



**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

**ANÁLISE FINANCEIRA E AMBIENTAL NA GESTÃO ATIVA DO CONSUMO DE
PNEUS PARA O SETOR MINERÁRIO**

Paula Venini de Bragança

**Belo Horizonte
2022**

Paula Venini de Bragança

**ANÁLISE FINANCEIRA E AMBIENTAL NA GESTÃO ATIVA DO CONSUMO DE
PNEUS PARA O SETOR MINERÁRIO**

Projeto de pesquisa do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista

Orientador: Prof Dr Arnaldo Freitas De Oliveira Junior

Belo Horizonte
2022

PAULA VENINI DE BRAGANÇA

**ANÁLISE FINANCEIRA E AMBIENTAL NA GESTÃO ATIVA DO
CONSUMO DE PNEUS PARA O SETOR MINERÁRIO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Ambiental e Sanitarista.

Aprovado em 08 de Dezembro de 2022

Banca examinadora:



Prof. Dr. ARNALDO FREITAS DE OLIVEIRA JÚNIOR – Presidente da Banca Examinadora
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS



FAGNER LUIZ VIEIRA
AQUILA



Prof. Dr. EVANDRO CARRUSCA DE OLIVEIRA
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS

À minha avó materna Marlise (in memoriam)
por todo amor e sabedoria em sua simplicidade.
Certamente o céu está em festa.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Max e Ceres por proverem as condições necessárias para que eu trilhasse o caminho que escolhi e apoiarem as minhas decisões.

Ao meu companheiro Guilherme, por estar ao meu lado em mar agitado e calma.

Ao meu colega Lucca, pela contribuição para o meu crescimento profissional e por fornecer todos os dados necessários para execução do trabalho.

Ao meu orientador Arnaldo, pela paciência e leveza com que ensina.

RESUMO

BRAGANÇA, PAULA VENINI DE. *Análise financeira e ambiental na gestão ativa do consumo de pneus para o setor minerário*. 2022. 50 páginas. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

O setor da mineração é muito expressivo no estado de Minas Gerais, sendo responsável por grande parte da geração de renda da região, porém também sendo um dos maiores responsáveis pelos impactos ambientais negativos. As duas principais etapas dentro da atividade minerária, o transporte, que tem como finalidade retirar o material desmontado da frente de lavra e carregar num sistema de transporte apropriado e o carregamento, que consiste em mover o material carregado da frente de lavra de minério ou estéril até o seu destino, abarcam os principais custos da operação de uma mina devido principalmente ao consumo de pneus.

O objetivo do trabalho é analisar o ganho financeiro e ambiental a partir do aumento de vida útil dos pneus utilizados na frota de transporte e carregamento minerário da empresa VBRAGAN a partir da implantação de processos que permitam o envio dos pneus para recapagem. As análises serão feitas a partir da gestão ativa dos pneus, que consiste na aplicação de ferramentas estatísticas, como Diagrama de Ishikawa e Gráfico de Pareto, combinadas com a aplicação de metodologia de gestão, seguindo a essência dos conceitos de gestão defendidos por Deming, onde a implementação e controle dos processos irão trazer os resultados na operação e, conseqüentemente, terão reflexos financeiros e ambientais.

De fato, no presente trabalho constatou-se um ganho financeiro e ambiental expressivos para o caso analisado, totalizando um ganho de R\$1.208.409,50, sendo R\$ 338.836,00 o ganho financeiro anualizado para o empreendimento considerando a não utilização do insumo pneu e R\$ 869.573,50 o ganho ambiental considerando que a não utilização do pneu levou há ganhos na etapa de produção como a economia de matérias primas e emissão de dióxido de carbono e na utilização do pneu na operação, considerando a não emissão de material particulado.

PALAVRAS-CHAVE: Pneu. Inservível. Resíduo. Recapagem. Transporte. Carregamento.

ABSTRACT

BRAGANÇA, PAULA VENINI DE. Financial and environmental analysis of the active management of tire consumption at the mineral sector. 50 pages. Monograph (Graduation in Environmental and Sanitary Engineering) – Department of Environmental Science and Technology, Federal Center for Technological Education of Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

The mining sector in the state of Minas Gerais is one of the largest portion of the state GDP (Gross domestic product), being responsible for a large part of the region's income generation, while being responsible for significant negative environmental impacts. The two main stages within the mining activity, transport, which aims to remove the dismantled material from the mining fields and load it into an appropriate transport system, and transporting, which consists of moving the loaded material from the ore mining fields or overburden to its destination, cover the main costs of operating a mine mainly due to the consumption of tires.

The goal of this paper is to analyze the financial and environmental gain from the increase in the useful life of the tires used in the mining transport and loading fleet of the company VBRAGAN from the implementation of processes that allow the retreading of tires. The analyzes will be carried out based on active tire management, which consists of applying statistical tools and methods, such as the Ishikawa Diagram and Pareto Chart, combined with the application of management methodology, following the essence of the management concepts advocated by Deming, where the implementation and control of processes will bring results in the operation and, consequently, will have financial and environmental consequences

In fact, in the present paper, a significant financial and environmental gain was found for the analyzed case, in a total of R\$1,208,409.50, R\$338,836.00 annualized financial gain for the enterprise considering the non-use of un- retread tire and R\$ 869,573.50 of environmental gain considering that the diminishing-use of the tire led to gains in the production stage such as savings in raw materials and carbon dioxide emissions and in the use of the tire in the operation, considering the non-emission of material particulate..

KEYWORDS: Tire.Useless.Residue.Retread.Transport.Loading

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. OBJETIVO.....	13
2.1 Objetivo geral.....	13
2.2 Objetivos específicos	13
3. REVISÃO DE BIBLIOGRÁFICA	14
3.1 Exploração mineral	14
1.1.2 Atividade minerária.....	14
1.1.3 Legislação.....	14
1.1.4 Etapas do processo de mineração	17
3.2 Pneu.....	20
1.1.5 Recapagem, remoldagem e recauchutagem	20
1.1.6 Reuso, reciclagem e impactos.....	25
1.1.6.1 Regeneração	26
1.1.6.2 Pirólise	27
1.1.6.3 Coprocessamento	28
1.1.6.4 Asfalto borracha.....	28
1.1.6.5 Laminação.....	28
4. METODOLOGIA	31
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
5.1 Análise do ganho econômico	39
5.2 Análise do ganho ambiental	40
6. CONCLUSÕES	43
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
APÊNDICE A – MODELO DE CONTROLE DE PNEU E RODÍZIO	50

1. INTRODUÇÃO

A atividade minerária é de suma importância para a economia nacional, compondo cerca de 5% do PIB (Produto interno bruto) brasileiro, apenas no 1º trimestre de 2022 o setor faturou cerca de R\$ 56,2 Bi e gerou cerca de 199 mil empregos diretos (IBRAM, 2022). Porém, o setor minerário também é o responsável por grandes impactos ambientais negativos, como a perda na biodiversidade, na fertilidade natural do solo e interferência nos recursos hídricos que estão associados à diversas etapas da exploração mineral (PATRICIO, 2009).

Além dos impactos mencionados anteriormente, o consumo de pneu na atividade minerária traz grandes impactos econômicos e ambientais, por meio da operação de carregamento e transporte dentro da etapa de lavra em empreendimentos minerários que representam uma parcela expressiva dos custos operacionais.

Segundo Borges (2013), o transporte e carregamento são os processos mais críticos, representando cerca de 60% de todo custo operacional e, conforme apresenta Coutinho (2017), integram um dos principais processos de produção na mineração, pois impactam diretamente os índices de produtividade em cada frente de lavra, e podem ser classificados em duas operações básicas:

- A operação de carregamento tem como finalidade retirar o material desmontado da frente de lavra e carregar num sistema de transporte apropriado, comumente são utilizadas escavadeiras e pás carregadeiras de pneus.
- A operação de transporte tem por objetivo mover o material carregado da frente de lavra de minério ou estéril até o seu destino, podendo ser o britador, pilha de estéril ou outro destino específico, comumente realizada pelo método convencional por caminhões.

No processo de transporte, segundo a Revista M&T Manutenção e Tecnologia (2011), os pneus correspondem a cerca de 30% dos custos operacionais de uma frota de equipamentos móveis. Além disso, o pneu-resíduo é um grave problema ambiental, pois quando descartado precisa de um longo tempo para degradação natural, devido, principalmente, à sua estrutura polimérica reticulada, à presença de estabilizadores e outros aditivos (SILVA E.; PACHECO, 2004).

Segundo Parra, Nascimento e Ferreira (2010) o pneu descartado de forma inadequada no meio ambiente acarreta ao menos três ameaças à saúde humana, favorecendo a proliferação de

vetores de doenças, liberando substâncias tóxicas no solo e na atmosfera e apresentando um risco de incêndio.

Desde sua invenção o pneu sempre foi um problema para o meio ambiente, porém, apenas a partir dos anos 90, com o aumento progressivo das frotas de carros e máquinas é que o Brasil começou a desenvolver instrumentos legais e medidas de controle dos grandes impactos ambientais causados pelo descarte inadequado de pneus. Em 1999 foi aprovada a Resolução nº 258/99 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) que instituiu a responsabilidade do produtor e do importador pelo ciclo total do produto, ou seja, a coleta, o transporte e a disposição final (BRASIL, 1999).

Em 2009 a Resolução CONAMA nº416/09 substituiu a Resolução nº 258/99, onde dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada. Entende-se como destinação ambientalmente adequada procedimentos técnicos em que os pneus são descaracterizados de sua forma inicial e que seus elementos constituintes são reaproveitados, reciclados ou processados por outras técnicas admitidas pelos órgãos ambientais competentes, observando a legislação vigente e normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, e a minimizar os impactos ambientais adversos. Conforme art. 15 da Resolução CONAMA 416/09, é vedada a destinação final de pneus no meio ambiente, tais como o abandono ou lançamento em corpos d'água, terrenos baldios ou alagadiços, a disposição em aterros sanitários e a queima a céu aberto (BRASIL,2009).

Para que o pneu possa ser enquadrado como inservível, ele deve se enquadrar como descrito no art. 2 da Resolução CONAMA 416/09, que o defini como usado que apresente danos irreparáveis em sua estrutura não se prestando mais à rodagem ou à reforma.

Atualmente, existem várias tecnologias e processos para a reciclagem dos pneu inservíveis que são consideradas ambientalmente adequadas segundo o Instituto Brasileiro Do Meio Ambiente E Dos Recursos Naturais Renováveis (2021), como o coprocessamento que consiste na utilização dos pneus inservíveis em fornos de clínquer como substitutos parciais de combustíveis e como fontes de elementos metálicos, a laminação que é o processo de fabricação de artefatos de borracha, a granulação que consiste no processo industrial de fabricação de borracha moída em diferente granulometria e com separação e aproveitamento do aço, e a pirólise que é o processo de decomposição térmica da borracha conduzido na ausência de

oxigênio ou em condições em que a concentração de oxigênio é suficientemente baixa para não causar combustão, com geração de óleos, aço e negro de fumo Apenas no ano de 2019 foram destinados corretamente cerca de 585 mil toneladas de pneus inservíveis, sendo 20,17% advindos do estado de Minas Gerais.

O pneu usado, que ainda não se tornou inservível, pode ser submetido à recauchutagem, remoldagem e recapagem. Araújo e Silva (2005) afirmam que a recauchutagem consiste em reformar o pneu, através da substituição de sua banda de rodagem e dos seus ombros¹. Para que o processo de recauchutagem tenha êxito é necessário, que a estrutura geral do pneu, não apresente cortes ou deformações e a banda de rodagem deve apresentar os sulcos e saliências que permitem a aderência do pneu ao solo. O pneu recauchutado pode ganhar uma sobrevida de 40% e economiza cerca de 80% dos recursos utilizados para confecção de um pneu novo, logo a recauchutagem além de aumentar a vida útil do pneu economiza energia e matéria-prima, que seriam utilizados para a confecção de um novo.

Já a remoldagem, segundo Ribeiro (2005) consiste em remover a borracha das carcaças, de talão a talão e em seguida o pneu é totalmente reconstruído e vulcanizado sem qualquer emenda, proporcionando perfeito balanceamento, apresentação e segurança no uso. O pneu remoldado é um pneu novo e é vendido no mercado com a marca da empresa que o remoldou.

Segundo afirma a Associação Brasileira da Reforma de Pneus (ABR), a recapagem de pneus é a substituição da banda de rodagem, parte do pneu que entra em contato direto com o solo

Diante da importância econômica do setor minerário e de seu forte impacto ambiental, faz-se cada vez mais necessário o entendimento e aprimoramento dos processos envolvidos na operação de lavra visando aliar crescimento econômico e sustentabilidade.

Portanto, revisar e aprimorar processos que maximizem a vida útil dos pneus pode vir a promover uma redução no custo operacional tornando a operação mais rentável e sustentável, visto que a melhor utilização dos pneus significa um menor consumo, conseqüentemente,

¹ Ombro: Vai da extremidade da banda de rodagem até a lateral do pneu. Sua função é aguentar a transferência de peso no momento de curvas.

menos descarte do resíduo. Neste contexto a aplicação de técnicas sustentáveis de recapagem apresenta-se como sendo uma proposta a ser considerada no âmbito das atividades de rodagem.

2. OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo analisar o ganho financeiro e ambiental a partir do aumento de vida útil dos pneus utilizados na frota de transporte e carregamento mineral a partir da implantação de processos que permitam o envio dos pneus para recapagem.

2.2 Objetivos específicos

- Determinação o tipo de modal de transporte e carregamento mineral
- Definir as etapas de transporte e carregamento
- Definir limite de uso do pneu para recapagem
- Realizar a análise econômica da reforma de pneus para identificar a relação custo-benefício (R\$/Hora)
- Realização da análise econômica e ambiental a partir da gestão ativa de pneus

3. REVISÃO DE BIBLIOGRÁFICA

3.1 Exploração mineral

1.1.2 Atividade minerária

Segundo a Agência Nacional de Mineração (2022) a atividade minerária é uma atividade econômica e industrial que consiste na pesquisa, exploração, lavra e beneficiamento de minerais em estado sólido, líquido e gasoso encontrados no subsolo. A busca e utilização de recursos naturais é uma das atividades mais antigas exercidas pelo homem e ao longo do tempo moldou as paisagens, culturas e influenciou a evolução das civilizações em todas as partes do mundo.

Desde épocas bem remotas o homem vem exercendo atividades de mineração, seja através da argila, para confecção dos artefatos de cerâmica às rochas duras para a preparação de armas e objetos de corte. Porém, foi na primeira Revolução Industrial com o desenvolvimento da máquina a vapor que surgiram mudanças mais significativas quanto ao tratamento de minérios, tendo a exploração do carvão o eixo central para o avanço das tecnologias industriais (LUZ; SAMPAIO; ALMEIDA,2010).

No Brasil, a mineração está intimamente ligada ao desenvolvimento econômico e social. Iniciada no processo de colonização no século XVII inicialmente impulsionada pela busca por metais e pedras preciosas como Ouro, Prata e Diamante no interior do território que foi a base para a constituição do setor mineral brasileiro e colocou o Brasil como o primeiro grande produtor mundial de ouro (BARRETO, 2001). Além disso, propiciou uma diversificação relativa dos serviços e ofícios além do desenvolvimento da sociedade urbana.

Hoje a atividade minerária, mais tecnológica e em escala maior, ainda ocupa uma posição de suma importância econômica sendo essencial na vida moderna. Segundo o Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), no primeiro trimestre de 2022 a produção mineral brasileira fechou em 200 milhões de toneladas e apresentou um faturamento de R\$56,2 bilhões, sendo o minério de ferro responsável por 58% do faturamento, seguido pelo ouro (11%) e cobre (9%).

1.1.3 Legislação

Assim como a atividade minerária veio se desenvolvendo ao longo dos anos, a legislação de referência também veio evoluindo no Brasil, hoje é regulamentada pela Constituição Federal de 1988, pelo Código de Mineração e por Leis específicas, além de atos normativos do

Departamento Nacional de Produção Mineral – (DNPM), Ministério de Minas e Energia (MME) e Ministério do Meio Ambiente (CONAMA).

Os recursos minerais e do subsolo são considerados propriedades distintas das do solo para efeito de exploração ou aproveitamento, e pertencem à União sendo garantida ao proprietário uma participação do resultado da exploração mineral. conforme estabelece o artigo 176 da Constituição Federal de 1988,

Art. 176 - As jazidas, em lavra ou não, e demais recursos minerais e os potenciais de energia hidráulica constituem propriedade distinta da do solo, para efeito de exploração ou aproveitamento, e pertencem à União, garantida ao concessionário a propriedade do produto da lavra.

§ 1o - A pesquisa e a lavra de recursos minerais e o aproveitamento dos potenciais a que se refere o caput deste artigo somente poderão ser efetuados mediante autorização ou concessão da União, no interesse nacional, por brasileiros ou empresa constituída sob as leis brasileiras e que tenha sua sede e administração no País, na forma da lei, que estabelecerá as condições específicas quando essas atividades se desenvolverem em faixa de fronteira ou terras indígenas.

§ 2o - É assegurada participação ao proprietário do solo nos resultados da lavra, na forma e no valor que dispuser a lei.

§ 3o - A autorização de pesquisa será sempre por prazo determinado, e as autorizações e concessões previstas neste artigo não poderão ser cedidas ou transferidas, total ou parcialmente, sem prévia anuência do poder concedente (BRASIL, 1988).

A Constituição Federal de 1988 dispões não apenas sobre os direitos de propriedade da exploração mineral, mas também sobre a garantia do direito ao meio ambiente sadio e de qualidade para as gerações atuais e futuras, devendo as atividades econômicas cumprir, portanto, uma função ambiental. Segundo o Art. 225º, os recursos minerários devem ser tutelados juridicamente como bens ambientais, levando em consideração sua representatividade econômica, seu significado estratégico e sua notória relevância em face do próprio controle ambiental.

Apesar de anterior à Constituição Federal de 1988, o Código de Mineração regulamentado pelo Decreto-Lei N° 227 de 28 de fevereiro de 1967 sofreu alterações para estar em conformidade. Nele são estabelecidas as regras que estão voltadas à indústria de produção mineral,

conceituadas as jazidas e as minas, estabelecidos os requisitos e as condições para a obtenção de autorizações, concessões, licenças e permissões, explicitados os direitos e deveres dos portadores de títulos minerários, determinados os casos de anulação, caducidade dos direitos minerários e regulamentado outros aspectos da indústria mineral. Além disso, o Código de Mineração dispõe a competência do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, na administração dos recursos minerais e na fiscalização da atividade mineral em território nacional.

Sobre a exploração mineral, o Art. 2º do Código de Mineração prevê cinco regimes de aproveitamento dos recursos minerais estipulados conforme o grau de dificuldade de seu aproveitamento, variedade das substâncias minerais, destino da produção mineral e aspectos sociais.

- Regime de concessão, quando depender de portaria de concessão do Ministro de Estado de Minas e Energia. Previsto para todas as substâncias minerais, com exceção daquelas protegidas por monopólio (petróleo, gás natural e substâncias minerais radioativas). Podendo ser requerido conforme o limite de área de 2.000 ha para substâncias minerais metálicas, substâncias minerais fertilizantes, carvão, diamante, rochas betuminosas e pirobetuminosas, turfa e sal-gema; Área de 1.000 há para rochas de revestimento e demais substâncias minerais e área de 50 há para as substâncias minerais relacionadas no art. 1º da Lei nº 6.567, de 1978, águas minerais e águas potáveis de mesa, areia (quando adequada ao uso na indústria de transformação), feldspato, gemas (exceto diamante) e pedras decorativas, de coleção e para confecção de artesanato mineral e mica.
- Regime de autorização, quando depender de expedição de alvará de autorização do Diretor-Geral do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM. Previsto para todas as substâncias.;
- Regime de licenciamento, quando depender de licença expedida em obediência a regulamentos administrativos locais e de registro da licença no Departamento Nacional de Produção Mineral. Previsto para substâncias de emprego imediato na construção civil, argila vermelha, e calcário para corretivo de solos; e facultado exclusivamente ao proprietário do solo ou a quem dele obtiver expressa autorização;
- Regime de permissão de lavra garimpeira, quando depender de portaria de permissão do Diretor-Geral do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM. Aplicado ao

aproveitamento das substâncias minerais garimpáveis como o ouro, o diamante, a cassiterita, columbita, tantalita, wolframita, sheelita, as demais gemas, o rutilo, quartzo, dentre outros. Este regime fica restrito a área de 50 hectares, para pessoa física ou firma individual, até 10.000 hectares na Amazônia Legal e 1.000 hectares para as demais regiões, para cooperativa de garimpeiros conforme a Lei Federal nº 7.805/89.

- Regime de monopolização, quando, em virtude de lei especial, depender de execução direta ou indireta do Governo Federal. Aplicada a substâncias como petróleo, gás natural e substâncias minerais radioativas.

1.1.4 Etapas do processo de mineração

A jazida, segundo o Código de Mineração é a massa individualizada de substância mineral ou fóssil, aflorando à superfície ou existente no interior da terra, e que tenha valor econômico. A exploração da jazida configura uma mina. A lavra é o conjunto de operações coordenadas que têm como objetivo o aproveitamento industrial de jazida e pode ocorrer em subsuperfície (subterrânea) e superfície (céu aberto).

A exploração subsuperfície consiste na escavação de túneis e poços na terra para alcançar a rocha mineralizada localizada abaixo da superfície da terra e envolve escavação de eixos de acesso ou do depósito mineral e a instalação de suporte do solo para manter estabilidade das instalações. A exploração em subsuperfície depende da topografia local, profundidade e do tipo de mineral extraído. Já a exploração em superfície remove minerais próximos à superfície da terra e o preço da exploração é mais baixo pois os minerais estão expostos. Após remoção da camada superficial do solo, perfuração, remoção de resíduos, explosão e escavação, o minério é transportado por caminhões para instalações apropriadas para beneficiamento ou processamento (BOMFIM, 2017).

As operações em minas a céu aberto envolvem principalmente as operações básicas de escavação ou desmonte, carga, transporte e descarga. O processo de lavra se inicia com a preparação da área a ser lavrada, chamada frente de lavra. Após o material ser desmontado, os equipamentos de carga são deslocados até as frentes de lavra para que possam ser carregados e posteriormente transportarem o material minério ou estéril, carregando-os até um determinado ponto de descarga, seja para o beneficiamento ou aterro de estéril (QUEVEDO, 2009).

Na mineração existem vários métodos e sistemas de transporte de material, entretanto os mais comuns são o transporte por caminhões e transporte por correias. Segundo LOPES (2010), os caminhões acompanharam o porte das escavadeiras, mas por falta de tecnologia, foram barrados pelo tamanho dos pneus, caso que ocorreu no mesmo período com as carregadeiras. Nas últimas décadas a tecnologia de fabricação de pneus avançou e o tamanho dos caminhões e carregadeiras foi ampliado atingindo as capacidades atuais de produção, o que provocou a possibilidade de ajuste de tamanho das escavadeiras para as novas dimensões dos equipamentos de transporte.

A operação de carregamento e transporte dentro da etapa de lavra em empreendimentos minerários representam uma parcela expressiva dos custos operacionais. Segundo Borges (2013), são os processos mais críticos, representando cerca de 60% de todo custo operacional e, conforme apresenta Coutinho (2017), integram um dos principais processos de produção na mineração, pois impactam diretamente os índices de produtividade em cada frente de lavra.

O processo de carregamento consiste no enchimento da caçamba, conforme ilustrado pela **Figura 3.3.1**, ou no acúmulo diante da lâmina, do material que já sofreu o processo de desagregação, seja por ação mecânica ou com auxílio de detonações. Os caminhões carregados transportam o material até um determinado ponto de descarga, como britadores, pilha estéril ou pilha pulmão e em seguida voltam para uma frente de lavra disponível, onde repetirão as mesmas operações (RICARDO e CATALANI, 2007).

Figura 3.1 – Processo de carregamento dos caminhões bascula.

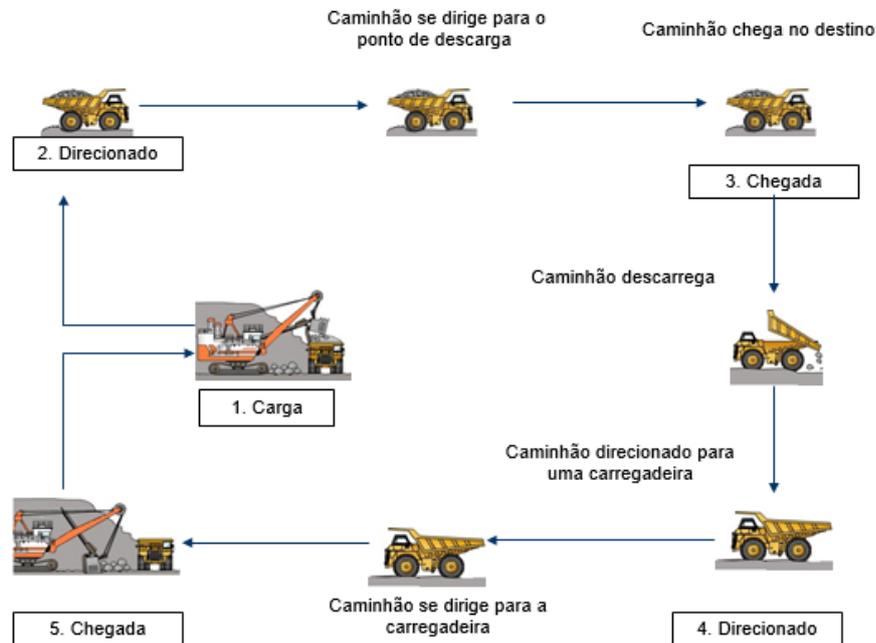


Fonte – Ferreira (2013).

A operação de transporte consiste em transportar o material extraído da jazida até diferentes pontos de descarga. Esta fase tem início quando os caminhões são direcionados até uma determinada frente de lavra, de forma que, os equipamentos de carga que são alocados nas frentes, chamados de linha amarela, retiram o material e posteriormente carregam os caminhões. Os caminhões carregados transportam o material até um determinado ponto de descarga e, em seguida, voltam para uma frente de lavra disponível, onde repetirão as mesmas operações (QUEVEDO, 2009).

Segundo Quevedo (2009) os caminhões realizam ciclos de carregamento e basculamento repetidamente, percorrendo as possíveis rotas disponíveis; quando partem de um ponto de carga para um ponto de basculamento, ou vice-versa, o fazem diretamente sem paradas intermediárias. É importante que seja considerado que equipamentos de transporte são produtivos quando estão transportando material, portanto os tempos em fila e ociosidade dos equipamentos são a maior fonte de não produtividade. Para que este fato não ocorra, é necessário que se tenha um planejamento das frotas dos caminhões e a capacidade de carga de cada unidade, otimizando-se o processo. O ciclo executado pelos caminhões no processo de carregamento e transporte é ilustrado pela **Figura 3.2** a seguir.

Figura 3.2 – Ciclo de carregamento e transporte dos equipamentos de carga.



Fonte – BERNARDI (2015).

3.2 Pneu

1.1.5 Recapagem, remoldagem e recauchutagem

O Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, no artigo 2º da Resolução nº 416 define pneu como componente de um sistema de rodagem, constituído de elastômeros, produtos têxteis, aço e outros materiais que quando montado em uma roda de veículo e contendo fluidos sobre pressão, transmite tração dada a sua aderência ao solo, sustenta elasticamente a carga do veículo e resiste à pressão provocada pela reação do solo (CONAMA, 2009).

Segundo a Agência Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP), o primeiro pneu foi criado em 1845 pelo inglês Robert Thompson, que fixou uma câmara de ar de borracha a uma roda de madeira e patenteou o primeiro protótipo de pneu. Porém, apenas em 1895, os irmãos Michelin foram os primeiros a patentear o pneu para automóvel e a partir disso o pneu começou a ser utilizado em larga escala.

O pneu é uma parte importantíssima de um veículo, é o único ponto de contato do veículo com o solo e o responsável por exercer a tração com sentido oposto ao movimento do veículo, pela mudança de direção, por suportar o peso do veículo e da carga e, junto à suspensão, por absorver as vibrações e impactos (WERLANG e SILVEIRA, 2013).

Existem diferentes tipos de pneus e pneus de implementos, cujas composições -podem ser de diversos materiais como borracha natural, borracha sintética, aço, negro de fumo, óxido de zinco e ácido esteárico, enxofre, aceleradores e retardadores. A parcela de utilização de cada um desses itens na fabricação varia de acordo com a utilização que será dada ao produto final. A diferente composição pode ser exemplificada pela análise dos pneus de passeio e de caminhão. No pneu de passeio, a borracha predomina, sendo 27% sintética e 14% natural, o negro de fumo constitui 28%, os derivados de petróleo e produtos químicos respondem por 17%, o material metálico (ou aço) por 10% e o têxtil por 4%. Os pneus de automóveis são projetados para suportar altas velocidades, enquanto os pneus de carga são fabricados de acordo com o peso que deverão sustentar. Com isso, a quantidade de borracha natural nos pneus de caminhões está em torno de 30% (SINPEC, 2022).

O maior percentual de borracha natural em caminhões é devido ao fato de que a borracha natural, por ter maiores moléculas e maior peso, tem uma estrutura estável, significando que ela tem menor desgaste com o atrito e maior elasticidade portanto, não se rompe facilmente (SOUZA, 2013).

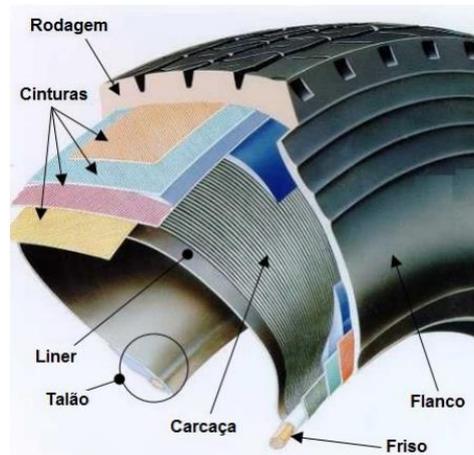
Como paliativo ao uso da borracha natural e a necessidade de utilização de uma matéria prima mais barata e acessível, a borracha natural foi sintetizada e assim foi produzido um elastômero SBR (Styrene Butadiene Rubber), mais conhecida como borracha sintética. A borracha sintética tem maior resistência a abrasão, altas temperaturas e ao envelhecimento do que a borracha natural, mas em baixas temperaturas tem menor flexibilidade e elasticidade. Em temperaturas muito elevadas ela endurece possibilitando trincas, já a borracha natural amolece tendo mais flexibilidade (GOMES, 2008; MISAWA, 2011).

À borracha é adicionado o negro de fumo, derivado da combustão incompleta do petróleo ou derivado do carvão ele é um carbono amorfo cuja produção é feita em fornos especiais de forma controlada onde se obtém vários tipos de negro de fumo aplicados na indústria da borracha. O negro de fumo é o responsável por conferir à borracha poder de pigmentação e resistência mecânica. No pneu são adicionados 8 tipos de negro de fumo, o que aumenta sua vida útil em aproximadamente 16 vezes (SOUZA, 2013).

As diversas matérias primas são utilizadas na fabricação dos componentes do pneu e cada um têm uma função específica no intuito de garantir a estabilidade e resistência necessárias para a

função designada. As estruturas básicas do pneu são a banda de rodagem, cinturas, talão, carcaça, friso e flanco, conforme ilustrado pela **Figura 3.3**.

Figura 3.3- Componentes do pneu.



Fonte – Costa (2007)

- Rodagem: também chamada de banda de rolamento ou banda de rodagem é a parte do pneu que entra diretamente em contato com o solo. Seus desenhos visam proporcionar boa tração, estabilidade e segurança ao veículo. Deve atender também diferentes requisitos: aderência no seco e molhado, conforto, resistência à abrasão e baixo consumo de combustível, requisito esse que pode ser alcançado com baixa resistência ao rolamento (COSTA,2007).
- Cinturas: cinturões de aço (cinta circunferencial e inextensível) dos pneus radiais com função de estabilizar a carcaça, que por sua vez é composta de cordonéis de náilon ou poliéster, formando a parte resistente do pneu. Sua função é reter o ar sob pressão que suporta o peso total do veículo (MORESCO,2013).
- Flancos: são constituídos de um composto de borracha com alto grau de flexibilidade, com o objetivo de proteger a carcaça contra os agentes externos. (MORESCO,2013).
- Talão: são constituídos internamente por arames de aço de grande resistência. Sua finalidade é manter o pneu acoplado firmemente ao aro, impedindo-o de ter movimentos independentes (COSTA,2007).
- Frisos: são geralmente fios metálicos dispostos circunferencialmente na região dos talões (COSTA,2007).

Tendo em vista a importância econômica do pneu e o alto consumo mundial, foram desenvolvidos processos para o seu reaproveitamento, otimizando a sua utilização. Esses processos são normalizados, e consistem em trazê-los de volta ao uso em perfeitas condições de utilização. Os processos industriais existentes para a reforma de pneus são: recapagem, recauchutagem e remoldagem.

O processo de recapagem de pneus é essencialmente a reconstrução de um pneu através da substituição de sua banda de rodagem. Inicialmente é feita uma limpeza e secagem para que se possa avaliar o pneu, em seguida, ele é levado para a inspeção inicial onde acontece a avaliação da sua carcaça e de pré-requisitos mínimos para continuar o processo. O pneu segue para a etapa de raspagem, onde é retirado todo o excesso de borracha, com intuito de deixá-lo pronto para receber a nova banda de rodagem, agora é a vez do processo de escareamento, conserto e enchimento, onde são escareados e devidamente reparados todos os defeitos da carcaça, tampando todos os orifícios assim obtendo uma superfície sem ondulações. Chegamos então na segunda inspeção, sendo avaliada novamente a estrutura e determinados padrões técnicos e medidas para a nova banda de rodagem, e finalmente é aplicada uma cola especial para que receba a nova banda de rodagem, ela é colocada cuidadosamente de forma a ser retirado todo o ar que possa estar entre ela e o pneu, deixando-o pronto para ser colocado no autoclave (espécie de forno com especificações técnicas de tempo, temperatura e pressão feitos para esse fim). Após saírem do autoclave, o pneu passa pela inspeção final e está pronto para ser reinserido no trabalho. Esse processo é comum em pneus agrícolas e de cargas (SILVA; CASTRO, 2017).

Segundo o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO, a recapagem de pneus de carga pode ser feita em dois processos: quente e frio. No processo à quente é utilizada a técnica de vulcanização, onde a banda de rodagem nova se unirá ao pneu reformado, por autoclavagem a uma temperatura de 150°C. No método a frio, a recapagem é feita a uma temperatura até 115°C, onde é utilizada uma banda de rodagem já moldada para ser sobreposta à carcaça do pneu.

A Associação Brasileira da Reforma de Pneus - ABR apresenta um comparativo entre o uso de um pneu novo e um recapado. Um pneu recapado possui em custo total 67% menor, além disso consome 75% menos borracha. No Brasil, o mercado da recapagem supera o de pneus novos em até 52%, sendo inseridos anualmente no mercado cerca de 5 milhões de pneus novos, contra 7,6 milhões de recapados. Segundo a ABR, são economizados mais de 500 milhões de litros de

petróleo por ano, levando-se em conta que a cada pneu de caminhão recapado, é economizado 57 litros de petróleo. É importante ressaltar que 2/3 da frota de caminhões de carga do país utilizam pneus recapados.

Já o processo de recauchutagem é a reconstrução do pneu através da substituição da banda de rodagem e dos ombros. Consiste na remoção da banda de rodagem desgastada da carcaça do pneu para que através de um novo processo de vulcanização se coloque uma nova banda de rodagem. É importante frisar que o pneu para ser recauchutado deve apresentar requisitos tais como: ausência de cortes e deformações e que a banda de rodagem não esteja totalmente desgastada, que ainda apresente os sulcos responsáveis pela aderência do pneu ao solo (ANDRADE, 2007).

O processo de recauchutagem é mecânico e tem como principais fases inspeção inicial, preparação da carcaça, consertos gerais, construção do pneu (vulcanização em molde ou vulcanização com pré-curado) e inspeção final. O processo consiste basicamente na raspagem da banda de rodagem do pneu, geralmente executada por dois cilindros ranhurados. No processo, a banda de rodagem do pneu é desgastada para que a carcaça possa receber uma nova banda de rodagem, esse desgaste faz com que a banda de rodagem velha acabe por se transformar em pequenas partículas de diversas granulometrias, com formatos variando de alongados (tipo fibras com dimensões de 2 a 40 mm) a granular (pó), sendo denominados de forma geral como resíduos de pneus (CHRISTÓFANI et al., 2017).

Apesar de ser um processo que minimiza a geração do resíduo sólido, possui a tendência de ser utilizada apenas para pneus de carga devido ao preço elevado dos pneus novos, cerca de 85% dos pneus de carga são recauchutados no Brasil, porém a reforma tem uma limitação de ser realizada no máximo três vezes no mesmo pneu (ARAÚJO E SILVA, 2005).

Outro processo de reforma é a remoldagem, que segundo a Resolução CONAMA N° 416 de 30 de setembro de 2009 é o processo pelo qual um pneu usado é reformado pela substituição de sua banda de rodagem, ombros e toda a superfície de seus flancos. Este processo é parecido com a recapagem, porém ao invés da banda de rodagem é aplicado o camelback, uma borracha crua aplicada de talão a talão cobrindo todo o pneu, depois colocado dentro de um molde sendo elevado a temperatura de 150°C, por tempo determinado, o molde dará um novo desenho ao camelback (SILVA; CASTRO, 2017).

Quando os processos de reforma não podem mais ser aplicados ao pneu ele se torna inservível, que, por definição conforme a Resolução CONAMA N° 416 de 30 de setembro de 2009, é um pneu usado que apresente danos irreparáveis em sua estrutura não se prestando mais à rodagem ou à aplicação de processos de reforma como a recapagem, recauchutagem e remoldagem.

1.1.6 Reuso, reciclagem e impactos

A preocupação com os impactos ambientais e sociais provocados pelo crescente consumo de pneu se deu a partir dos anos 90, quando foi publicada a Resolução CONAMA N° 258/99 que instituiu a responsabilidade do produtor e do importador pelo ciclo total do produto, ou seja, a coleta, o transporte e a disposição final. A partir de 2002 os fabricantes e importadores de pneus devem coletar e dar a destinação final para os pneus usados. Já os distribuidores, revendedores, reformadores e consumidores finais são corresponsáveis pela coleta dos pneus servíveis e inservíveis e devem colaborar com a coleta.

Porém, no ano de 2009, é publicada a Resolução CONAMA N°416/09, que dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada, substituindo a Resolução n° 258/99. A nova resolução tem como base a anterior, porém com algumas alterações e acréscimos, para uma melhor destinação, pontos de coleta e centrais de armazenamento que tem como responsáveis os próprios fabricantes e importadores, visando uma melhor logística da destinação.

Conforme o Art.3º, a partir da entrada em vigor desta resolução, para cada pneu novo comercializado para o mercado de reposição, as empresas fabricantes ou importadoras deverão dar destinação adequada a um pneu inservível.

A Resolução CONAMA N° 416 de 30 de setembro de 2009 defini a destinação ambientalmente adequada de pneus inservíveis:

Procedimentos técnicos em que os pneus são descaracterizados de sua forma inicial, e que seus elementos constituintes são reaproveitados, reciclados ou processados por outra(s) técnica(s) admitida(s) pelos órgãos ambientais competentes, observando a legislação vigente e normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, e a minimizar os impactos ambientais adversos.

Portanto, é vedada a destinação final de pneus no meio ambiente, tais como o abandono ou lançamento em corpos d'água, terrenos baldios ou alagadiços, a disposição em aterros sanitários e a queima a céu aberto.

Apesar de não haver uma legislação específica para o reuso de pneus, a Política Nacional de Resíduos Sólidos instituída pela lei Nº 12.305 de 2 de agosto de 2010 defini reutilização como sendo um processo de aproveitamento dos resíduos sólidos sem sua transformação biológica, física ou físico-química, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama (BRASIL, 2010).

A reutilização dos pneus inservíveis pode ser feita aproveitando os pneus inteiros ou em partes. As aplicações usuais dos pneus inservíveis são em materiais de enchimento de peso leve, drenagem em campo séptico, sistema de drenagem de gases em aterros sanitários, material para compostagem, estabilizadores de encostas, controle de erosão, diques, barragens, isolante térmico e acústico, drenagem em aterro sanitário, delimitação de pistas esportivas e cobertura de parques infantis (KAMIMURA, 2004).

Apesar do surgimento de alternativas para o reuso de pneus inservíveis, os processos de reciclagem têm ganhado cada vez mais espaço na indústria. A reciclagem é uma das formas mais atraentes de solução dos problemas de gerenciamento de resíduos, tanto do ponto de vista empresarial como dos órgãos de proteção ambiental (KAMIMURA, 2004).

Segundo dados da RECICLANIP, os fabricantes nacionais de pneus destinaram de forma ambientalmente correta 380 mil toneladas de pneus inservíveis em 2020. Sendo que, do ano de 1990 até 2020 foram recolhidos e destinados adequadamente mais de 5,6 milhões de toneladas de pneus inservíveis, o equivalente a 1,1 bilhão de pneus de passeio.

Os processos de reciclagem devem ser escolhidos quando forem analisados inúmeros fatores, como aspectos técnicos e econômicos, logística e localização dos resíduos. É considerado reciclagem quando o produto ou a maior parte de seus materiais que o compõe são reutilizados ou geram subprodutos, como ocorre nos seguintes processos:

1.1.6.1 Regeneração

A regeneração é feita por vários processos: alcalino, ácido, mecânico e vapor superaquecido. Na regeneração, os resíduos de borracha passam por modificações que os tornam mais plásticos

e aptos a receber nova vulcanização. No processo de regeneração é necessário a separação da borracha vulcanizada de outros componentes, como o aço e fibras de tecido. Os pneus são cortados em lascas, moídos e depois submetidas à digestão em vapor d'água e produtos químicos. O produto obtido pode ser então refinado em moinhos até a obtenção de uma manta uniforme ou extrudado para a obtenção de grânulos de borracha (CEMPRE, 2020).

A borracha regenerada apresenta diferenças químicas e físicas em relação à borracha crua, pois nenhum processo consegue desvulcanizar a borracha totalmente, e tem uma composição indefinida, já que é uma mistura dos componentes presentes. O regenerado deve ser considerado como uma matéria-prima para a produção de artefatos e não como substituto de qualidade inferior da borracha crua, sendo empregado frequentemente em combinação com a borracha crua. Pode ser utilizada na fabricação de tapetes, pisos industriais, quadras esportivas, sinalizadores de trânsito, rodízios para móveis e carrinhos. Também, é utilizada na recauchutagem de pneus, no revestimento de tanques de combustível e como aditivo em peças de plásticos (KAMIMURA, 2004).

1.1.6.2 Pirólise

O processo de pirólise pode ser genericamente definido como sendo o de decomposição química por calor na ausência de oxigênio (RESENDE, 2004). Conforme Santos e Agostinho (2010), a pirólise é o processo de reciclagem de pneus considerado mundialmente como o mais eficaz, para a reciclagem integral dos pneus, este processo chega a aproveitar cerca de 90% dos componentes de um pneu, além de ser um processo que não polui o meio ambiente com nenhum tipo de resíduo. Para o processo os pneus são cortados em pedaços, misturados ao xisto e a mistura é levada a um reator cilíndrico vertical, para ser aquecida há aproximadamente 500°C. Em seguida, o xisto e a borracha passam por resfriamento, resultando na condensação dos vapores de óleo na forma de gotículas, que constituem o óleo pesado. Após retirado o óleo pesado, os gases de xisto passam por outro processo de limpeza para produção do óleo leve. O restante é encaminhado para outra unidade, onde são obtidos o gás combustível e o gás liquefeito (GLP) além da recuperação do enxofre. O restante da mistura do pneu com o xisto é então levado para as cavas da mina e recoberto por uma camada de argila e solo vegetal, permitindo a recuperação do meio ambiente.

1.1.6.3 Coprocessamento

Segundo Freitas et al. (2009), o melhor método para queimar os pneus sem que ocorra problema com a emissão de fumaça negra e de poluentes é o coprocessamento, ou seja, a queima dos pneus inservíveis em fornos de cimento em alternativa ao coque de petróleo com o intuito de aproveitar o seu alto poder calorífico para geração de energia. O coprocessamento de pneus em fornos de clínquer é uma forma segura para a disposição final deste material, pois os pneus apresentam condições favoráveis tais como: alta temperatura, elevado tempo de residência (que evita a liberação de emissões), alto efeito de absorção da matéria-prima no pré-aquecimento e a incorporação das cinzas geradas ao clínquer

1.1.6.4 Asfalto borracha

Nas obras de pavimentação, a borracha de pneus pode ser inserida nos materiais asfálticos através de dois processos, o úmido e o seco. No processo úmido, a borracha moída que representa cerca de 5 a 25% do peso total de ligante, é incorporada ao ligante asfáltico produzindo um novo tipo de ligante denominado asfalto-borracha, atuando como modificadora do cimento asfáltico. No processo seco, a borracha moída, que representa cerca de 1% a 3% do peso total da mistura, é incorporada ao agregado-borracha antes de se adicionar o ligante asfáltico, em substituição de uma pequena parte dos agregados finos (BERTOLLO, 2000).

O ligante asfalto-borracha tem sido aplicado em vários serviços de pavimentação, como selagem de trincas, tratamento superficiais, camadas intermediárias entre o pavimento existente e a camada de reforço e em concreto asfáltico usinado a quente. Verifica-se que o selante com asfalto-borracha dura cerca de 3 vezes mais que o sem asfalto borracha. Cada tonelada de mistura asfáltica pode incorporar a borracha de 1 a 4 pneus de veículo de passeio e cerca de 700 pneus por quilômetro pavimentado (BERTOLLO e FERNANDES JR., 2002).

1.1.6.5 Laminação

O processo de laminação, considerado uma atividade de baixo custo, consiste em realizar cortes nos pneus inservíveis com o intuito de extrair lâminas e trechos definidos de borracha. Os talões dos pneus radiais e diagonais assim como as bandas de rodagem com lonas de aço não são aproveitados pelo processo de laminação. A borracha retirada dos pneus inservíveis dá origem

a diversos artefatos, entre os quais tapetes para automóveis, pisos industriais e pisos para quadras poliesportivas (LAGARINHOS, 2011).

O Relatório Pneumático (2020), foram destinados corretamente pelos fabricantes e importadores cerca de 585.391,08 toneladas de pneus inservíveis, atingindo 97,24% da meta estabelecida para o ano. A principal destinação foi para o coprocessamento de pneus inservíveis em fornos de clínquer como substitutos parciais de combustíveis e como fontes de elementos metálicos, como pode ser observado na **Tabela 3.1** a seguir.

Tabela 3.1 - Quantidades destinadas corretamente por processo

TECNOLOGIA	DESTINAÇÃO-(t)	%
<i>Coprocessamento</i>	366.188,58	63%
<i>Granulação</i>	110.878,32	19%
<i>Laminação</i>	12.535,83	2%
<i>Pirólise</i>	95.788,35	16%
Total	585.391,08	100%

Fonte – Adaptado de Relatório Pneumáticos (2020)

Apesar de bons os números apresentados no Relatório Pneumáticos, a quantidade de pneus que ainda não são destinados corretamente representa grande risco de contaminação ambiental devido ao seu significativo volume de geração associado com a sua alta durabilidade, o descarte inadequado impacta o meio ambiente, seja pelo ar, pela água ou pela terra. O pneu é um produto que tem poder calorífico bastante elevado, e o maior dano ambiental que pode causar, segundo Silva e Pacheco (2004), é quando ocorre a queima descontrolada acidental ou não, a céu aberto. Ao entrar em combustão em área aberta, o pneu libera gases que contém substâncias tóxicas como monóxido de carbono (CO), óxido de enxofre (SOx), óxido de nitrogênio (NOx) e compostos orgânicos voláteis, além de dioxinas, furanos, ácido clorídrico e benzeno. Todos esses compostos químicos sem tratamento e em meio atmosférico afetam de forma agressiva a qualidade do ar.

Quando aterrados, sua baixa compressibilidade faz com que ocorra a retenção de gases e ar em seu interior, tornando-o volumoso e aumentando a probabilidade de flutuar para superfície, quebrando a cobertura do aterro e causando sua exposição. Além disso, possibilita que os gases escapem para a atmosfera e ocorra vazamento de líquidos, podendo impactar na qualidade do solo e do lençol freático (LAGARINHOS; ESPINOSA; TENÓRIO,2016).

O descarte inadequado dos pneus inservíveis também é um problema sanitário, afinal a exposição em terrenos baldios, lixões e aterros associada as condições de umidade e temperatura, devido à chuva e à absorção da luz solar, promove a formação de criadouros do mosquito *Aedys aegypti*, transmissor da dengue, Chikungunya, febre amarela e Zika; além do mosquito *Anapholes*, transmissor da malária. Como não existem predadores naturais de mosquitos nas pilhas de pneus, ocorre o aumento populacional desta espécie (SIMONETTI, 2018).

4. METODOLOGIA

O presente trabalho é, segundo Vergara (2013) quanto aos fins uma pesquisa exploratória aplicada, que consistirá em um estudo de caso com abordagem quantitativa sobre o aumento da vida útil dos pneus em uma empresa de grande porte e com sua sede administrativa localizada na cidade de Contagem-MG. A empresa, cujo nome será suprimido ao longo do trabalho visando preservar a imagem e interesses do empreendimento, fornece o serviço de transporte e carregamento para o setor minerário. Contudo, para efeito deste trabalho a empresa receberá nome fictício de VEBRAGAN. O estudo será feito com base nos dados observados ao longo do ano de 2020.

- **Determinação o tipo de modal de transporte e carregamento minerário**

Com base no contrato de prestação de serviço, identificou-se que o transporte e carregamento minério da obra VEBRAGAN será por meio terrestre e foram levantados o número de horas de operação de cada maquinário e o detalhamento das atividades a serem desenvolvidas na obra.

A partir dos maquinários levantados e atividades a serem executadas, foi possível saber os tipos de pneu e quantidade utilizada por cada equipamento.

- **Definição das etapas de transporte e carregamento**

A atividades de transporte e carregamento foram definidas conforme apresenta a literatura, com base em referências teóricas da área de mineração.

A operação de carregamento tem como finalidade retirar o material desmontado da frente de lavra e carregar num sistema de transporte apropriado, comumente são utilizadas escavadeiras e pás carregadeiras de pneus

Já a operação de transporte tem por objetivo mover o material carregado da frente de lavra de minério ou estéril até o seu destino, podendo ser o britador, pilha de estéril ou outro destino específico, comumente realizada pelo método convencional por caminhões.

- **Definição do limite de uso do pneu para recapagem**

Já o limite de consumo do pneu para que seja enviado à reforma foi definido conforme o protocolo da empresa, que será quando o pneu atingi o perfil de 9 mm de espessura. Para saber

se o pneu atingiu o limite para recapagem, a equipe de manutenção afere diariamente os milímetros consumidos de borracha por meio de um paquímetro e registra no controle de pneu implementado na operação, a medida que o pneu é consumido o perfil dele diminui.

- **Análise econômica da reforma dos pneus para identificar a relação custo-benefício (R\$/Hora)**

O custo de um pneu novo e o custo dos serviços de reforma foram obtidos a partir das notas fiscais lançadas mensalmente no centro de custo em análise. Para analisar se ocorreu um ganho financeiro com a melhoria da vida útil dos pneus foi realizado o acompanhamento e a análise do indicador R\$/Hora. Tal indicador é calculado utilizando duas bases de informações:

II) Demonstração do Resultado de Exercício (DRE). Do DRE serão extraídos os gastos mensais da conta de pneus referentes ao centro de custo analisado.

II) Apontamento de horímetro/hodômetro no sistema PROTHEUS, onde serão obtidos o número de horas operados pela frota de equipamentos mensalmente e a quilometragem operada mensalmente.

O indicador é calculado obtendo-se o valor total gasto com pneus dividido pelo total de horas operadas. Quanto menor o indicador, melhor, o que representa uma melhor eficiência do processo e redução de custo na obra.

- **Análise econômica e ambiental a partir da gestão ativa de pneus**

As análises do presente trabalho foram feitas a partir da gestão ativa dos pneus, que consiste na aplicação de ferramentas estatísticas combinadas com a aplicação de metodologia de gestão. A gestão ativa terá como essência os conceitos de Deming em que a qualidade está alicerçada na melhoria do produto e na conformidade através da redução da variabilidade dos processos, assim como na implementação de controles dos processos baseado no ciclo do PDCA (*Plan, Do, Check and Act*) (GODOY, 2021).

A análise econômica seguirá os seguintes passos:

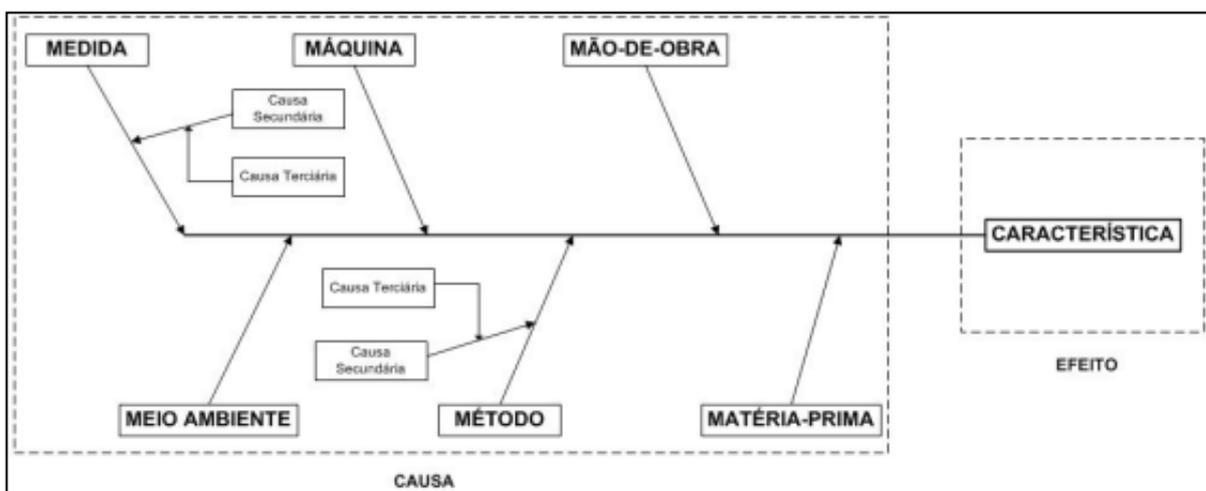
I) Análise de fatos e dados: analisar o comportamento do desvio identificado sob vários pontos de vista, desdobrando o problema geral em problemas específicos que são o foco de atuação (PFG). Os desdobramentos foram por meio da aplicação de ferramentas gerenciais,

como gráfico de Pareto e gráfico de colunas. O gráfico de Pareto será utilizado para estratificar em insumos os gastos com pneus ao longo do período de estudo. O Princípio de Pareto (também conhecido como princípio 80-20), afirma que para muitos fenômenos, 80% das consequências advêm de 20% das causas. Na análise de fatos e dados, a aplicação do princípio de Pareto significa que 20% das características de um problema respondem por 80% do problema. Em outras palavras, muitos problemas são triviais e poucos vitais. O princípio foi sugerido por Joseph M. Juran, que deu o nome em honra ao economista Vilfredo Pareto (GODOY, 2021).

O gráfico de colunas foi utilizado para uma segunda estratificação, onde foi feita a análise de variação de preço e vida útil do insumo principal identidade na análise anterior.

II) Análise de causas: foi utilizado o diagrama de Ishikawa ou ainda Diagrama de “Espinha de Peixe” cuja finalidade é, em forma gráfica, representar os fatores de influência (causa) sobre um determinado problema (efeito). Sua construção é elaborada a partir da identificação do efeito (problema em estudo), relação das possíveis causas, análise do diagrama para identificação das causas verdadeiras e correção do problema (WERKEMA, 1995). Na construção do diagrama é utilizado os 6Ms como as principais causas dos problemas, sendo eles, a mão de obra, os materiais com seus componentes, as máquinas e equipamentos, os métodos, o meio ambiente e a medição, conforme o modelo da Figura 4.1 a seguir (Mello, 2011).

Figura 4.1 - Modelo de diagrama de Ishikawa



Fonte: Werkema (1995).

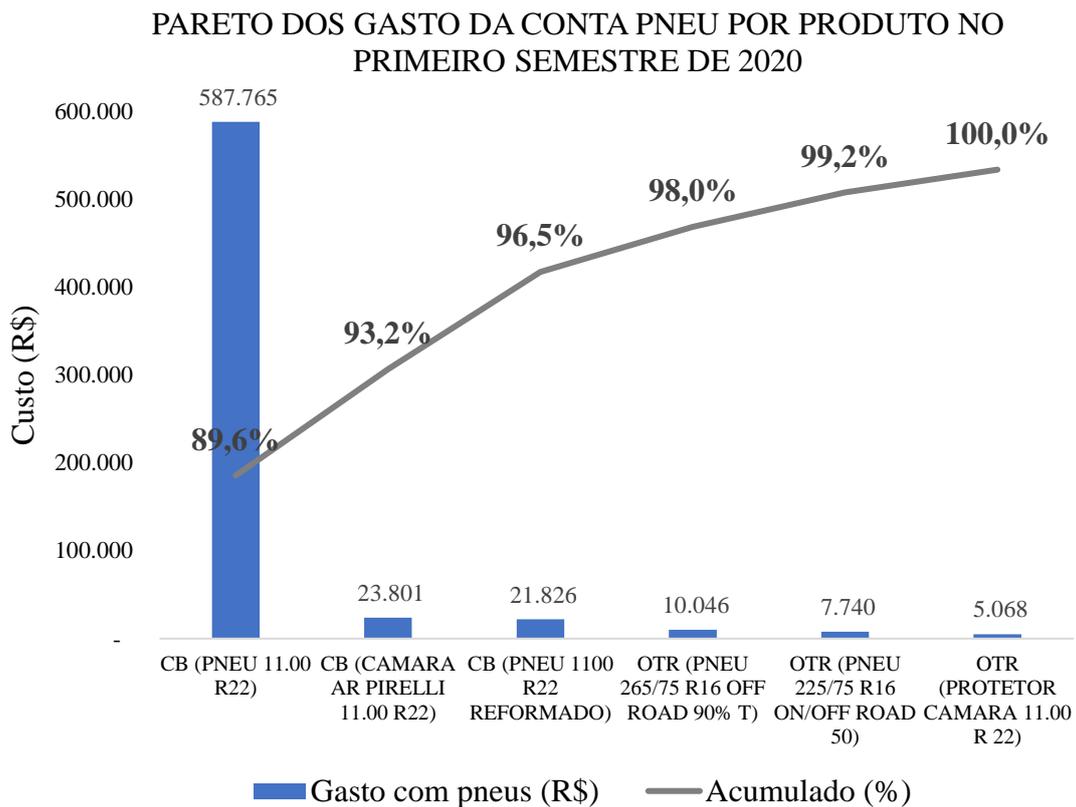
Quanto à análise do ganho ambiental, esta foi realizada com base no cálculo da quantidade de matéria prima economizada na produção do pneu tendo como referência o peso em Kg dos pneus evitados considerando o valor de referência do fabricante e os percentuais de composição do pneu de caminhão, sendo 11% sintética e 30% natural, o negro de fumo constitui 28%, os derivados de petróleo e produtos químicos respondem por 17% e o aço por 10% (SINPEC, 2022). Já o cálculo de estimativa de CO₂ não emitido teve como base o estudo de Machry e Nunes (2015), onde apresentam que a fabricação de um pneu emite em média 1,12 Kg CO₂ por Kg de pneu produzido.

Além disso foi apresentado o cálculo da quantidade de material particulado não emitido para atmosfera com base no Inventário Nacional De Emissões Atmosféricas Por Veículos Automotores Rodoviários publicado pelo Ministério do Meio Ambiente em 2013, que considera que para cada Km rodado de um caminhão pesado são emitidos 0,59g de material particulado na atmosfera. Utilizando o apontamento de hodômetro, foi coletado o valor total de Km rodados por cada pneu e, assim, calculado à emissão de material particulado evitado de ser emitido.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a operação de transporte e carregamento da obra VBRAGAN foram estipulados em contrato a utilização de caminhões bascula, caminhões off the road, pás mecânicas e retroescavadeiras para transportar via estradas o minério. O gráfico de Pareto, Figura 5.1, apresenta nas colunas o valor realizado com cada tipo de pneu e na linha o percentual acumulado dos gastos realizados. Portanto, analisando o gráfico com os custos referentes aos equipamentos que utilizam pneus (caminhões bascula e off the road) identificou-se que, no período de janeiro a junho de 2020, cerca de 90% dos custos de pneus se concentraram na categoria dos caminhões basculas tipo Scania G440 8x4 que utilizam o pneu 11.00 R22, o que representa um valor de R\$ 587.765,00

Figura 5.1 – Gráfico de Pareto dos gastos com pneus no primeiro semestre de 2020

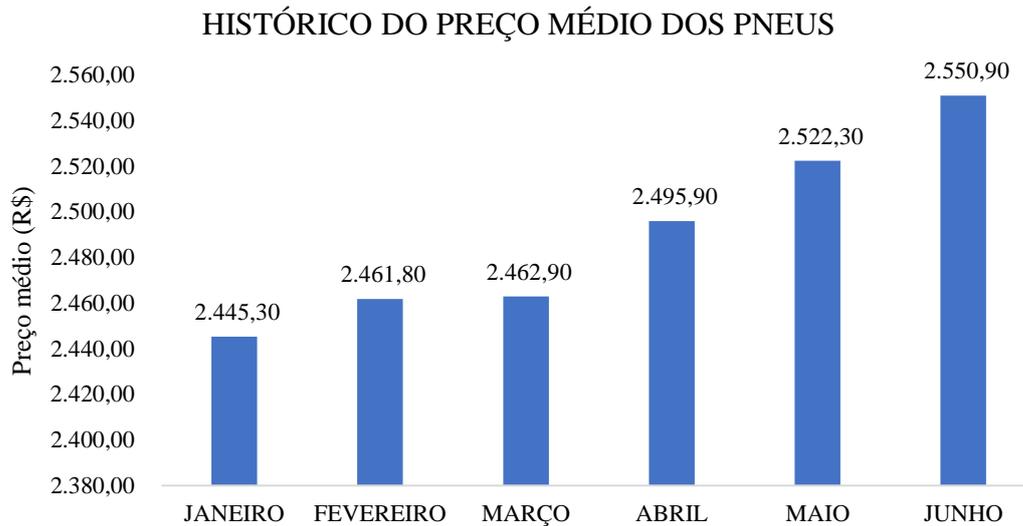


Fonte: A autora (2022)

Estratificando ainda mais os custos relacionados ao pneu do caminhão bascula Scania G440 8x4 (CB60T) foram feitas duas análises, a primeira considerando o histórico de compras para verificar a oscilação do preço do pneu durante o período de análise. A Figura 5.2, mostra que o

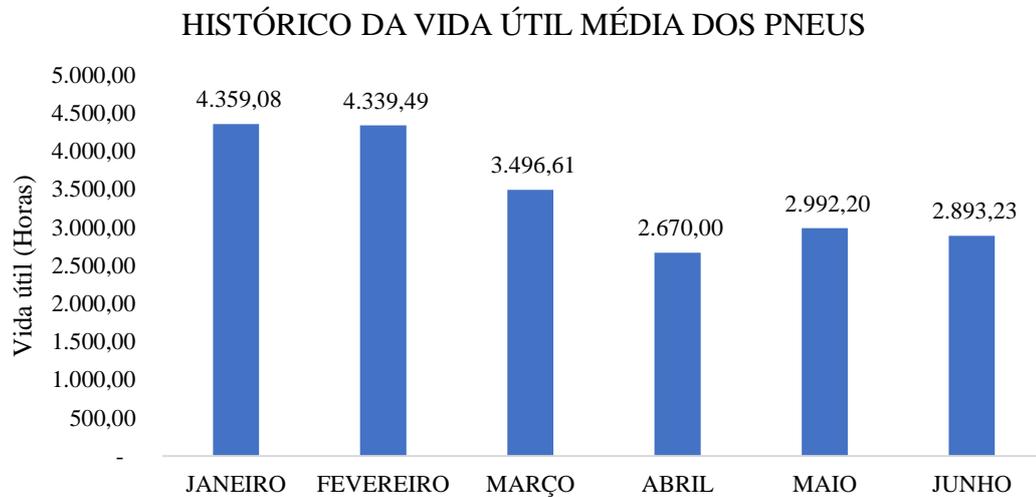
preço médio do pneu 11.00 R22 em janeiro era de R\$ 2.445,00 e em junho passou a ser R\$2.551,00, apresentando um aumento 4%. Tal oscilação no preço está relacionada ao aumento de inflação do período de análise

Figura 5.2 – Histórico de preço médio de um pneu no primeiro semestre de 2020



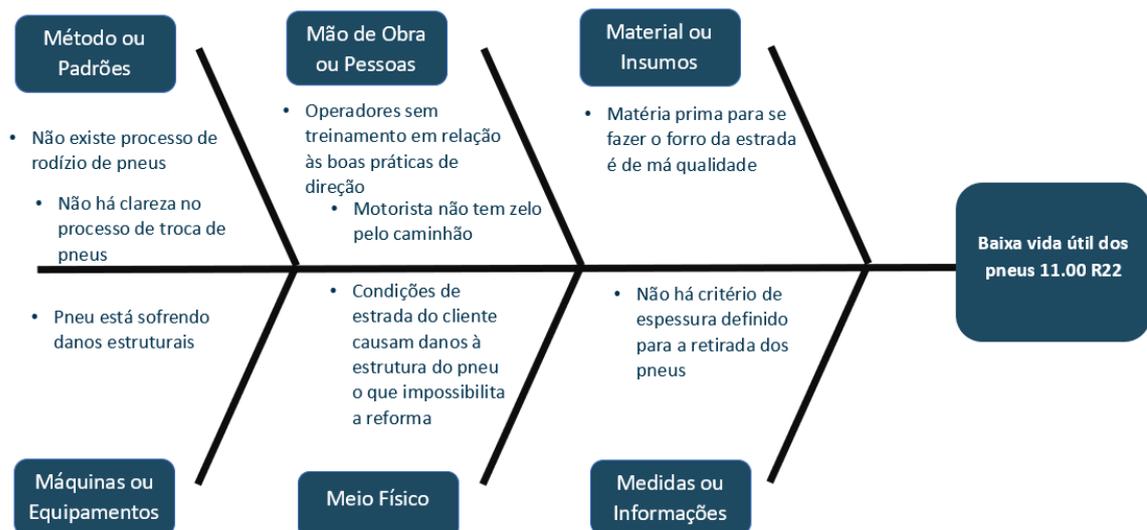
Fonte: A autora (2022)

A vida útil é o número de horas que um pneu opera até não ser mais operacionalmente viável sua utilização e então é descartado, portanto uma vida útil alta é o melhor cenário e leva à um menor consumo de pneus nas operações e, conseqüentemente, uma redução de custo com novos pneus e redução de passivo ambiental. A segunda análise foi em relação à vida útil dos pneus, onde mostrou que a vida útil média por pneu em horas vem reduzindo ao longo dos meses, sendo que no mês de janeiro um pneu teve a durabilidade de uso médio de 4.359 horas e em junho a média foi de 2.893 horas, sendo uma redução de 33,6% da vida útil, conforme apresenta o gráfico de colunas da Figura 5.3 a seguir.

Figura 5.3 – Vida útil média dos pneus no primeiro semestre de 2020

Fonte: A autora (2022)

Considerando os resultados das duas primeiras análises, optou-se por aprofundar na análise relacionada à redução da vida útil dos pneus, visto que a variação no preço de mercado foi baixa. Foi realizada então a análise de causa e efeito, conforme apresenta o diagrama de Ishikawa da Figura 5.4 visando chegar nas causas primárias da baixa vida útil dos pneus.

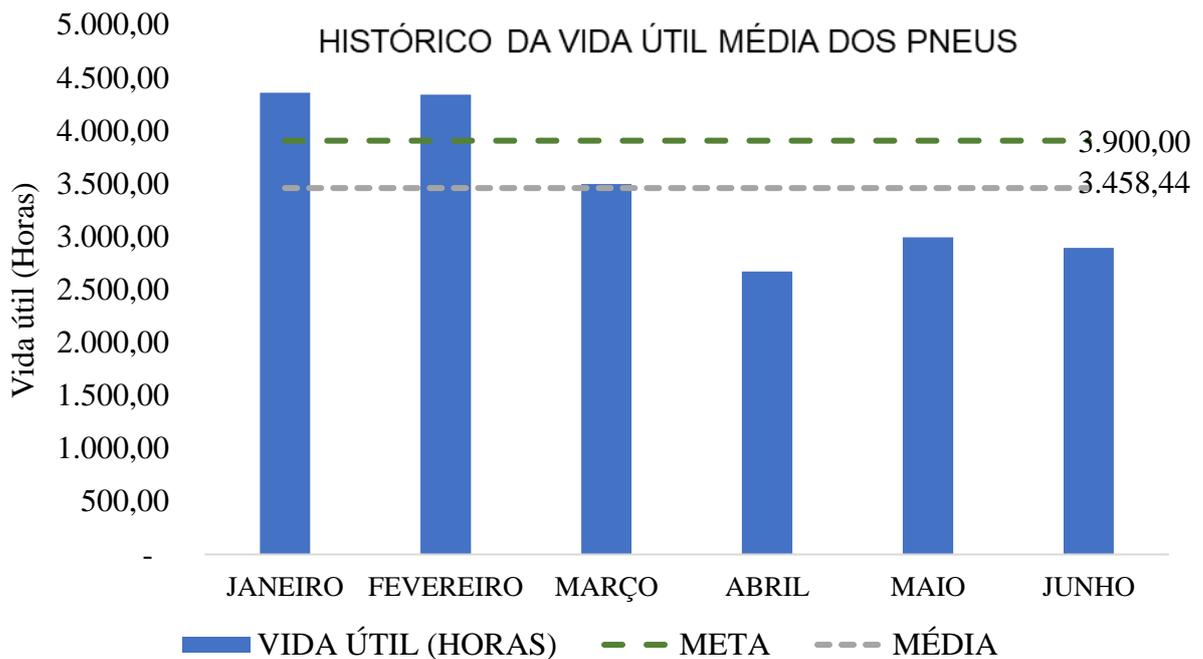
Figura 5.4 - Diagrama de Ishikawa para analisar as causas da baixa vida útil dos pneus

Fonte: A autora (2022)

Após a análise das causas levantadas foi identificado como a causa fundamental a falta de processo bem definido para o rodízio e troca dos pneus, levando à perda prematura de carcaças e elevando a necessidade de compra de pneus novos.

Em conjunto com a equipe de manutenção, foram estabelecidos os modelos de controle de pneu e rodízio, apresentados no Apêndice A, e foi definido que os pneus devem ser aferidos diariamente e, assim que atingirem 9 mm de espessura, devem ser retirados do equipamento e enviados à reforma. Além disso foi definido como meta de vida útil dos pneus o equivalente ao uso médio de 3.900 horas, número estipulado com base em 90% do benchmark da série histórica considerando para análise o primeiro semestre de 2020, conforme a Figura 5.5 a seguir.

Figura 5.5 – Vida útil média dos pneus com meta e benchmark para o primeiro semestre de 2020

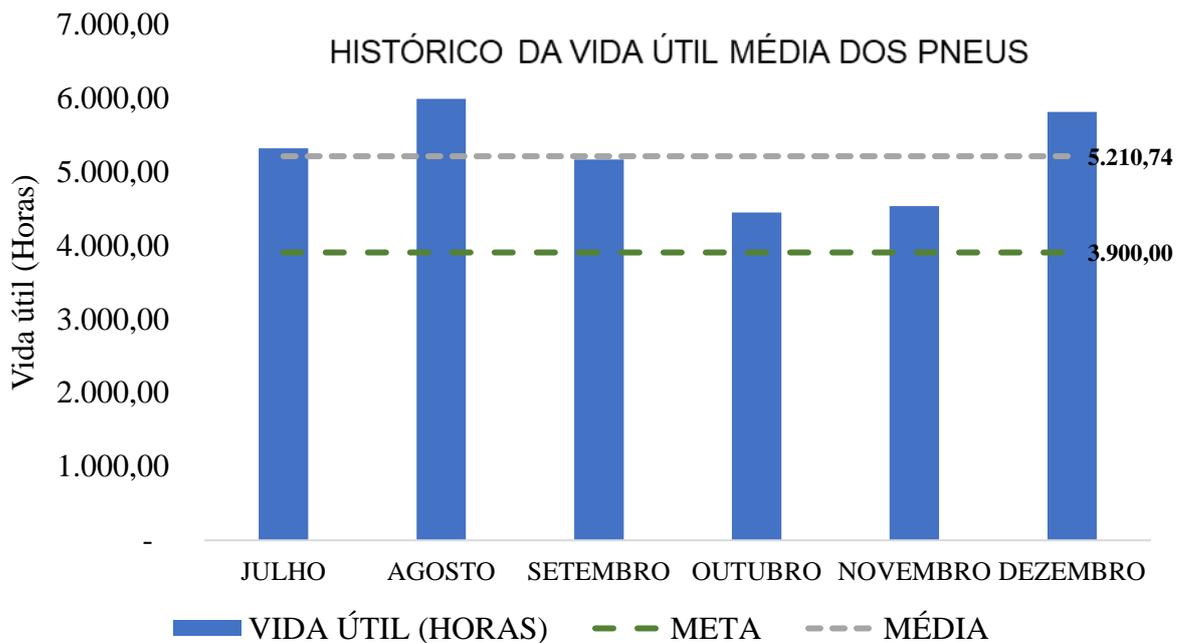


Fonte: A autora (2022)

Após a implementação dos controles, padrões e a execução dos rodízios, sendo os pneus aferidos diariamente conforme estabelecido no padrão e retirados do equipamento assim que sua espessura chegasse a 9 mm, foram coletados os dados após seis meses de acompanhamento, e o resultado pode ser observado na Figura 5.6. A vida útil em horas apresentada pelas colunas mensalmente ao longo do segundo semestre de 2020 teve uma média semestral de 5.210,74

horas , acima da meta estabelecida de 3.900,00 horas. Quando comparamos com a média do primeiro semestre de 2020, percebe-se que a melhoria dos processos levou à um aumento de 50,66% da vida útil média dos pneus.

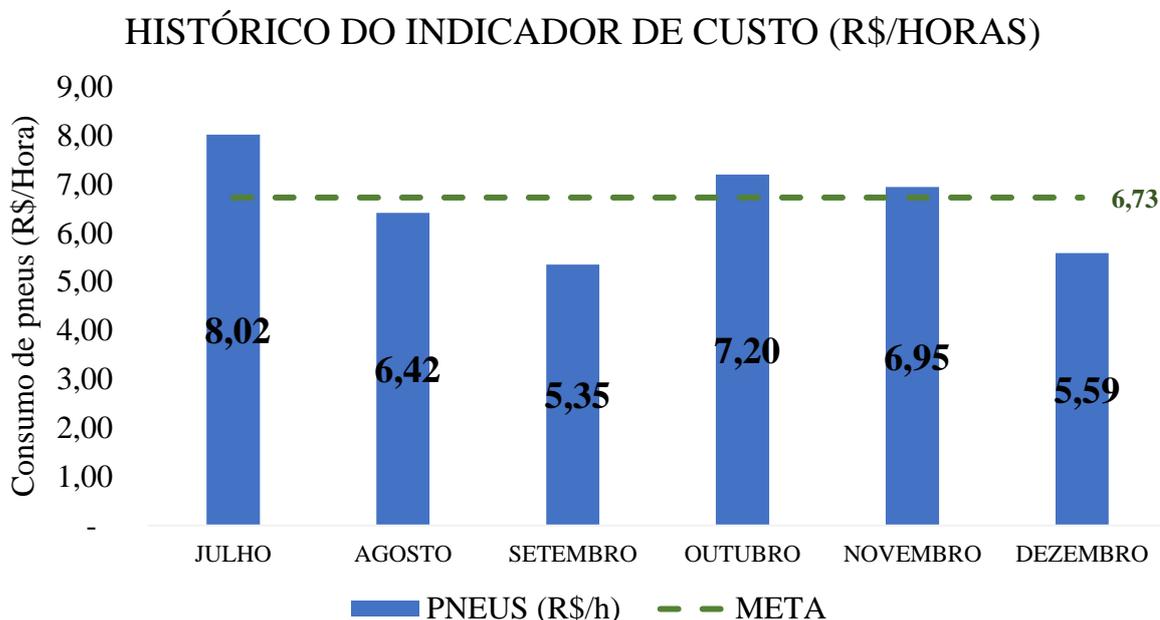
Figura 5.6 – Gráfico do histórico da vida útil média dos pneus ao longo de 2020



Fonte: A autora (2022)

5.1 Análise do ganho econômico

Foi realizada a análise do indicador R\$/HORA conforme apresenta a Figura 5.1.1, para mensurar o ganho financeiro da gestão ativa dos pneus. No primeiro semestre de 2020 a média foi de 8,9 R\$/HORA, já no segundo semestre a média foi de 6,6 R\$/HORA, que significa a economia de 2,3 R\$/HORA e representam um ganho de R\$ 338.836,00 visto que os equipamentos operaram cerca de 147.320 horas em 2020

Figura 5.1.1 – Gráfico do histórico do indicador custo (R\$/HORA) para o ano de 2020

Fonte: A autora (2022)

5.2 Análise do ganho ambiental

Considerando o ganho financeiro de R\$ 338.836,00 e que o preço médio do pneu no ano de 2020 foi de R\$ 2.494,00, evitou-se a compra de 136 pneus novos em um ano. Conforme as especificações de fábrica dos pneus consumidos nas operações, cada unidade pesa em média 152 Kg, logo não foram consumidos 20.672 Kg de pneu. Segregando peso total de pneu conforme sua composição, a economia em matéria prima foi de 6.202 Kg de borracha e 2.067 Kg de aço, conforme a Tabela 5.2.1 a seguir, que além dos pesos das matérias primas evitadas apresenta uma estimativa do valor de cada uma delas, porém por tratar-se de valores imprecisos estão citados apenas para ilustrar o seu valor ambiental de forma qualitativa, mas não constam no valor final dos cálculos de valoração do impacto.

Tabela 5.2.1 – Tabela com ganho ambiental por material não consumido

PRODUÇÃO		VALOR APROXIMADO ⁽¹⁾ (R\$)
MATERIAL	QUANTIDADE (Kg)	
Borracha natural	6.202	77.520
Borracha sintética	2.274	29.561
Negro de fumo	5.788	14.470
Derivados de petróleo	3.514	8.786
Aço	2.067	18.191

⁽¹⁾ Valores aproximados conforme Mercado Físico Rural (2022)

Fonte: A autora (2022)

Para o cálculo do ganho ambiental, foram utilizadas referências para estimar a quantidade e o valor em reais para a emissão evitada de CO₂ e material particulado no meio ambiente.

Para estimar as quantidades, foram seguidas as referências de Machry E Nunes (2015), onde apresentam que para cada Kg de pneu produzido são emitidos 1,12 Kg de CO₂, portanto deixaram de ser emitidos 23.153 Kg de CO₂.

Para a valoração da emissão evitada de carbono, considerou-se que, conforme Cerepa (2021) convencionalmente uma tonelada de Dióxido de Carbono (CO₂) equivale a 1 crédito de carbono e a cotação do ano de 2020, quando a média do valor por crédito era de R\$ 24,77 utilizando a Equação 5.1 a seguir foi calculado a economia.

$$EEC = CE \times CC \quad \text{Equação (5.1)}$$

na qual:

EEC = Emissão evitada de CO₂ (R\$)

CE = Quantidade de dióxido de carbono evitado (t)

CC = Crédito de carbono (R\$/t)

Portanto, considerando 20.672 Kg de pneus não utilizados com a gestão ativa são evitadas a emissão de 23.153 Kg de CO₂, o equivalente à 23,153 toneladas de CO₂, que representa uma economia de R\$573,50

Quanto ao material particulado, foi utilizado de referência os valores apresentados no Inventário Nacional De Emissões Atmosféricas Por Veículos Automotores Rodoviários publicado pelo Ministério do Meio Ambiente em 2013, onde mostra que para cada Km rodado são emitidos 0,59 g de material particulado, sendo evitadas a emissão de 869 Kg no meio ambiente.

Já para realizar a valoração da emissão evitada do material particulado, utilizou-se como parâmetro a faixa de valor para multa referente à poluição ambiental no Decreto N° 6.514, De 22 de Julho de 2008. Foi então considerado neste estudo o valor de R\$ 1.000,00 para cada Kg de material particulado (MP) emitido e a economia foi calculada conforme a Equação 5.2 a seguir.

$$EEMP = MPE \times V \quad \text{Equação (5.2)}$$

na qual:

EEMP = Emissão evitada de MP (R\$)

MPE = Material particulado evitado (Kg)

VM = Valor da multa (R\$/Kg)

Portanto, em relação à emissão de material particulado evitado considerou-se 869 Kg de MP evitado e a multa de R\$ 1.000,00, obtendo um valor de emissão evitada de MP de R\$ 869.000,00. Desta forma, o ganho ambiental total foi estimado em R\$ 869.573,50 para os 152 pneus evitados no ano 2020, conforme apresentado na Tabela 5.2.2 a seguir.

Tabela 5.2.2 - Resumo dos ganhos ambientais com a gestão ativa de pneus

PNEUS	PESO (Kg/unid)	PESO Total (Kg)	PRODUÇÃO			OPERAÇÃO			Valor total (R\$)
			Dióxido de carbono (CO ₂)			Material particulado (MP)			
			CO ₂ evitado (t)	Crédito de carbono (R\$/t)	Total (R\$)	MP (Kg)	Multa (R\$/Kg)	Total (R\$)	
152	20.672,00	23,15	24,77	573,50	869	1.000,00	869.000,00	869.573,50	

Fonte: A autora (2022)

Ao final obteve-se um ganho total de R\$ 1.208.409,50, sendo R\$ 338.836,00 o ganho financeiro anualizado para o empreendimento e R\$ 869.573,50 o ganho ambiental. Apesar de o ganho financeiro ser muito elevado e trazer um impacto significativo no lucro operacional da empresa, o ganho ambiental é muito superior em valor e em alcance, afinal o ganho é partilhado por diversas esferas, como o próprio empreendimento em estudo, as empresas reformadoras de pneus que tem o seu mercado aquecido, a população e meio ambiente com as externalidades positivas da não produção, uso e descarte dos pneus.

O estudo ainda demonstrou estar alinhado com os princípios dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da ONU (Organização das Nações Unidas), em especial com os objetivos 7, 8, 9, 11, 12 e 13. Notadamente este trabalho de valoração e gestão ambiental votados para obtenção do ganho de eficiência operacional e redução de custos, vem demonstrando ser uma ferramenta essencial para subsidiar as tomadas de decisões financeiras na empresa, potencializar processos operacionais, viabilizar ações e projetos socioambientais, além de estar alinhada com a comunidade internacional cujo viés tem sido a adoção dos protocolos dos Objetivos do

Desenvolvimento Sustentável e de medidas voltadas para mitigação de impactos ambientais e mudanças climáticas.

6. CONCLUSÕES

A maturidade em gestão representa a capacidade de um empreendimento de gerar resultado, normalmente esse resultado está atrelado a ganho financeiro, porém o presente estudo evidenciou que a gestão traz benefícios financeiros e ambientais.

A partir de uma análise de custo com a aplicação de metodologia de gestão aliada a ferramentas estatísticas, é possível com a implementação e definição de padrão para apenas um processo trazer resultado de grande impacto financeiro e ambiental.

No presente estudo a gestão ativa do consumo de pneus no setor minerário por meio da análise de causa e efeito e estabelecimento de padrões e processos bem definidos, mostrou-se eficiente trazendo um ganho financeiro anualizado de R\$ R\$ 338.836,00 e um impacto ambiental expressivo, não emitindo 23.153 Kg de CO₂ e 869 Kg de material particulado, poupando o consumo de cerca de 21t de matérias primas e representando um ganho ambiental de R\$ 869.573,50.

Pensando que o estudo foi para um caso isolado e que representa uma fatia ínfima perante o cenário da mineração de Minas Gerais, a replicação do método em outras operações ou obras seria capaz de trazer um impacto positivo enorme na economia do estado e para o meio ambiente, minimizando a agressividade ambiental do setor minerário. O estudo corroborou para mostrar que empreendimentos que caminham para aprimorar a gestão de seus processos estão, também, caminhando para serem empreendimento mais sustentáveis.

O método utilizado no estudo de caso pode ser replicado para outros tipos de equipamentos muito utilizados dentro do cenário da mineração, como as escavadeiras analisando o consumo de material rodante ou até mesmo de materiais de desgaste, como ponteiros e bordas. Por tratar-se de uma melhoria de processos, o método utilizado nesse estudo poderia ser adaptado para processos de empreendimentos de outros setores, como siderurgia, metalurgia e indústrias.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABR. Associação Brasileira do Segmento de Reforma de Pneus. A importância do setor de reforma de pneus 2021. Disponível em: <https://pnewsdigital.com.br/noticia/a-importancia-do-setor-de-reforma-de-pneus/>

ANDRADE, Hered de Souza. Pneus inservíveis: alternativas possíveis de reutilização. Florianópolis 2007 Disponível em: <http://tcc.bu.ufsc.br/Economia293475.pdf>

ANM – Agência Nacional de Mineração. Exploração Mineral. ANM. Brasília. 2022. Disponível em : <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/exploracao-mineral>

ARAÚJO, Felipe Costa; SILVA, Rogério José da. Pneus inservíveis: análise das leis ambientais vigentes e processos de destinação final adequados. Porto Alegre: ENGEPE, 2005. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENGEPE2005_Enegep1004_1123.pdf. Acesso em: 15 maio 2022.

BARRETO, M. L. Mineração e desenvolvimento sustentável: desafios para o Brasil. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001. 215p. Disponível em: http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/690/1/desenv_sustentavel.pdf

BERNARDI; H. A. DIMENSIONAMENTO DE EQUIPAMENTOS PARA AS OPERAÇÕES UNITÁRIAS DE LAVRA DE MINA A CÉU ABERTO. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Minas). Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas, Tocantins, 2015. Disponível em: <<http://ulbrato.br/bibliotecadigital/publico/home/documento/194>>. Acesso em: 26 jun. 2022

BERTOLLO, Sandra Ap. Margarido .Pavimentação asfáltica: uma alternativa para a reutilização de pneus usados. Rio de Janeiro. Revista Limpeza Pública nº 54, jan.2000. Disponível em: < <http://www.revistaocarreteiro.com.br/ano2000/Edicao316/reciclagem.htm> >. Acesso em: 31 maio 2007.

BERTOLLO, S.A.M.; FERNANDES JR, J.L. Benefícios da Incorporação de Borracha de Pneus em Pavimentos Asfálticos. In: XXVIII CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITÁRIA Y AMBIENTAL. 2002, Cancun. Anais...Cancun, México. 2002. p. 01-08.

BOMFIM, Marcela Rebouças. Avaliação de impactos ambientais da atividade mineraria / Marcela Rebouças Bomfim._ Cruz das Almas, BA: UFRB, 2017. Disponível em : <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/175229/1/avaliacao.pdf>

BORGES, T. C. Análise dos custos operacionais de produção no dimensionamento de frotas de carregamento e transporte em mineração. 2013. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013. Disponível em: http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/3411/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O_%20An%c3%a1liseCustoOperacionais.pdf Acesso em: 15 mai. 2022.

BRASIL. Código de Mineração (1967). Código de Mineração : e legislação correlata. – 2. ed. – Brasília : Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2011. 112 p. – (Coleção ambiental ; v. 2). <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/496300/000961769.pdf> Acesso em: 19 jun. 2022.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Presidência da República, Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm Acesso em: 19 jun. 2022.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, 2010. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2010/lei-12305-2-agosto-2010-607598-publicacaooriginal-128609-pl.html#:~:text=1%C2%BA%20Esta%20Lei%20institui%20a,poder%20p%C3%BAblico%20e%20aos%20instrumentos> Acesso em: 19 jun. 2022.

BRASIL. Decreto nº 6.514, de 22 de julho de 2008. Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/D6514.htm Acesso em: 13 nov. 2022.

CAREPA, Julio. Noções fundamentais sobre créditos de carbono.: mercado de carbono. Mercado de carbono. 2021. Disponível em: <https://blog.waycarbon.com/2021/03/creditos-de-carbono/#:~:text=Os%20cr%C3%A9ditos%20de%20carbono%2C%20cuja,o%20chamado%20business%20as%20usual..> Acesso em: 13 nov. 2022.

CONAMA- Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA n. 416, de 30 de setembro de 2009. Dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 01 out. 2009. p. 64-65. Disponível em: <http://www.ipaam.am.gov.br/wp-content/uploads/2021/01/Conama-416-Destina%C3%A7%C3%A3o-de-pneus.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2022.

CONAMA- Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA n. 258, de 26 de agosto de 1999. Determina que as empresas fabricantes e as importadoras de pneumáticos ficam obrigadas a coletar e dar destinação final ambientalmente adequada aos pneus inservíveis. Diário Oficial da União, Brasília, 02 dez. 1999. Seção 1, p. 39. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0258-260899.PDF> . Acesso em 15 mai. 2022.

COSTA, A. Caracterização do comportamento vibracional do sistema pneu-suspensão e sua correlação com o desgaste irregular verificado em pneus dianteiros de veículos comerciais. Tese de Doutorado. São Carlos, 2007. https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18135/tde-03082007-083351/publico/Tese_ACosta.pdf Acesso em: 19 jun. 2022.

COUTINHO, Heitor Lobo. Melhoria contínua aplicada para carregamento e transporte na operação de mina a céu aberto. 2017. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017. Disponível em: https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/9435/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_MelhoriaCont%C3%ADnuaAplicada.pdf. Acesso em 15 mai. 2022.

CHRISTÓFANI, Maria Paula Hêngling. Aspectos ambientais sobre pneus inservíveis. Iniciação - Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística Edição Temática em Sustentabilidade Vol. 7 no 1 – Novembro de 2017, São Paulo: Centro Universitário Senac ISSN

2179-474X Disponível em :http://www1.sp.senac.br/hotsites/blogs/revistainiciacao/wp-content/uploads/2017/11/1-238_IC_ArtigoRevisado.pdf Acesso em: 19 jun. 2022.

FERREIRA, Leonardo Assis. Escavação e exploração de minas a céu aberto. TCC (Graduação) – Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013. Disponível em :
<https://www.ufjf.br/engenhariacivil/files/2012/10/ESCAVA%C3%87%C3%83O-E->

FREITAS, Thiago Aurélio Freire; RÉGIS, Tatyana Karla Oliveira; SILVA, Marcio Carvalho da; ADISSI, Paulo José. LOGÍSTICA REVERSA COMO FERRAMENTA PARA A SUSTENTABILIDADE: UM ESTUDO SOBRE OS PNEUMÁTICOS. 2009. XXIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO A Engenharia de Produção e o Desenvolvimento Sustentável: Integrando Tecnologia e Gestão. Salvador, BA, Brasil, 06 a 09 de outubro de 2009. Disponível em:
https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_tn_stp_101_675_13198.pdf. Acesso em: 19 jun. 2022.

EXPLORA%C3%87%C3%83O-DE-MINAS-A-C%C3%89U-ABERTO.pdf Acesso em: 19 jun. 2022.

GODOY, Raimundo. Formação de Gestores: criando as bases da gestão. Belo Horizonte MG. 2ª Edição. 208 páginas Aquila 2021

GOMES, S. D. Estudo dos mecanismos de relaxações dielétricas e mecânica na borracha natural. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2008. Disponível em : <https://hdl.handle.net/1884/14700> Acesso em: 19 jun. 2022.

IBRAM - Instituto Brasileiro De Mineração - Brasil - **Setor mineral 1T22**. 2022. Disponível em: <https://ibram.org.br/publicacoes/?txtSearch=&checkbox-section%5B%5D=1236>. Acesso em: 16 maio 2022

INMETRO - Instituto Nacional De Metrologia Normalização E Qualidade Industrial Como é feita a reforma de pneus e quais são os processos de reforma de pneus?. 2020. Disponível em :
<https://www.gov.br/inmetro/pt-br/aceso-a-informacao/perguntas-frequentes/avaliacao-da-conformidade/reforma-de-pneus/como-e-feita-a-reforma-de-pneus-e-quais-sao-os-processos-de-reforma-de-pneus>. Acesso em: 19 jun. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Relatório de pneumáticos: Resolução Conama nº 416/09: 2020 (ano base 2019) / Lilian Ferreira de Sousa (org.). – Brasília: IBAMA, 2021. 87 p. : il. ; color. Disponível em :
http://www.ibama.gov.br/phocadownload/pneus/relatoriopneumaticos/2021-03-03-%20Ibama-Relatorio_Pneumaticos_2020_completo_com_capa_terceira_versao.pdf
Acesso em: 19 jun. 2022.

KAMIMURA, Eliane Potencial de utilização dos resíduos de borracha de pneus pela indústria da construção civil. Florianópolis, UFSC, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2002. xv, 128 p Disponível em :
<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/83493/193675.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 19 jun. 2022.

LAGARINHOS, Carlos. Reciclagem de pneus: Análise do Impacto da Legislação Ambiental através da Logística Reversa. São Paulo, 2011. 263f. Tese (Doutorado em Engenharia) –

Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3133/tde-09032012-140924/publico/Tese_Carlos_A_P_Lagarinhos.pdf Acesso em: 19 jun. 2022.

LAGARINHOS, C.A.F.; ESPINOSA, D. C. R.; TENÓRIO, J. A. S.; Reciclagem de pneus usados no Brasil: Revisão das tecnologias usadas. 22º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais; 2016

LUZ, Adão Benvindo (Ed.); SAMPAIO, João Alves (Ed.); ALMEIDA, Salvador Luiz Matos (Ed.). Tratamento de Minérios 2010. 5.ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. 932p. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/476> Acesso em: 19 jun. 2022.

MACHRY, João C.; NUNES, Fabiano de Lima. ANÁLISE DA EMISSÃO DE CO₂ E PEGADA AMBIENTAL: UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO DA REGIÃO SUL DO BRASIL. 2015. XXII SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO Política Nacional de Inovação e Engenharia de Produção. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/344072787_ANALISE_DA_EMISSAO_DE_CO2_E_PEGADA_AMBIENTAL_UM_ESTUDO_DE_CASO_EM_UMA_EMPRESA_DE_TRANSPORTE_RODOVIARIO_DA_REGIAO_SUL_DO_BRASIL. Acesso em: 23 out. 2022.

MERCADO FÍSICO RURAL; MF Rural, 2022. O agronegócio passa por aqui Disponível em: <https://www.mfrural.com.br/> . Acesso em: 23 nov 2022.

MELLO, C. H. P. (2011). Gestão da qualidade. São Paulo: Pearson Education. Página 22

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários. Brasil, 2013. 115 p. Disponível em: <https://iema-site-staging.s3.amazonaws.com/2014-05-27inventario2013.pdf> Acesso em: 23 out. 2022.

MISAWA, C.K.O. Análise qualitativa e quantitativa de compostos de borracha destinados à fabricação de revestimentos de embreagem. Tese (Doutorado) – Instituto de Química da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2011. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/46/46136/tde-05062012-142038/pt-br.php> Acesso em: 19 jun. 2022.

MORESCO, S. Utilização de Aditivos Alternativos em Formulações Elastoméricas para Bandas de Rodagem. Dissertação de Mestrado, Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul, 2013. <https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/724/Dissertacao%20Suelen%20Moresco.pdf?sequence=3> Acesso em: 19 jun. 2022.

PARRA, Cristina Vilela.; NASCIMENTO, Ana Paula Branco.; FERREIRA, Mauricio Lamano. Reutilização e Reciclagem de Pneus, e os Problemas Causados por sua Destinação Incorreta. XIV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e X Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba. São Paulo, 2010. Disponível em: https://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2010/anais/arquivos/0908_0988_01.pdf Acesso em: 15 maio 2022.

PATRÍCIO, Robson Luís. Avaliação de métodos de revegetação de áreas degradadas utilizados na mineração de níquel em Niquelândia Goiás. 2009. 41 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental) - Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2009. Disponível em :

<https://bdtd.ucb.br:8443/jspui/bitstream/123456789/1751/1/Texto%20completo%20Robson%20Patricio%20-%20202009.pdf> , Acesso em 15 de maio de 2022

QUEVEDO, J. M. G. Modelo de Simulação para o Sistema de Carregamento e Transporte em Mina a Céu Aberto. Rio de Janeiro, 2009. 133 p Disponível em : https://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/0712516_09_pretextual.pdf Acesso em: 15 maio. 2022.

REVISTA M&T MANUTENÇÃO e TECNOLOGIA. Cuidados que Geram Economia. Ed 146 Disponível em: <https://www.revistamt.com.br/Materias/Exibir/cuidados-que-geram-economia>. Acesso em: 15 maio. 2022.

RESENDE, E. Canal de Distribuição Reverso na Reciclagem de Pneus: Estudo de Caso. 2004. Dissertação (Mestrado)- Pontífica Universidade Católica. Rio de Janeiro. 2004 https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/5284/5284_1.PDF Acesso em: 19 jun. 2022.

RIBEIRO, Cléa Maria da Cunha. Gerenciamento de pneus inservíveis: Coleta e destinação final. Dissertação. Mestrado. Centro Universitário Senac. São Paulo. 2005

RICARDO, H. S; CATALANI, G. Manual Prático de Escavação: Terraplenagem e Escavação de Rocha. 3. ed. São Paulo: PINI, 2007. 656 p.

SANTOS, Sabrina Silva dos; AGOSTINHO, Tatiane Cristina Fernandes A Reciclagem de Pneus Inservíveis / Sabrina Silva dos Santos; Tatiane Cristina Fernandes de Agostinho; orientador: Márcio Antonio Teixeira. Marília, SP: [s.n.], 2010. <https://aberto.univem.edu.br/bitstream/handle/11077/510/A%20Reciclagem%20de%20Pneus%20Inserv%20C3%ADveis.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 19 jun. 2022.

SIMONETTI, Camila; BAUER, Anderson Leffa; PACHECO, Fernanda; TUTIKIAN, Bernardo Fonseca; Logística reversa e legislação ambiental dos pneus inservíveis no Brasil. 9º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos; 2018

SILVA, Arthur Édico Matias da; CASTRO, Vinícius Alexandre de. TECNOLOGIA DO PNEU, FABRICAÇÃO, DIMENSIONAMENTO E APLICAÇÃO. 2017. Disponível em: <https://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/Arthur%20%C3%89dico.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2022. Acesso em: 19 jun. 2022.

SILVA, Eliane Cristina Rodrigues da ; PACHECO, E. B. A. V. . As destinações de pneus inservíveis e seus impactos. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável - ICTR 2004, 2004, Florianópolis. Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável - ICTR 2004, 2004. Disponível em : <https://www.ipen.br/biblioteca/cd/ictr/2004/ARQUIVOS%20PDF/14/14-050.pdf> Acesso em: 19 jun. 2022.

SILVA, V. J . Menezes .; PACHECO, E. B. A. Vasques. Degradação Térmica de pneus inservíveis. Niterói:Jornal de plásticos,14, 20 abr. 2004.

SINPEC - Sindicato Nacional Da Indústria De Pneumáticos, Câmaras De Ar E Camelback. História do pneu. 2022 Disponível em. Acesso em: 19 jun. 2022.

SOUZA, C. M., Utilização da Radiação Ionizante na Reciclagem de Pneus Inservíveis de Automóvel e sua Destinação Ambiental Adequada. 2013, 104p. Dissertação de Mestrado - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - Universidade de São Paulo, São Paulo.

Disponível em : <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85131/tde-17022014-131803/publico/2013SouzaUtilizacao.pdf> Acesso em: 19 jun. 2022.

WERLANG, R. B. e SILVEIRA, F. L. A física dos pneumáticos. Physics of tires. Rio Grande do Sul. 2013. Disponível em : <https://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Pneus.pdf>

WERKEMA, M. C. C. Ferramentas Estatísticas Básicas para o Gerenciamento de Processos. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995 ; Série Ferramentas da qualidade v.2 384 p. : il. ; 24 cm

APÊNDICE A – MODELO DE CONTROLE DE PNEU E RODÍZIO

CONTROLE DE PNEUS				FOR.CRC.MAN.003
FROTA:		OBRA:		
DATA:		HORIMETRO:	KM:	
ESTEPE 1 Retirado Aplicado Nº FOGO MEDIDA SULCO CALIBR. <input type="checkbox"/> Novo <input type="checkbox"/> efor.		ESTEPE 2 Retirado Aplicado Nº FOGO MEDIDA SULCO CALIBR. <input type="checkbox"/> Novo <input type="checkbox"/> efor.		
POSIÇÃO 1 Retirado Aplicado Nº FOGO MEDIDA SULCO CALIBR. <input type="checkbox"/> Novo <input type="checkbox"/> efor.		POSIÇÃO 2 Retirado Aplicado Nº FOGO MEDIDA SULCO CALIBR. <input type="checkbox"/> Novo <input type="checkbox"/> efor.		POSIÇÃO 3 Retirado Aplicado Nº FOGO MEDIDA SULCO CALIBR. <input type="checkbox"/> Novo <input type="checkbox"/> efor.
POSIÇÃO 4 Retirado Aplicado Nº FOGO MEDIDA SULCO CALIBR. <input type="checkbox"/> Novo <input type="checkbox"/> efor.		POSIÇÃO 5 Retirado Aplicado Nº FOGO MEDIDA SULCO CALIBR. <input type="checkbox"/> Novo <input type="checkbox"/> efor.		
POSIÇÃO 6 Retirado Aplicado Nº FOGO MEDIDA SULCO CALIBR. <input type="checkbox"/> Novo <input type="checkbox"/> efor.		POSIÇÃO 7 Retirado Aplicado Nº FOGO MEDIDA SULCO CALIBR. <input type="checkbox"/> Novo <input type="checkbox"/> efor.		POSIÇÃO 8 Retirado Aplicado Nº FOGO MEDIDA SULCO CALIBR. <input type="checkbox"/> Novo <input type="checkbox"/> efor.
POSIÇÃO 9 Retirado Aplicado Nº FOGO MEDIDA SULCO CALIBR. <input type="checkbox"/> Novo <input type="checkbox"/> efor.		POSIÇÃO 10 Retirado Aplicado Nº FOGO MEDIDA SULCO CALIBR. <input type="checkbox"/> Novo <input type="checkbox"/> efor.		POSIÇÃO 11 Retirado Aplicado Nº FOGO MEDIDA SULCO CALIBR. <input type="checkbox"/> Novo <input type="checkbox"/> efor.
POSIÇÃO 12 Retirado Aplicado Nº FOGO MEDIDA SULCO CALIBR. <input type="checkbox"/> Novo <input type="checkbox"/> efor.				
RESPONSÁVEL				
Mecânico.:		NOME	ASSINATURA	
Supervisão.:		NOME	ASSINATURA	