promove a propagação de agentes causadores de doenças humanas. Embora a indústria de recauchutagem prolongue a vida útil dos pneus, ela também gera um aumento na produção de resíduos. Este estudo teve como objetivo contribuir para a logística reversa de pneus sem utilidade, avaliando como a incorporação de diferentes quantidades de resíduos de borracha provenientes da recauchutagem de pneus (com teores de 6% e 9% em massa) afeta um tipo alternativo de concreto, destinado à produção pré-fabricada de elementos e componentes para uso na construção civil. Para alcançar esse objetivo, foram conduzidos experimentos que incluíram a caracterização física dos resíduos e dos materiais usados no concreto. Os resultados indicaram que todas as composições avaliadas atenderam aos padrões estabelecidos pela NBR 9781 (ABNT, 2013) para a fabricação de elementos e componentes pré-fabricados. Pode-se concluir com os estudos a importância do descarte correto e da reciclagem dos pneus, principalmente pelos danos severos ao meio ambiente quando não descartados corretamente e dos ganhos apresentados quando reutilizados de maneira ideal.

Palavras-chave: Reciclagem, pneus, descarte, meio ambiente, resíduos.

PEREIRA, C. E. M. A.; MOURA, H. F. P. **The main consequences of discarding tires and Recycling on the environment.** 2023, 39p. Undergraduate Work (Technology Course in Industrial Maintenance). Pindamonhangaba College of Technology. Pindamonhangaba. 2023.

ABSTRACT

Useless tyres represent a complex environmental problem due to their difficult decomposition and considerable volume. Improper disposal of these tires causes damage to the environment and promotes the spread of human disease-causing agents. While the retreading industry extends the life of tires, it also generates an increase in waste production. This study aimed to contribute to the reverse logistics of useless tires, evaluating how the incorporation of different amounts of rubber waste from tire retreading (with 6% and 9% by mass content) affects an alternative type of concrete, intended for the prefabricated production of elements and components for use in civil construction. To achieve this goal, experiments were conducted that included the physical characterization of the waste and the materials used in the concrete. The results indicated that all the compositions evaluated met the standards established by NBR 9781 (ABNT, 2013) for the manufacture of prefabricated elements and components. It can be concluded from the studies the importance of the correct disposal and recycling of tires, especially due to the severe damage to the environment when not disposed of correctly and the gains presented when reused in an ideal way.

Keywords: Recycling, tires, disposal, environment, waste.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Constituição do pneu.....	23
Figura 2 - Passivo ambiental	30
Figura 3 - Ciclo de vida dos pneumáticos	31
Figura 4 - Total de vendas de pneus 3º trimestre (milhões de unidades).....	33
Figura 4 - Produção de pneus (milhões de unidades)	34
Figura 5 - Pontos de coleta de pneus inservíveis declarados por estado (2016).	35
Figura 6 - Produtos fabricados a partir da reutilização dos resíduos de pneus.	36
Gráfico 1 - Tecnologias utilizadas na destinação de pneus inservíveis (toneladas). .	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição química média de um pneu	25
Tabela 2. Comparação dos materiais contidos em pneus	26
Tabela 3 - Tecnologia de destinação final e quantidade total de pneus inservíveis em 2017.	37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 PROBLEMA.....	15
1.2 OBJETIVOS.....	15
1.2.1 Objetivo Geral.....	15
1.2.2 Objetivos Específicos	15
1.3 JUSTIFICATIVA	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 MEIO AMBIENTE.....	17
2.2 HISTÓRIA DOS PNEUS.....	21
2.2.1 <i>Constituição e composição dos pneus</i>	<i>22</i>

2.2.2 <i>Reciclagem dos pneus</i>	26
3 METODOLOGIA	28
4- RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5 CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

A invenção dos pneus desempenhou um papel crucial na melhoria e intensificação do transporte de mercadorias e pessoas, a ponto de que ainda hoje a maioria dos sistemas de transporte depende deles como componente fundamental. No entanto, quando esses pneus atingem o fim de sua vida útil, devido à ampla utilização, eles representam um desafio significativo em termos de logística reversa, tornando-se um problema ambiental difícil de ser resolvido devido à sua decomposição lenta e ao seu tamanho considerável.

O descarte inadequado desses pneus resulta em problemas visuais, como pilhas de pneus ao ar livre, e riscos ambientais, como a formação de acumulações de pneus em leitos de rios, emissão de substâncias tóxicas no ar, criação de ambientes propícios para vetores de doenças e incêndios difíceis de controlar. De acordo com a Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP), em 2016, o Brasil produziu cerca de 67.870,35 pneus novos, dos quais aproximadamente 35 milhões foram descartados. No primeiro quadrimestre de 2017, houve um aumento na produção, especialmente de pneus agrícolas (33,6%) e de caminhonetes (12,2%).

É importante destacar que todos os pneus, em algum momento, se tornam resíduos potencialmente prejudiciais à saúde pública e ao meio ambiente. Portanto, é crucial encontrar uma solução para o descarte adequado desses produtos no final de sua vida útil.

Para abordar esse problema, a Resolução nº 258 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) de 2009 estabeleceu que os fabricantes são responsáveis por garantir a destinação adequada dos pneus descartados, com a obrigação de dar uma destinação adequada para cada novo pneu introduzido no mercado. Graças a essa regulamentação, mais de 1.008 pontos de coleta foram estabelecidos, resultando na coleta ecologicamente adequada de cerca de 90 milhões de pneus em 2014. Uma das soluções é a reciclagem, que pode ser mecânica, mantendo as propriedades químicas do material, como reforma e recuperação, ou química/industrial, alterando a composição química do pneu. A recauchutagem de pneus ajuda a reduzir o volume de resíduos, mas as bandas de rodagem substituídas também exigem descarte adequado. Várias alternativas estão em estudo para o uso desses resíduos.

Várias indústrias estão buscando a utilização de materiais com misturas com porcentagens de pneus reciclados, seja em coprocessamento, laminação, granulação entre outros.

Um dos exemplos é o concreto, material amplamente utilizado na construção civil, resultante da combinação de cimento, agregados (como pedra e areia) e água. Pesquisadores têm investigado a viabilidade de incorporar resíduos de recauchutagem de pneus na fabricação de concreto, visando melhorar algumas de suas propriedades e reduzir o impacto ambiental causado pelo descarte inadequado de pneus. Embora essas adições possam diminuir a qualidade de alguns produtos, esses tipos de processamentos são bem-vistos pelo meio ambiente.

Pensando nestes problemas, foi proposto um trabalho com o objetivo de contribuir para o estudo da logística reversa de pneus sem utilidade, avaliando os possíveis meios de aproveitamento, bem como os impactos ambientais quando é descartado diretamente no meio ambiente. A ideia é determinar assim quais indústrias são possíveis de reciclar esse produto, determinando assim a possibilidade de serem mais bem utilizados quando em final de vida.

1.1 PROBLEMA

Com base no exposto acima a seguinte problemática foi desenvolvida: Quais as principais melhorias e quantidades possíveis de material de reciclagem de pneus nos meios produtivos.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar as principais consequências do descarte e reciclagem dos pneus no meio ambiente de maneira geral.

1.2.2 Objetivos Específicos

Abordar a importância da sustentabilidade.

Explorar os impactos da reciclagem na qualidade do meio ambiente.

1.3 JUSTIFICATIVA

A poluição do ar e do meio ambiente está se tornando um assunto de grande preocupação nos últimos anos. A busca por alternativas que facilitem a utilização da reciclagem de produtos é uma premissa nas nações mais modernas.

Os ganhos com as reciclagens, em todos os aspectos, não têm como se medir de maneira tão fácil, porém a importância desse assunto é fundamental para as nações do futuro.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 MEIO AMBIENTE

Nos últimos anos, tem havido um consenso crescente de que a educação ambiental deve ser orientada em torno da ideia de 'desenvolvimento sustentável'. A educação ambiental está sendo cada vez mais incorporada enquanto prática de inovação em vários âmbitos. É possível destacar nesse contexto a internalização enquanto alvo de políticas públicas educacionais (SILVA, 2020).

Assim como a incorporação em esferas capilarizadas como é o caso das mediações educativas através de diversas práticas para desenvolvimento social. A título de exemplo podem ser citadas a diversidade das atividades e dos projetos de desenvolvimento trazidos pelas ações de extensões como resposta às demandas advindas da transição ambiental na esfera rural. Nessas mudanças que ocorrem no mundo rural e que constituem práticas sociais onde se pode constatar a incorporação de um ideal de valores ambientais, é possível observar como exemplo o interesse crescente pela produção agroecológica, medicinais alternativas, ecoturismo, etc. são práticas associadas à educação ambiental no tocante à difusão e valorização da paisagem do campo (CARVALHO, 2011).

Na educação para as questões ambientais, há duas correntes predominantes no mundo, a educação ambiental (EA) e a educação para o desenvolvimento sustentável (EDS), acreditamos que no atual cenário vivenciado a educação para o desenvolvimento sustentável é essencial, no entanto, essa deve estar integrada na educação ambiental (FERRARI, 2014)

A EDS é o compromisso formal e, portanto, promovido pelas Nações Unidas, para garantir que os países alcancem o desenvolvimento sustentável. Em contraste, a EA foi a primeira tendência educacional com uma abordagem de proteção ambiental.

O desenvolvimento e o fortalecimento das lutas pela defesa do meio ambiente chamar a atenção para as relações mantidas entre a humanidade e o meio ambiente e, aos poucos, despertaram a sociedade para a consciência da necessidade de refletir sobre elas e como modificá-las. Para que esse processo ocorresse, foi fundamental o trabalho de educação ambiental, estimulando os indivíduos a repensarem suas ações cotidianas, a fim de reformularem suas atitudes

perante o mundo e procurar soluções para os problemas ambientais, embora nessa época ainda subsistisse um perfil conservador, uma vez que procurou desenvolver apenas a sensibilidade humana para com a natureza.

Em 1972, a Conferência das nações ligadas sobre o Meio Ambiente Humano foi realizada em Estocolma. organizada pela organização das nações Unidas (ONU), esta conferência tem como objetivo discutir questões ambientais em nível planetário. A Conferência de Estocolma, como ficou conhecida, é considerada o primeiro grande movimento ambiental global. Este evento considerou a educação em questões ecológicas como um elemento essencial para uma melhor qualidade de vida. Segundo ele, a educação é um processo de conscientização e disseminação do conhecimento ambiental necessário aos indivíduos (RUFINO; CRISPIM, 2015).

Em decorrência disso, a educação Ambiental tornou-se mais importante em função de sua necessidade para o desenvolvimento da sociedade (FERRARI, 2014) e para a redução da degradação ambiental. À época da Conferência de Estocolma, o Pau-Brasil já enfrentava diversos problemas ambientais (poluição do ar poluição dos rios, falta de saneamento básico, necessidade de racionamento de água, etc.).

No entanto, nesse período o país vivenciou o famigerado "milagre econômico" da ditadura militar, caracterizado pela aceleração do crescimento do produto Interno Bruto (PIB) nacional, mas, paradoxalmente, pela maior concentração de renda e desigualdade social. Para sustentar esse crescimento econômico, o governo brasileiro se posicionou negativamente sobre as questões ambientais na Conferência de Estocolma, considerando-as um obstáculo ao desenvolvimento do país (RUFINO; CRISPIM, 2015).

Já o cenário ambiental era a construção de hidrelétricas para sustentar o consumo de energia nas indústrias, a expansão dos canaviais para produzir álcool como combustível, projetos megalomaniacos como a construção da rodovia Transamazônica e a construção de usinas nucleares em Angra dos Reis. (BARCELOS, 2003), vinculado a esse desmatamento, à contaminação das nascentes aos desequilíbrios ambientais gerados pelas monoculturas e aos problemas ecológicos ligados à urbanização desordenada.

Um dos exemplos da política desenvolvimentista, é o slogan para atrair a instalação de fábricas utilizado pelo estado de Goiás, um dos donos de grande parte da Amazônia legal: Traga sua contaminação para o Estado de Goiás (MARTINS,

2002). E assim foi em todos os governos militares: na tentativa de manter o chamado “milagre econômico”, evitou-se politizar as questões ambientais. Em 1977, ocorreu a 1ª Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental, organizada pela UNESCO e que produziu a declaração de Tbilisi (CRUZ; ZANON, 2013).

As recomendações da conferência, sugeriu-se que a educação ambiental seja trabalhada de forma holística e interdisciplinar, como tema transversal, pois resulta da reorientação e compatibilização de diferentes disciplinas e experiências educacionais. A Declaração de Tbilisi também recomendou que os países incorporassem conteúdo, diretrizes e atividades ambientais em seus sistemas educacionais para facilitar uma compreensão abrangente das questões ambientais e fornecer a educação necessária para agir. Ela especificou que a educação ambiental não significa apenas conhecer a fauna e a flora mas também deve refletir aspectos sociais, econômicos, científicos, tecnológicos, culturais, ecológicos e éticos. Ao contrário, na Conferência de Tbilisi, o Ministério da Educação e Cultura (MEC) produziu um documento intitulado “Ecologia: uma proposta para o ensino do 10º e 20º anos”, que tratava da educação Ambiental apenas nos aspectos físicos, despojando-a das questões sociais, culturais e políticas (DIAS, 2008).

No Brasil, a luta social teve sua atenção marginalizada em relação ao meio ambiente devido a concentração dessas lutas contra o autoritarismo e a ditadura militar. Foi isso que fez com que se relegasse a segundo plano as discussões ecológicas, tidas como menor urgente em relação a outras questões sociais.

Como o Brasil estava sob o regime militar, a luta dos movimentos sociais era centrada na luta contra o regime e o autoritarismo. Com isso, a discussão das questões ecológicas ficou despercebida, precisou de tempo para ganhar uma boa visibilidade junto a sociedade (GONÇALVES, 2001). Na década de 1970, a educação ambiental tinha um caráter predominantemente ambiental. Nas escolas até hoje existem controvérsia sobre questões ambientais por professores de ciências, biologia, geografia e química. É uma discussão técnica e não tem aspectos históricos, sociais, políticos e culturais (BARCELOS, 2003).

Desde então, ainda que timidamente, à luta pela democracia e demais direitos sociais soma-se a luta ambiental, que se manifesta nas ações isoladas de professores, alunos e da sociedade civil em geral, com ações educacionais voltadas para a proteção ambiental (URBAN, 2001). As primeiras medidas governamentais

brasileiras em favor das questões ambientais surgiram durante a década de 1970, sob pressão internacional que impõe medidas de proteção ambiental como condição para a concessão de empréstimos e investimentos (GONÇALVES, 2001).

A institucionalização da educação ambiental pelo governo federal ocorreu em 1973 com a criação da secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA), vinculada ao Ministério do interior que, entre outras funções, tinha por objetivo promover atividades educacionais voltadas para o meio ambiente (CARÁBAS, 1992).

Em 1985, no governo de José Sarney, a SEMA foi substituída pelo Ministério do Planejamento Urbano e Meio Ambiente (PECCATIELLO, 2011) que, com o trespasar dos governos viu sua denominação mudar, trespassando a ser até Ministério do Meio Ambiente, pois aconteceu em 1990, durante o mandato de Fernando Collor de Mello.

Parte do avanço da legislação ambiental, aconteceu em 1988, com a nova constituição brasileira que introduziu 225 questões relacionadas ao meio ambiente. Foi considerando que o meio ambiente passaria a ser um bem comum e essencial para uma vida, sendo direito de todos, brasileiros ou estrangeiros, impondo ao poder público e a comunidade o dever de defendê-la e preservá-la para os presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988).

Para garantir esse direito, uma das atribuições do poder público deve ser a promoção da educação Ambiental em todos os níveis de ensino, em busca da conscientização da população sobre a preservação do meio ambiente e o uso racional dos recursos naturais.

O conceito de sustentabilidade foi definido pela primeira vez pela Comissão Brundtland das Nações Unidas em 1987 como um desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades (DE ARAÚJO; CARNEIRO; PALHA, 2020). Brizolla et al. (2017) complementam que o termo desenvolvimento sustentável pode ser descrito como a melhoria da qualidade de vida e, assim, permitir que as pessoas vivam em um ambiente saudável e melhorem as condições sociais, econômicas e ambientais para as gerações presentes e futuras.

O desenvolvimento sustentável traduz a preocupação constante com os recursos naturais do presente sem comprometer a possibilidade das gerações

futuras de atenderem às suas próprias necessidades básicas de todos os humanos (DE ARAÚJO; CARNEIRO; PALHA, 2020).

2.2 HISTÓRIA DOS PNEUS

O pneu é reconhecido como uma notável inovação devido à sua significativa influência na mobilidade de bens e pessoas. Ao longo de uma série de fases de adaptação, em 1839, o cidadão norte-americano Charles Goodyear fez uma descoberta fortuita em um de seus experimentos. Ele percebeu que a borracha, quando exposta a elevadas temperaturas juntamente com enxofre, conservava suas características de elasticidade e resistência, independentemente das flutuações de temperatura. Este processo ficou conhecido como vulcanização, termo cunhado por William Brockendon, em homenagem ao deus romano Vulcano (PNEWS, 2013).

A inovação da vulcanização surgiu após uma série de tentativas com outras substâncias e revelou-se essencial para o avanço do pneu. Anteriormente, a borracha carecia de propriedades adequadas, derretendo-se em altas temperaturas e tornando-se rígida e frágil em baixas temperaturas. Veículos eram impulsionados por rodas revestidas de ferro ou madeira.

O próximo passo significativo foi dado por Robert Thompson em 1845, quando criou o pneu propriamente dito. Apesar da semelhança na forma, esse invento consistia em um conjunto de tubos envoltos por látex vulcanizado e revestido por couro, inicialmente usado em carroças e carruagens a vapor da época. Essa criação se configurou como o antecessor da câmara de ar dos futuros pneus (PNEWS, 2013). No entanto, o personagem central dessa narrativa, o veterinário escocês John Boyd Dunlop, deu o passo crucial cerca de quatro décadas depois. O ponto de partida foi uma observação casual envolvendo seu filho, que estava tendo dificuldades ao pedalar um triciclo com rodas de borracha vulcanizada que não eram duráveis. Em 1888, Dunlop teve uma epifania. Para solucionar esse problema, ele substituiu as rodas por câmaras infláveis de borracha flexível, protegidas por uma camada de lona e envolvendo um aro de madeira. Foi assim que surgiu o pneu com câmara de ar, que inicialmente equipou bicicletas, dando origem também à primeira empresa fabricante de pneus da história (PNEWS, 2013).

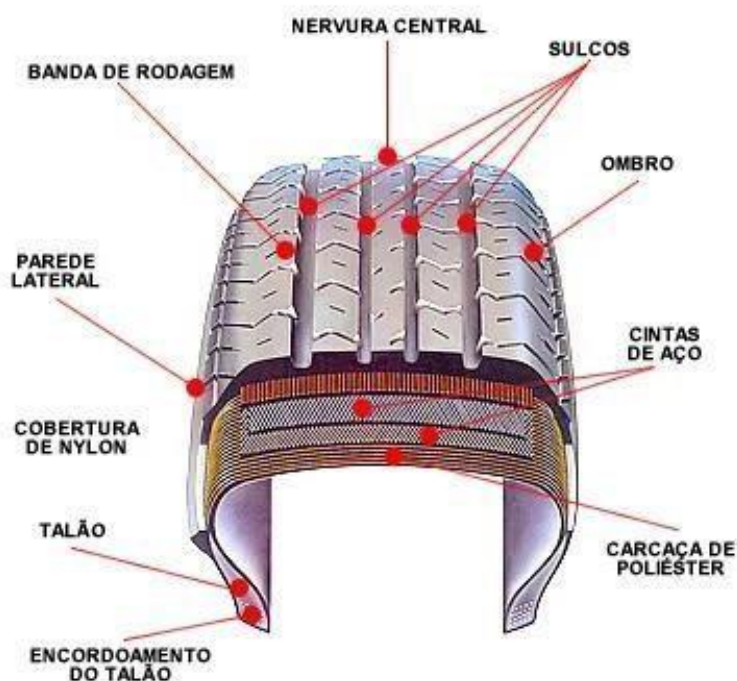
A partir desse ponto, uma nova era teve início, marcada pelo surgimento da indústria de pneus. Sucessivamente, algumas das maiores empresas do setor foram

fundadas e persistem até hoje: Dunlop (1888), Michelin (1889), Goodyear (1898), Firestone (1900) e Bridgestone (1931). Essas empresas desempenharam um papel crucial na formação do pneu, introduzindo inovações revolucionárias que moldaram o produto conforme o conhecemos hoje.

2.2.1 Constituição e composição dos pneus

O pneu, que recebe o nome técnico de pneumático, desempenha um papel de extrema importância no contexto de um veículo automotor. Essencialmente, ele consiste em um invólucro de borracha preenchido com ar, cuidadosamente encaixado na roda do veículo, viabilizando assim a sua movimentação enquanto absorve os impactos provenientes do contato com a superfície terrestre. Sua função abrange diversas responsabilidades críticas, tais como a capacidade de suportar as cargas impostas, a garantia de uma transmissão eficaz da potência gerada pelo motor, a promoção de uma condução estável com respostas ágeis durante as frenagens e acelerações, além de sua colaboração, em conjunto com o sistema de suspensão, para o conforto dos passageiros a bordo (SINDIPNEUS, 2013). De acordo com as informações disponíveis no site da empresa Brazil Tires (2017), o pneu é composto por várias partes, cujos detalhes estão descritos a seguir e visualmente representados na Figura 1.

Figura 1. Constituição do pneu



Fonte: Disponível em < <http://blog.srpneus.com.br/tudo-sobre-pneus-parte-1/> > .

Acessado em: 21/09/2023.

- Carcaça: Representa a porção robusta e estruturalmente sólida do pneu, projetada para receber e suportar a pressão, carga e choques associados ao funcionamento do veículo. Ela desempenha um papel fundamental na retenção do ar sob pressão, o que permite ao pneu sustentar o peso e a carga do veículo. A carcaça pode ser confeccionada a partir de diversos materiais, como poliéster, nylon ou aço. O processo de fabricação da carcaça exerce influência direta em aspectos cruciais relacionados à dirigibilidade do veículo, incluindo o equilíbrio, a geometria e a simetria do pneu.
- Talões: São construídos de acordo com especificações precisas de diâmetro, garantindo a segurança ao evitar que o pneu se desencaixe do aro (um fenômeno chamado destalonamento) quando sujeito a forças laterais. Internamente, são constituídos por arames de aço de alta resistência.
- Paredes laterais: Referem-se às partes laterais do pneu, conhecidas como costado. Elas são compostas por borrachas especialmente formuladas para oferecer um alto grau de flexibilidade e resistência à fadiga.
- Cintas (lonas): Consistem em feixes de camadas sobrepostas que têm a finalidade de suportar as cargas em movimento. Elas desempenham um papel crucial ao

proporcionar uma área de contato mais ampla com o solo, reduzindo a pressão exercida sobre ele.

- Banda de rodagem: É a parte do pneu que entra em contato direto com o solo e transmite a força do motor para a tração. Ela é caracterizada por blocos (as partes sólidas) e sulcos (as partes vazias) e deve oferecer tração, estabilidade, aderência e segurança, adaptando-se às diferentes condições do terreno.
- Ombros: Representam as extremidades da banda de rodagem e desempenham um papel fundamental na segurança durante curvas e manobras, proporcionando apoio necessário.
- Nervura central: É a parte central da banda de rodagem que tem um contato circunferencial com o solo, contribuindo para uma distribuição equilibrada da força de contato entre o pneu e o solo.

A classificação dos pneus inclui a distinção entre "com câmara" e "sem câmara". Os pneus "sem câmara" apresentam uma camada adicional de borracha especial na parte interna da carcaça. Essa categoria de pneus é considerada vantajosa por ser mais fácil de desmontar e montar, além de liberar o ar de forma mais lenta em caso de perfuração.

Quanto à composição dos pneus em termos de matéria-prima, Oliveira e Castro (2007) observam que a borracha desempenha o papel central, representando aproximadamente 40% do peso total do pneu. A borracha é subdividida em dois tipos distintos:

- Natural: Provém do látex, um polímero extraído da seringueira, conhecida como *Hevea brasiliensis*. A borracha natural oferece uma série de vantagens, incluindo a redução na produção de calor, uma elevada resistência a rasgos, boa capacidade de resistir ao desgaste e possui características elásticas que são benéficas na construção do pneu. É relevante destacar que a produção de pneus corresponde a aproximadamente um terço do consumo global de borracha natural.
- Sintética: É um tipo de elastômero, ou seja, polímeros que compartilham características físicas semelhantes às da borracha natural. A borracha sintética é obtida a partir de matérias-primas derivadas do petróleo ou gás natural. O seu uso na fabricação de pneus é responsável por aproximadamente dois terços do consumo total de borracha sintética em todo o mundo.

Além da borracha, os pneus são constituídos por diversos outros componentes, incluindo negro de carbono ou negro de fumo, fibras orgânicas como nylon e poliéster, arames de aço, produtos derivados do petróleo e uma variedade de outros produtos químicos.

O negro de fumo desempenha um papel fundamental ao tornar a borracha mais resistente e aprimorar seu desempenho. Durante o processo de vulcanização, a borracha é misturada com esse componente em um molde aquecido a temperaturas que variam de 120 a 170 °C, juntamente com enxofre, compostos de zinco e outros aceleradores de processo. No entanto, devido à sua dificuldade de reciclagem, o negro de fumo tem sido substituído pela sílica na fabricação dos chamados "pneus ecológicos" (ANDRIETTA, 2002).

A Tabela 1 apresenta uma média da composição química de um pneu, enquanto a Tabela 2 faz uma comparação dos materiais que compõem os pneus.

Tabela 1. Composição química média de um pneu

Elemento / composto	%
Carbono	70,0
Hidrogênio	7,0
Óxido de zinco	1,2
Enxofre	1,3
Ferro	15,0
Outros	5,5

Fonte: <http://farmaquimsa.blogspot.com/2010/08/reciclagem-de-pneus.html>

Tabela 2. Comparação dos materiais contidos em pneus

Material	Automóveis (%)	Caminhão (%)
Borrachas / Elastômeros	48,0	45,0
Negro de fumo	22,0	22,0

Aço	15,0	25,0
Tecido de Nylon	5,0	-
Óxido de zinco	1,0	2,0
Enxofre	1,0	1,0
Aditivos	8,0	5,0

Fonte: https://producao.ufes.br/sites/producao.ufes.br/files/field/anexo/2017_analise_sistemica_para_o_processo_de_coleta_de_pneus_inserviveis_para_uma_planta_de_destinacao_no_espirito_santo_2017.pdf

2.2.2 Reciclagem dos pneus

O descarte de resíduos de pneus tem causado um problema significativo de saúde e meio ambiente em todo o mundo. Quase 1 bilhão de toneladas de pneus são descartados a cada ano. Dentre os pneus descartados, apenas uma parcela muito pequena é reciclada, sendo que a maior parte é descartada no lixo ou em aterros sanitários sem nenhum tratamento seguro. Nas últimas décadas, resíduos de pneus têm sido usados em várias aplicações de engenharia geotécnica, como aterro de subleito, aterros sanitários, muros de contenção e reforço de taludes, etc. /misturas de solo. As propriedades de engenharia de diferentes tipos de resíduos de pneus reciclados - misturas de solo/areia, incluindo comportamento de compressão e deformação, propriedades de cisalhamento, características dinâmicas e características térmicas/microestruturais são investigadas (RUFINO; CRISPIM, 2015).

No processo de coleta de pneus inservíveis, a Reciclanip, uma entidade formada pelas fabricantes de pneus Bridgestone, Goodyear, Michelin, Pirelli, Continental e Dunlop, desempenha um papel crucial. Ela é responsável pelo transporte dos pneus a partir dos locais de coleta até as empresas de trituração, quando necessário, de onde os pneus serão encaminhados para sua destinação final. Os acordos estabelecidos com as prefeituras municipais têm sido essenciais para ampliar a rede de pontos de coleta de pneus em todo o país. Isso se reflete positivamente nos resultados anuais do Programa de Coleta e Destinação de Pneus Inservíveis, que têm apresentado resultados satisfatórios mês após mês.

As tecnologias utilizadas para uma destinação ambientalmente adequada, conforme declarado no Relatório de Pneumáticos em 2016 pelas empresas destinadoras, são as seguintes:

- **Coprocessamento:** Esta técnica envolve a utilização de pneus inservíveis como um substituto parcial de combustíveis em fornos de clínquer. Além disso, os pneus servem como uma fonte de elementos metálicos durante o processo. O coprocessamento de pneus é rigorosamente regulamentado para garantir que as emissões de gases e resíduos estejam dentro dos padrões ambientais. A técnica é vista como uma forma de gestão de resíduos que não apenas resolve o problema dos pneus descartados, mas também contribui para a sustentabilidade energética e a redução da pegada de carbono das indústrias envolvidas.

- **Laminação:** O processo de laminação é aplicado na fabricação de artefatos de borracha, onde a borracha é transformada em produtos por meio de moldagem e modelagem.

A técnica de laminação de pneus na fabricação de artefatos envolve o reaproveitamento da borracha de pneus inservíveis para a produção de diversos produtos, como tapetes, pisos, solados de sapatos, entre outros. Este processo contribui para a sustentabilidade ao reciclar materiais que, de outra forma, seriam descartados.

A técnica de laminação de pneus na fabricação de artefatos é uma abordagem eficiente e sustentável para o reaproveitamento de pneus inservíveis. Além de contribuir para a redução de resíduos e a preservação do meio ambiente, essa técnica possibilita a produção de uma variedade de produtos úteis e duráveis, promovendo a economia circular e a inovação na reciclagem de materiais.

- **Granulação:** Neste processo, a borracha é triturada em diferentes granulometrias, permitindo a separação e recuperação do aço incorporado nos pneus inservíveis.

Esses grânulos podem ser utilizados em várias aplicações industriais, desde a fabricação de novos produtos de borracha até a pavimentação de campos esportivos e playgrounds. O processo de granulação é uma solução eficiente e

sustentável para a gestão de resíduos de pneus, contribuindo para a redução do impacto ambiental.

- Pirólise: A pirólise é uma técnica de decomposição térmica da borracha realizada em condições controladas de baixa concentração de oxigênio ou na ausência completa de oxigênio. Esse processo resulta na produção de óleos, recuperação de aço e na obtenção de negro de fumo

3 METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido baseado em estudos de casos, principalmente levando em consideração dois fatores de extrema importância:

- Os principais riscos ao meio ambiente e a saúde quando do não aproveitamento dos pneus após a sua vida útil;
- Os principais processos e possíveis aplicações quando da reciclagem de maneira correta os pneus após a utilização.

Para entender todo o processo foram realizados vários estudos e pesquisas relacionado ao assunto de reciclagem e impactos ambientais relacionados a pneus.

O estudo por ser complexo teve que ser subdividido por assuntos.

- Resíduos sólidos e impactos ambientais:

Os pneus desempenham um papel de destaque nas discussões sobre os impactos ambientais e de saúde causados ao solo, ao ar e à água. Quando em uso, eles liberam partículas no ar que podem desencadear reações alérgicas em seres humanos. No entanto, ao chegarem ao final de sua vida útil, esses pneus se tornam um desafio de eliminação devido à sua natureza não biodegradável e à decomposição extremamente lenta, que pode levar cerca de 600 anos. Além disso, eles ocupam muito espaço e não são aceitos em aterros sanitários, o que muitas vezes leva ao seu descarte clandestino em áreas urbanas.

- Produção e destinação dos pneus no Brasil:

Para entendimento do volume de produção foram levantados os dados fornecidos pela ANIP (Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos) para o ano de 2017, onde se estudou o volume produzido por setor.

- Destinação da reciclagem de pneus no Brasil;

Foram estudadas as possíveis maneiras de se reciclar os pneus sem afetar o meio ambiente, e levantado os principais pontos de coletas no Brasil.

Após esses levantamentos de dados foi possível determinar os principais impactos ambientais, bem com as vantagens da reciclagem e principais utilizações do produto oriundo do reaproveitamento da matéria prima dos pneus descartados

4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Impacto ambiental causado pela deposição inadequada dos pneus

Embora os pneus sejam considerados materiais inertes, isentos de metais pesados e insolúveis em água, evitando assim a lixiviação de seus componentes nos lençóis freáticos, eles apresentam características peculiares que tornam seu descarte final desafiador, exigindo uma gestão eficaz. A disposição de pneus em aterros sanitários é desaconselhada devido à sua forma e composição, que dificultam a compactação, decomposição e redução da vida útil desses aterros.

Os pneus podem reter ar e gases internamente, causando sua expansão, semelhante a um balão, e emergindo na superfície do aterro, resultando na quebra da camada de cobertura. Isso expõe novamente os resíduos, atraindo insetos, roedores e aves. Além disso, a entrada de água da chuva é facilitada, resultando em maior produção de chorume. Quando os pneus estão na superfície, eles se tornam vetores de proliferação de insetos transmissores de doenças tropicais, como o *Aedes aegypti*, que transmite a dengue, bem como um ambiente propício para a reprodução de roedores, que podem transmitir doenças como a leptospirose.

Quando os pneus são descartados em locais a céu aberto, surgem dois problemas significativos: um de saúde pública, devido à formação de criadouros para vetores de doenças, e outro ambiental, pois a queima de pneus libera 10 litros de óleo e emissões gasosas tóxicas, incluindo carbono, dioxinas, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos e outras substâncias prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana. Com frequência, os pneus são abandonados em corpos d'água, como córregos, lagos ou rios, o que reduz a capacidade de escoamento desses cursos d'água, tornando-os

mais suscetíveis a enchentes e causando inundações em áreas próximas. Além disso, quando os pneus são empilhados e deixados expostos a céu aberto, há um aumento significativo no risco de incêndios.

A Figura 2 ilustra alguns desses riscos: (a) mostra o descarte irregular de pneus em oceanos; (b) demonstra a queima de pneus, liberando fumaça tóxica no meio ambiente; (c) ilustra a deposição de pneus a céu aberto; e (d) representa pneus obstruindo vias pluviais.

Figura 2 - Passivo ambiental



Fonte: Disponível em: <http://www.recicloteca.org.br/Default.asp>. Acessado em: 21/09/2023.

Devido aos problemas sanitários e ambientais causados pela destinação inadequada dos pneus inservíveis, esse assunto passou a ser motivo de regulamentação específica abrangendo as indústrias de pneus.

A Resolução nº 416 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), datada de 30 de setembro de 2009, estabelece diretrizes para a prevenção da degradação ambiental causada por pneus inservíveis e para sua destinação ambientalmente adequada. Em seu primeiro artigo, a resolução obriga os fabricantes e importadores de pneus novos com peso individual superior a 2,0 kg a coletar e dar

uma destinação adequada aos pneus inservíveis que se encontram em território nacional. Além disso, a resolução determina que distribuidores, revendedores, destinadores, consumidores finais e o poder público devem, em colaboração com fabricantes e importadores, implementar procedimentos para a coleta desses materiais. O ciclo completo, desde a produção até a destinação ambientalmente apropriada dos pneus, é representado na Figura 3.

Figura 3 - Ciclo de vida dos pneumáticos



Fonte: <https://revistaft.com.br/revisao-sistemica-avaliacao-do-descarte-de-pneus-e-suareciclagemnas-industrias/>

Esta resolução impõe obrigações aos fabricantes, importadores, distribuidores, revendedores, destinadores, consumidores finais e ao poder público para implementar procedimentos de coleta e destinação adequada dos pneus inservíveis, sob pena de sanções legais.

4.2 Produção e destinação dos pneus no Brasil

Conforme informações fornecidas pela ANIP (Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos) em 2017, o terceiro trimestre desse ano testemunhou um incremento notável nas vendas de pneus, registrando um aumento de 8,6%. Esse aumento significativo foi liderado principalmente pelo segmento de pneus para veículos de passeio, que experimentou um crescimento de 10,3%.

Os setores de ônibus e caminhões também apresentaram um aumento notável de 9,7%, enquanto os pneus para veículos comerciais leves cresceram 8,5%. A Figura 4 ilustra a comparação do crescimento das vendas desses produtos em relação ao ano de 2016.

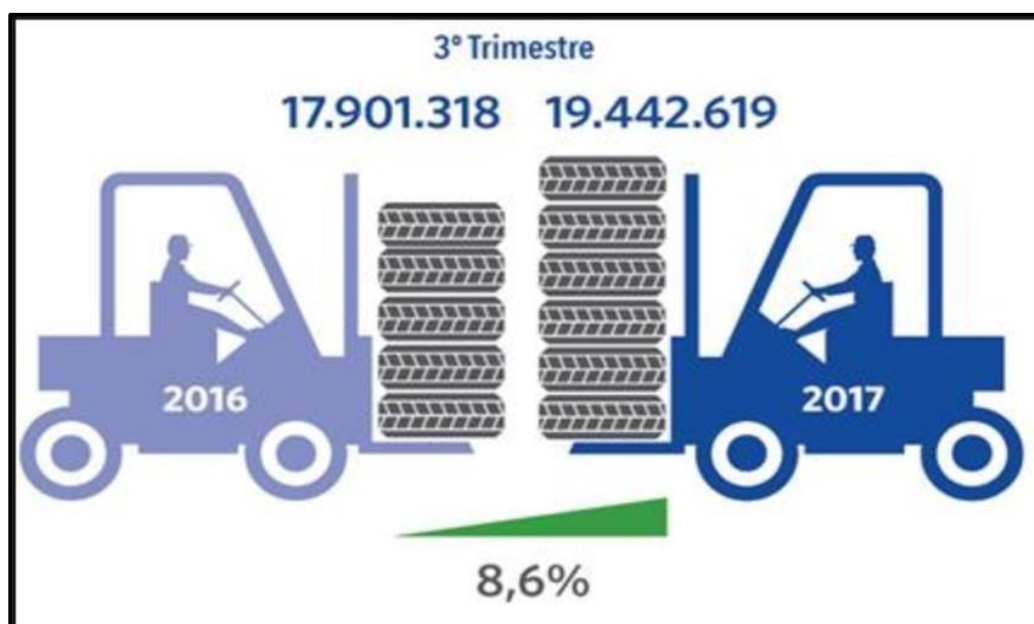
O lucro na reciclagem de pneus pode variar consideravelmente dependendo de diversos fatores, como escala de operação, eficiência dos processos, e mercado consumidor. Empresas de médio porte, por exemplo, podem processar milhares de toneladas de pneus inservíveis por ano, transformando-os em produtos como pó de borracha para asfalto ou tapetes anti-impacto, com margens de lucro significativas.

Estudos recentes indicam que o setor de reciclagem de pneus pode proporcionar margens de lucro entre 20% a 30% do faturamento bruto. No Brasil, o processo de reforma de pneus, que inclui recapagem, recauchutagem e outras técnicas, pode reduzir custos em até 75% em comparação com a compra de pneus novos. Além disso, a reforma de pneus é um setor relevante, gerando cerca de R\$ 7 bilhões de economia anual para o setor de transporte (Forbes Brasil) (STRASSE) (A Crítica) (Senado Federal) .

Empresas como a Amera, localizada em Manaus, já alcançam uma capacidade produtiva de 600 mil toneladas de pneus reciclados por ano, demonstrando o potencial de crescimento e rentabilidade deste mercado, especialmente quando combinado com incentivos fiscais para a atividade de reforma de pneus (A Crítica) .

Além dos benefícios financeiros, a reciclagem de pneus também traz importantes vantagens ambientais, ajudando a reduzir o descarte inadequado e a poluição ambiental, o que agrega valor social e ecológico à atividade (Forbes Brasil) .

Figura 3 - Total de vendas de pneus 3º trimestre (milhões de unidades)

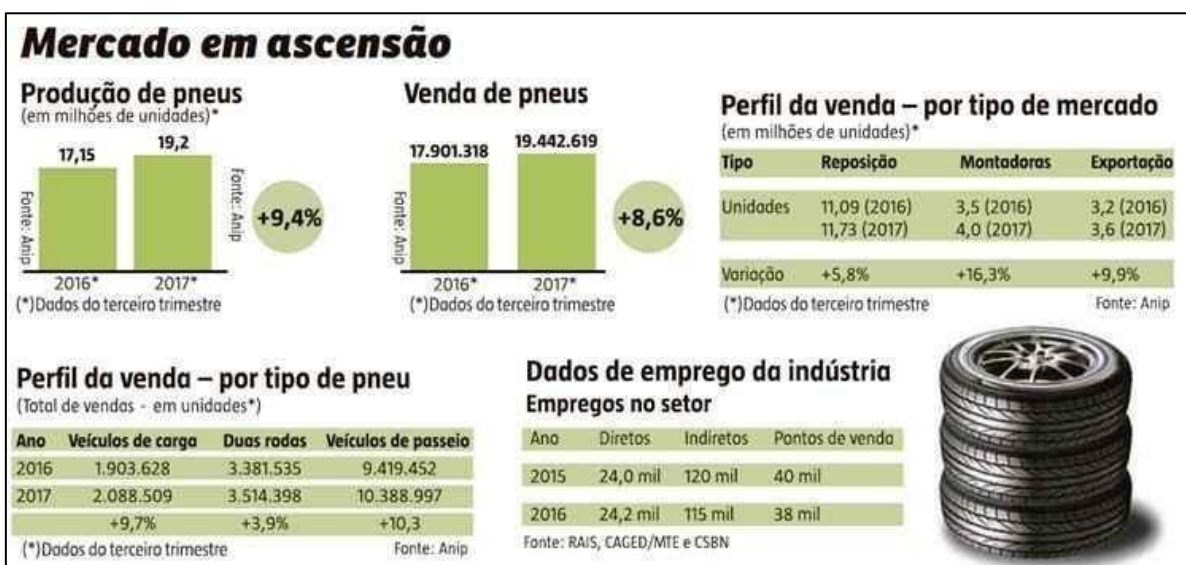


Fonte:

https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Total-de-vendas-de-pneus-3trimestremilhoes-de-unidades-ANIP-2017_fig1_356861539.

A produção de pneus durante o terceiro trimestre de 2017 apresentou um crescimento notável, atingindo 9,4%, conforme evidenciado na Figura 4. Os maiores aumentos foram observados nos pneus para veículos de passeio, com um aumento significativo de 12,4%, e nos pneus para veículos comerciais leves, que registraram um impressionante crescimento de 14,5%.

Figura 4 - Produção de pneus (milhões de unidades)

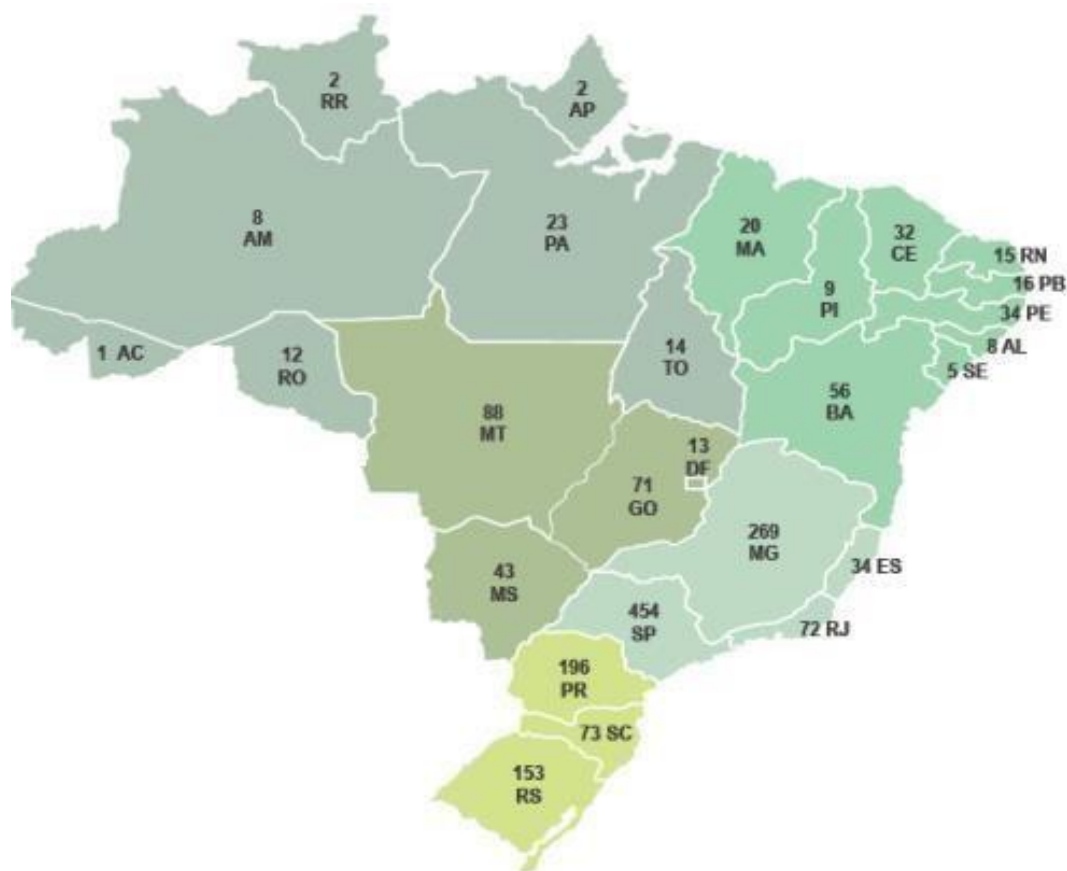


Fonte: https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/economia/2018/01/19/internas_economia.654251/gigante-dos-pneus-dunlop-ganha-com-vendas-crescentes-de-carros.shtml

4.3 - Destinação da reciclagem de pneus no Brasil

Os pneus inservíveis podem ser depositados em locais apropriados, como estabelecimentos comerciais de revenda ou pontos de coleta designados pelos fabricantes e importadores de pneus para receber e temporariamente armazenar esses pneus. O mapa apresentado na Figura 5 exibe a distribuição dos pontos de coleta em cada estado. Em 2016, um total de 1.723 pontos de coleta foram registrados, dos quais 932 estavam localizados em municípios com uma população residente superior a 100 mil habitantes, com apenas 13 municípios nessa categoria que não possuíam pontos de coleta declarados. A figura 5 demonstra os principais pontos de coleta por estado no ano de 2016.

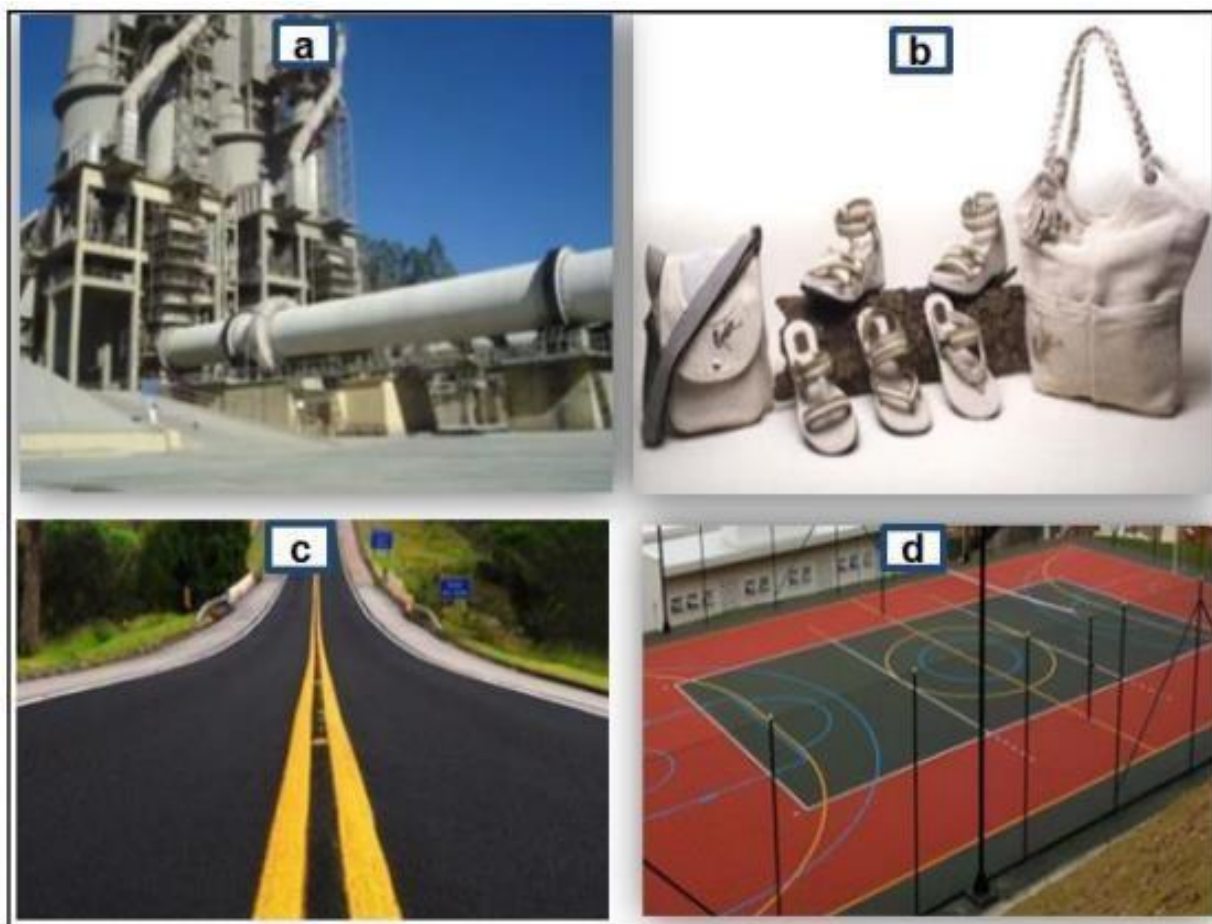
Figura 5 - Pontos de coleta de pneus inservíveis declarados por estado (2016).



Fonte: Relatório Pneumáticos (2017).

No Brasil, uma das abordagens mais comuns para o reaproveitamento dos resíduos de pneus é a utilização deles como um combustível alternativo nas indústrias de cimento (Figura 6, a). Existem também outras possíveis formas de reutilização, como na fabricação de solados de sapatos (Figura 6, b), vedações de borracha, dutos pluviais, pisos para quadras poliesportivas (Figura 6, d), pisos industriais e até mesmo tapetes para automóveis. Recentemente, estudos têm sugerido a viabilidade de incorporar esses resíduos na fabricação de mantas asfálticas e na produção de asfalto borracha (Figura 6, c), uma abordagem que tem sido monitorada e aprovada pela indústria de pneus.

Figura 6 - Produtos fabricados a partir da reutilização dos resíduos de pneus.



Fonte: ANIP (2017).

No Gráfico 1, apresenta-se a representação das principais tecnologias de destinação de pneus inservíveis. Para implementar essas tecnologias, frequentemente é necessário transformar os pneus inservíveis em lascas ou fragmentos, realizando o processo de trituração. As empresas especializadas em trituração coletam ou recebem pneus inteiros, tanto radiais quanto convencionais, além dos resíduos de borracha resultantes do processo de laminação.

Gráfico 1 - Tecnologias utilizadas na destinação de pneus inservíveis (Toneladas).



Fonte: Relatório Pneumáticos (2017).

Para a aplicação das tecnologias acima descritas, muitas vezes, é necessária a transformação do pneu inservível em lascas ou “chips”, por meio da trituração. As empresas trituradoras coletam ou recebem pneus inteiros, radiais e convencionais, e os resíduos de borracha provenientes do processo de laminação. A Tabela 6 apresenta o total de pneus destinados para cumprimento da meta de destinação nacional, em toneladas e por tecnologia, para o período de janeiro a dezembro de 2017.

Tabela 6 - Tecnologia de destinação final e quantidade total de pneus inservíveis em 2017.

Tecnologia	Destinação (t)	Percentual / País
Coprocessamento	274.815,07	46,96%
Granulação	215.604,04	36,84%
Laminação	81.625,74	13,95%
Pirólise	13.208,46	2,26%
Total	585.252,32	100 %

Fonte: Relatórios Pneumáticos, 2018.

A justificativa ambiental para o processamento de pneus é baseada na análise dos impactos ambientais dos pneus ao longo de seu ciclo de vida e especialmente em sua fase de fim de vida. Percebe-se na tabela 6 que os processos de coprocessamento e granulação são os meios mais utilizados, como alternativas para o reaproveitamento.

Benefícios do Coprocessamento de Pneus:

- Diminui significativamente o volume de pneus descartados em aterros sanitários e ambientes naturais.
- Substitui parte dos combustíveis fósseis, como carvão e óleo combustível, utilizados na produção de cimento.
- Promove uma solução mais sustentável para a gestão de resíduos de pneus.
- A completa combustão dos pneus em altas temperaturas reduz a emissão de poluentes atmosféricos.

O coprocessamento de pneus é uma técnica eficaz e sustentável que aborda o problema do descarte de pneus, transformando-os em recursos para a produção industrial. Ao substituir combustíveis fósseis e reduzir a carga de resíduos em aterros, essa prática contribui significativamente para a economia circular e para a minimização do impacto ambiental das indústrias.

Benefícios da Granulação de Pneus:

- Ajuda a diminuir o volume de pneus descartados em aterros e a poluição ambiental.
- Transforma um resíduo problemático em um recurso valioso para diversas indústrias.
- Reduz a necessidade de matérias-primas virgens, economizando recursos naturais.
- Os grânulos de borracha têm uma ampla gama de aplicações, oferecendo flexibilidade para diversos setores.
- O processo de reciclagem de pneus consome menos energia em comparação com a produção de borracha nova.

A técnica de granulação de pneus é uma abordagem eficaz e sustentável para a gestão de resíduos de pneus. Transformando pneus inservíveis em grânulos de borracha, esse processo não apenas ajuda a reduzir o impacto ambiental, mas também cria outros materiais úteis para uma variedade de aplicações industriais. Essa técnica promove a economia circular e a reutilização de materiais, contribuindo para a conservação de recursos e a redução da pegada ambiental.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo atingiu o objetivo proposto ao constatar que os pneus não se decompõem. Quando os pneus se acumulam em aterros sanitários, ferros-velhos, rios, entre outros locais, eles podem afetar diretamente o meio ambiente, causando sérios problemas ambientais e a saúde humana.

Pode afetar o gás estufa, pois libera metano ar e causar sérios danos à saúde, podem acumular água e favorecer a proliferação de dengue entre outros.

Com a reciclagem de pneus, o espaço do aterro pode ser conservado. Pneus grandes e volumosos são eliminados, deixando mais espaço em aterros para coisas que não podem ser facilmente recicladas.

A reciclagem de pneus também pode transformar pneus inservíveis em produtos. Do lado industrial, o combustível derivado de pneus é um subproduto da reciclagem de pneus que libera poucas emissões nocivas. Comparado ao combustível normal de carvão, o combustível derivado de pneus é mais eficiente em termos energéticos.

REFERÊNCIAS

ALVES, Vitória Emanuella et al. Impacto Ambiental provocado pela destinação incorreta de Pneus. **Revista Eniac Pesquisa**, v. 4, n. 2, p. 162-175, 2015.

AZEVEDO, Jessica Taynara; DOS SANTOS, Vivianni Marques Leite; DUARTE, Francisco Ricardo. LOGÍSTICA REVERSA DOS PNEUS INSERVÍVEIS EM PETROLINA/PE E O PAPEL DOS PRINCIPAIS AGENTES DA CADEIA. **Latin American Journal of Business Management**, v. 10, n. 2, 2019.

BARCELOS, Valdo. **Mentiras” que parecem “Verdades”. (Re) pensando a Educação Ambiental no cotidiano da escola. A Educação ambiental na escola: abordagens conceituais.** Erechim: Edifapes, p. 81-90, 2003.

BRIZOLLA, MARIA MARGARETE BACCIN et al. A sustentabilidade na construção civil. **XIX ENGEMA, Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio ambiente**, 2017.

CARVALHO, Isabel Cristina de Moura et al. **Qual educação ambiental.** Elementos para um debate sobre, 2001. Disponível em:
http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/cea/cea/Revista_Agroecologia_parte11.pdf.

CARVALHO, Isabel Cristina. **Educação ambiental: a formação do sujeito ecológico.** Cortez Editora, 2017.

CARVALHO, Isabel Cristina de Moura. **Educação Ambiental: a formação do sujeito ecológico.** Cortez Editora, 2017. Qual educação ambiental. Elementos para um debate sobre educação. Agroecol.e Desenv. Rur. Sustent., Porto Alegre, v.2, n.2, 2001.

CHRISTÓFANI, Maria Paula Hêngling et al. Aspectos ambientais sobre pneus inservíveis. **Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística, Edição Temática em Sustentabilidade**, v. 7, n. 1, 2017.

CRUZ, Ana Cristina Souza da; ZANON, Ângela Maria. **Agenda 21 Potencialidade Para Educação Ambiental Visando A Sociedade Sustentável**. REMEA - Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental, [S.l.], v. 25, abr. 2013. ISSN 15171256.

DE OLIVEIRA, Otávio José; DE CASTRO, Rosani. Estudo da destinação e da reciclagem de pneus inservíveis no Brasil. 2007.

DE ARAÚJO, Adolpho Guido; CARNEIRO, Arnaldo Manoel Pereira; PALHA, Rachel Perez. SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA COM META-ANÁLISE. **ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, p. 1-8, 2020.

DIAS, Genebaldo Freire. Os quinze anos da educação ambiental no Brasil: um depoimento. Em Aberto, v. 10, n. 49, 2008.

FERRARI, Alexandre Harlei. De Estocolmo, 1972 a Rio +20, 2012: **O Discurso ambiental e as orientações para a Educação Ambiental nas recomendações internacionais**. 2014. 224f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Educação escolar). São Paulo: Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", 2014.

FLORIANI, Marco Antonio; FURLANETTO, Vinicius Cadore; SEHNEM, Simone. Descarte sustentável de pneus inservíveis. **Navus-Revista de Gestão e Tecnologia**, v. 6, n. 2, p. 37-51, 2016.

GONÇALVES, Carlos Walter Porto. Os (des)caminhos do meio ambiente. São Paulo: Contexto, 2001.

LAGARINHOS, Carlos AF; TENÓRIO, Jorge AS. Logística reversa dos pneus usados no Brasil. **Polímeros**, v. 23, p. 49-58, 2013.

LUZ, Lília; DURANTE, Daniel. A guerra dos pneus: a controvérsia entre Brasil e Comunidades Europeias sobre o comércio internacional de pneus usados.

Desenvolvimento e meio ambiente, v. 27, 2013.

NOHARA, JOULIANA JORDAN et al. GS-40-Resíduos sólidos: passivo ambiental e reciclagem de pneus. **THESIS**, v. 3, p. 21-57, 2005.

PECCATIELLO, Ana Flávia Oliveira. **Políticas públicas ambientais no Brasil: da administração dos recursos naturais (1930) à criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (2000)**. *Desenvolvimento e Meio ambiente*, v. 24, 2011.

Disponível em: < <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/21542/17081>>.

RUFINO, Bianca; CRISPIM, Cristina. Breve resgate histórico da Educação Ambiental no Brasil e no mundo. 2015. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 6, 2015, Porto Alegre, RS. Anais - Congressos Brasileiros de Gestão Ambiental. São Paulo: Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais (IBEAS), 2015.

Disponível em: < <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2015/VII-069.pdf>>

SANTOS, Luciana de Almeida Araújo; BOTINHA, Reiner Alves; LEAL, Edvalda Araújo. A contribuição da logística reversa de pneumáticos para a sustentabilidade ambiental. **Race: revista de administração, contabilidade e economia**, v. 12, n. 2, p. 339-370, 2013.

SILVA, Paulo Sérgio Araújo da; CHAVES, Sílvia Nogueira. Epistemologia, ética e política na formação de professores de ciências. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, v. 11, p. 259-276, 2009.

SIMONETTI, Camila; PEREIRA, Jeniffer Wugniel; TUTIKIAN, Bernardo Fonseca.
APROVEITAMENTO DE BORRACHA RECICLADA DE PNEU INSERVÍVEL NA
CONSTRUÇÃO CIVIL. In: **Forum Internacional de Resíduos Sólidos-Anais**. 2020.