

## ANÁLISE REFERENTE AOS PNEUS INSERVÍVEIS: SOLUÇÕES E ALTERNATIVAS DE RECICLAGEM

LERMEN, Andréia Monique <sup>1\*</sup>; CLERICI, Naiara Jacinta <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis, Campus Cerro Largo, Rua Jacob Reinaldo Haupenthal, 1.580, Cerro Largo, RS, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Cerro Largo-RS, Brasil.

\*Autor Correspondente: [andreamoniquelermen@hotmail.com](mailto:andreamoniquelermen@hotmail.com)

### RESUMO

Sabe-se que a sociedade através do tempo, vem se desenvolvendo tecnologicamente. Essa perspectiva nos leva ao que é hoje a sociedade capitalista, que tende para o consumo e logo, ao aumento do descarte de resíduos. Nesse sentido, objetivou-se abordar a problemática sobre o descarte de pneus inservíveis e as alternativas existentes para reutilizá-lo, bem como a relevância das questões ambientais e o arcabouço legislativo ambiental pertinente. Foi realizada uma pesquisa de literatura utilizando as bases de dados Scopus e Portal Periódicos Capes, selecionando trabalhos que abordem a temática em questão. A nível nacional a abrangência do assunto sobre uso e ocupação de pneus necessitou de debates entre sociedade civil, empresas e órgãos públicos, precedidos de ocorrências de danos ambientais expressivos, resultando em legislações referentes ao tema. São perceptíveis os problemas ambientais relacionados aos pneus inservíveis, portanto alternativas para reaproveitamento em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, como a destinação à reciclagem energética, pirólise, pavimentação asfáltica, coprocessamento em fornos de cimenteiras, utilização na construção civil, entre outros processos, são vistos como soluções ecologicamente e economicamente viáveis para resolver essa problemática.

**Palavras chave:** Legislação ambiental; Meio ambiente; Pneus inservíveis; Reutilização.

## ANALYSIS CONCERNING INSERVABLE TIRES: RECYCLING ALTERNATIVES AND SOLUTIONS

### ABSTRACT

It is known that society over time has been developing technologically. This perspective leads us to what is today the capitalist society, which always tends to consumption and, therefore, to the increase of waste disposal. In this sense, the objective was to address the issue of the disposal of waste tires and the alternatives to reuse them, as well as the relevance of environmental issues and the relevant environmental legislative framework. A literature search was carried out using the Scopus and Portal Periódicos Capes databases, selecting works that address the subject in question. At the national level, the scope of the subject on the use and occupation of tires required debates among civil society, companies and public agencies, preceded by occurrences of significant environmental damages, resulting in legislation of the subject. The environmental problems related to waste tires are noticeable, therefore alternatives for reuse in their cycle or in other productive cycles, such as energy recycling, pyrolysis, asphalt pavement, co-processing in cement kilns, use in civil construction, among other processes, are seen as ecologically and economically viable solutions to solve this problem.

**Keywords:** Environmental legislation; Environment; Waste tires; Reuse.

### 1 INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento econômico, a melhoria das condições financeiras da sociedade e o crescente consumo, a população passou a adquirir automóveis, motocicletas ou bicicletas para realizar passeios, facilitar a locomoção ou para utilizar como meio de trabalho. Entretanto, conforme aumenta o consumo de produtos, conseqüentemente, aumenta a geração de resíduos e nesse contexto, os pneus merecem destaque, pois são trocados sempre que o desgaste atinge o *Tread Wear Indicator* (TWI), indicador localizado na banda de rodagem de todos os pneus.

Apesar de o pneu ser um material inerte, ele não possui metais pesados na sua composição e não é solúvel em água, portanto não sofre lixiviação, mas sua deposição requer

gerenciamento específico, devido ao descarte não ser fácil e ao tempo de decomposição na natureza que é longo, estimado em torno de 600 anos. Além disso, os pneus causam riscos à saúde pública e a qualidade de vida, pois quando deixados em locais inadequados pode haver proliferação de mosquitos e, quando queimados geram poluição do ar através da fumaça (FAUSTINO; LEITE, 2014; CANOVA et al., 2007).

Destinar os pneus ao aterro sanitário também pode ocasionar problemas, devido à baixa compressibilidade do material, dificultando assim a compactação e reduzindo a vida útil dos aterros. Além disso, os pneus absorvem os gases que são liberados pela decomposição dos outros resíduos, inchando e podendo até estourar, o que prejudica a cobertura dos aterros (CANOVA et al., 2007; MOTTA, 2008).

Diante da problemática apresentada, propõem-se cenários onde os pneus podem ser recuperados e ter sua vida útil prolongada por alguns anos, através de recapagem, recauchutagem e remoldagem, antes de tornarem-se inservíveis. Considera-se um pneu inservível aquele “pneu usado que apresente danos irreparáveis em sua estrutura não se prestando mais à rodagem ou à reforma” (CONAMA, 2009). Os métodos mais usados para a destinação dos pneus inservíveis no Brasil são classificados como recauchutagem, regeneração, reciclagem energética, pirólise, pavimentação asfáltica, coprocessamento em fornos de cimenteiras, utilização na construção civil, além de outras formas de reutilização menos difundidas (FREITAS; NÓBREGA, 2014). Portanto, neste trabalho objetivou-se analisar as alternativas de reutilização dos pneus, através de uma análise bibliográfica utilizando base de dados.

## **2 DESENVOLVIMENTO E DEMONSTRAÇÃO DOS RESULTADOS**

### **2.1 REFERENCIAL TEÓRICO**

Na década de 90 surgiram as primeiras regulações envolvendo os pneus no Brasil e vale ressaltar que, o país foi um dos pioneiros na implementação de regulamentação para o problema da destinação dos pneus. Em 1991, por meio da Portaria 8 da Secretaria de Comércio Exterior (SECEX), o país proibiu a importação de bens de consumo usados. Já alguns anos depois, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) proibiu a importação de pneus usados. E posteriormente, foi publicada a Resolução do CONAMA Nº 258/99, que introduziu o princípio da responsabilidade do produtor e do importador pela destinação final ambientalmente adequada de pneus. Dessa maneira, somente após esse marco

regulatório, os produtores e importadores ficaram obrigados a coletar e dar destinação ambientalmente adequada a uma quantidade crescente de pneus inservíveis, sendo que as metas de coleta têm como base o volume de pneus fabricados ou importados no mercado doméstico (FAUSTINO; LEITE, 2014; MOTTA, 2008; CONAMA, 1999).

A Portaria 8 da SECEX, em 2000, proibiu a concessão de licenças para a importação de pneus reformados e usados, como bem de consumo ou matéria-prima, pois os pneus entrariam no país com a vida útil reduzida e rapidamente se transformariam em passivo ambiental, que pode ser entendido como toda contaminação ou degradação ambiental provocada por determinada atividade e consiste no valor de cobranças e investimentos para reabilitar o meio ambiente (MOTTA, 2008; GALDINO et al., 2002).

A Resolução do CONAMA N° 301/02, impôs a obrigatoriedade de destinar corretamente um pneu inservível para cada quatro novos produzidos, importados e reformados. A cada ano, a obrigatoriedade foi crescendo até chegar a 5 pneus para cada 4 pneus produzidos a partir de 2005 (CONAMA, 2002). *A posteriori*, a Resolução do CONAMA N° 416/09, revogou as Resoluções N° 258/99 e N° 301/02 do CONAMA, dispondo então sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada (CONAMA, 2009).

A Resolução N° 416/09 caracteriza a destinação ambientalmente adequada de pneus inservíveis como “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”. Além disso, a resolução determina que para cada pneu novo comercializado para o mercado de reposição, as empresas fabricantes ou importadoras deverão dar destinação adequada a um pneu inservível. E ainda a resolução supracitada também prevê que os fabricantes e os importadores de pneus novos deverão implantar, nos municípios acima de 100 mil habitantes, pelo menos um ponto de coleta (CONAMA, 2009). Os pneus inservíveis podem ser armazenados em lascas ou triturados adequadamente, de forma que se obedeça aos requisitos para o licenciamento, pelo prazo de um ano, podem ser utilizados com comprovação junto ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) (LAGARINHOS; TENÓRIO, 2013).

Ainda em 1999, a Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP), entidade que representa os fabricantes de pneus novos no Brasil, implantou o Programa Nacional de

Coleta e Destinação de Pneus Inservíveis em todo o território nacional. No decorrer dos anos, o Programa foi ampliado para todas as regiões do País e os fabricantes criaram uma entidade voltada exclusivamente para esse fim. Sendo assim, em 2007, a Reciclanip foi criada pelos fabricantes de pneus novos Bridgestone, Goodyear, Michelin e Pirelli, com o intuito de realizar, de forma adequada, a coleta e destinação de pneus no Brasil. Através de parcerias com distribuidores, revendedores e prefeituras foi possível a implantação de centros de recepção de pneus inservíveis, os chamados Ecopontos (FREITAS; NÓBREGA, 2014; RECICLANIP, 2020).

A Reciclanip gerencia o processo de coleta e reciclagem de pneus inservíveis para a indústria nacional, sendo considerada uma das maiores iniciativas da indústria brasileira na área de logística reversa. Destaca-se que o trabalho realizado pela entidade é comparável aos maiores programas de reciclagem desenvolvidos no país, em especial, ao de latas de alumínio e embalagens de defensivos agrícolas (ANIP, 2020; RECICLANIP, 2020).

Salienta-se que a logística reversa foi introduzida legalmente através da Lei Nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Por meio desta, o procedimento de logística reversa foi inserido como um instrumento para a aplicação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. Portanto, através de ações e procedimentos realiza-se a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para o reaproveitamento em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada. Dessa maneira, a logística reversa se torna essencial, considerando o volume de produção e o conseqüente descarte de resíduos, especialmente, de pneus (BRASIL, 2010; VILLELA; SILVA, 2019).

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi elaborado através de uma pesquisa de revisão bibliográfica narrativa e não exaustiva no que concerne às alternativas disponibilizadas aos pneus inservíveis no cenário brasileiro. Foi realizado um estudo exploratório da literatura científica sobre a temática, através de uma coleta de dados utilizando as bases de dados SCOPUS e Portal Periódicos Capes. Os descritores utilizados foram “pneus inservíveis”, “meio ambiente” e “reutilização”, com a inclusão do operador AND. Por fim, analisou-se os títulos e resumos dos trabalhos encontrados e os quais não tinham conexão com a temática proposta foram removidos da seleção.

### 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Brasil, entre os países em desenvolvimento, é detentor da maior frota de veículos e assim, há a ocorrência de emissão de gases, além da geração de resíduos, com destaque para os pneus. Portanto, a disposição de pneus inservíveis pode tornar-se um grande passivo ambiental se não for gerenciada adequadamente. Sendo assim, dar uma destinação correta ao pneu, além de diminuir problemas ambientais, pode proporcionar uma sensível economia no produto final (MOTTA, 2008; SANTOS, BORJA, 2005).

Silva et al. (2017) destaca que os pneus inservíveis são, frequentemente, utilizados como combustível alternativo para indústrias de cimento, porém também possuem outras utilidades, como fabricação de solados de sapatos, pisos industriais, borrachas de vedação, pisos para quadras poliesportivas, dutos pluviais, além de tapetes para automóveis. No entanto, há outras práticas que vêm sendo investigadas a fim de dar outro destino aos pneus.

Segundo Freitas e Nóbrega (2014), a indústria de cimento recebe diversos tipos de matérias-primas alternativas, denominando como Ecocement, o cimento produzido com a utilização de resíduos, que vem sendo valorizado no contexto da sustentabilidade. Santos e Borja (2005) estudaram a aplicação de resíduos de pneus em traços de concreto, observando que o resíduo de pneu exerceu uma influência significativa na diminuição da resistência à compressão em todos os traços com percentuais de 10% e 15%.

Os agregados reciclados de borracha de pneus podem ser destinados na indústria da construção civil, pois trata-se de um material promissor devido à sua leveza, elasticidade, absorção de energia, propriedades térmicas e acústicas, ocasionando melhoria de propriedades nos blocos de concreto. Além disso, é uma solução alternativa, com vistas à economia e preservação do meio ambiente, em razão da diminuição da exploração de recursos naturais, como areia e brita, e redução dos resíduos sólidos acumulados na natureza (SANTOS; BORJA, 2005; SILVA et al., 2017).

Resíduos de pneus inservíveis também podem ser incorporados em argamassa mista de revestimento, apresentando menores incidências de fissuras visíveis, redução nas propriedades mecânicas e aumento no teor de ar incorporado, contribuindo assim para a redução de fissuras em revestimento (CANOVA et al., 2015). Silva et al. (2017) avaliaram a empregabilidade da borracha de pneus inservíveis em substituição parcial ao agregado miúdo na produção de tijolos ecológicos. Os autores obtiveram blocos com adição do resíduo de borracha que apresentaram menor densidade e peso próprio, além de possuírem maior taxa de absorção. Além disso, os autores concluíram através de experimentos, que pode-se adotar até 20% de borracha em substituição ao agregado sem que haja perda relevante de resistência. Portanto,

blocos com adição de borracha mostram-se como uma alternativa ambientalmente adequada, tecnicamente viável e com a possibilidade de incorporar um resíduo que possivelmente seria descartado no meio ambiente de maneira incorreta e onerosa.

Um método que tem ganhado atenção e é primordial para eliminar a problemática dos pneus é a pirólise, pois este processo faz com que o reaproveitamento dos constituintes dos pneus seja possível (FAUSTINO; LEITE, 2014; PAN et al., 2020). Estudos com a pirólise de pneus investigaram os diferentes produtos voláteis gerados, com destaque para voláteis de hidrocarbonetos que eram compostos principalmente de alcenos, especialmente sesquiterpenos, D-limoneno e isopreno. Além disso, heteroátomos predominantes como ácidos graxos, álcoois alcenílicos, sulfetos, difenilamina, nitrilos e benzotiazol foram produtos identificados (PAN et al., 2020).

Faustino e Leite (2014) relatam que a empresa Pneu Verde realiza o processo de pirólise, que consiste no aquecimento dos fragmentos de pneus a temperaturas de 400 °C em espaço confinado, sem oxigênio, por 7 horas. Explicam ainda que, a esta temperatura, a borracha dos pneus começa a decompor-se gerando produtos gasosos e líquidos, que podem ser coletados, deixando um resíduo não volátil composto de *carbon black*, pedaços de arame de aço carbônico e vários materiais inorgânicos, tais como pigmentos de óxido de titânio, sílica, óleo residual também chamado de pneu líquido e gás. Contudo, a empresa possui ampla tecnologia e também explora a comercialização dos produtos que são extraídos do processo, para as indústrias de borracha, situadas na região Sul e Sudoeste do Brasil. Importante salientar, que a pirólise gera produtos indesejáveis como os supracitados, no entanto, a empresa deste estudo também os reutiliza, evitando assim maiores problemáticas ambientais.

Outra alternativa que pode ser dada aos pneus é incorporar a borracha destes em ligantes asfálticos utilizados em obras de pavimentação. Através disso, é possível aumentar a resistência ao acúmulo de deformação permanente e ao aparecimento de trincas por fadiga do revestimento. Além disso, trata-se de uma abordagem economicamente, ambientalmente e tecnologicamente viável (ODA; FERNANDES JÚNIOR, 2001).

Bocci e Prosperi (2020) utilizaram fibras de pneus inservíveis no asfalto de mistura quente, aumentando a resistência do asfalto à fadiga, provavelmente relacionada à capacidade das fibras em costurar as bordas da microfissura e contrastar a abertura da macro fissura. Já Gong et al. (2019), avaliaram o desempenho do concreto asfáltico emborrachado usando os métodos de revestimento de cimento (tipo *Portland*) e o sistema de gradação de gap (*Stone Matrix Asphalt* (SMA)), obtendo resultados que mostraram que a mistura SMA com agregado



de borracha pré-revestido possui desempenho semelhante ao das amostras preparadas com agregado convencional e também possui maior resistência e melhor desempenho do que a mistura com agregado de borracha não tratado.

O cimento fosfato de magnésio (MPC) é um material de reparo comumente usado na engenharia de estradas e pontes. Ma et al. (2020) avaliaram os efeitos de partículas de pneus nas propriedades do MPC, onde os resultados indicaram que a presença de partículas de pneu diminuem a fluidez, a resistência à compressão e a força de ligação da argamassa MPC em diferentes níveis, além de diminuir a absorção de água capilar, aumentando a resistência à água e a estabilidade do volume até certo ponto. Ainda, agregados de concreto reciclado (RCA) misturados com agregados derivados de pneus (TDA) foram avaliados para construção de pavimentos, onde as propriedades geotécnicas das misturas RCA-TDA indicaram sua adequação em aplicações de pavimentos (ARULRAJAH et al., 2019).

Destaca-se que desde a implantação da PNRS houve um aumento no percentual de pneus reciclados no país, mostrando que o processo de logística reversa tem funcionado. No entanto, ainda há muito a ser feito, tendo em vista que há somente 817 pontos oficiais de coleta de pneus inservíveis no Brasil, sendo um desafio que a Reciclanip possui junto aos órgãos públicos para melhorar a reciclagem deste material de maneira ambientalmente adequada (FLORIANI et al., 2016).

Observa-se que no Brasil é necessário que haja mais divulgação e conscientização entre o fabricante, quem comercializa e o consumidor final (FLORIANI et al., 2016). Constata-se isto através de estudos de Silva et al. (2019), onde relatam que os agricultores, que consomem pneus agrícolas, não acreditam que suas ações podem produzir danos irreparáveis ao meio ambiente, mostrando pouca preocupação com a relação entre os seres humanos e a natureza, além de apresentarem certa indiferença em relação às políticas adotadas pelas empresas ambientalmente corretas. Corroborando com isto, o estudo realizado por Pessoa e Pessoa (2017), que entrevistaram proprietários de estabelecimentos do ramo de pneus e observaram que a maioria dos entrevistados não têm conhecimento da legislação dos pneumáticos e não realizam a prática da logística reversa de pneus inservíveis em seus empreendimentos. Diante disso, é fundamental que sejam realizadas campanhas públicas informativas sobre o assunto, além da fiscalização do poder público.

## **CONCLUSÃO**

Portanto, diante do exposto é possível constatar que os pneus inservíveis são uma problemática que está inserida diretamente na sociedade, podendo ocasionar graves



consequências ambientais e de saúde pública. Uma das formas de solucionar esse problema é a efetiva fiscalização do poder público junto às empresas fabricantes de pneus. Entretanto, como visto neste trabalho, a aplicação de pneus inservíveis em diferentes setores, para reaproveitamento em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou até para outra destinação final ambientalmente adequada, possibilita uma ótima solução para essa problemática. Portanto, através da literatura observou-se que diferentes estudos foram realizados a fim de buscar alternativas promissoras, como a destinação à reciclagem energética, no processo de pirólise, como ingrediente da pavimentação asfáltica, no coprocessamento em fornos de cimenteiras, utilização na construção civil, entre outros processos, sendo vistos como soluções ecologicamente e economicamente viáveis para resolver essa problemática, desde que não gerem outros subprodutos desagradáveis ao meio ambiente durante seu processamento.

### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem a Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *Campus Cerro Largo/RS*, pelos conhecimentos adquiridos por meio da graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária.

### **REFERÊNCIAS**

ARULRAJAH, A.; MOHAMMADINIA, A.; MAGHOOL, F.; HORPIBULSUK, S. Tire derived aggregates as a supplementary material with recycled demolition concrete for pavement applications. *Journal of Cleaner Production*, v. 230, p. 129-136, 2019.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA PNEUMÁTICA (ANIP). Institucional. Disponível em: <<http://www.anip.org.br/institucional/>>. Acesso em: 21 de maio de 2020.

BOCCI, E.; PROSPERI, E. Recycling of reclaimed fibers from end-of-life tires in hot mix asphalt. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, p. 1-10, 2020.

BRASIL. Lei Nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. *Diário Oficial da União*: n. 147, Seção 1, p. 3, 2010.

CANOVA, J. A.; BERGAMASCO, R.; ANGELIS NETO, G. A utilização de resíduos de pneus inservíveis em argamassa de revestimento. *Acta Scientiarum. Technology*, v. 29, n. 2, p. 141-149, 2007.

CANOVA, J. A.; BERGAMASCO, R.; ANGELIS NETO, G. Pó de borracha de pneus inservíveis em argamassa de revestimento. *Revista eletrônica de engenharia civil*, v. 10, n. 3, p. 41-53, 2015.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução N° 258, de 26 de agosto de 1999. Diário Oficial da União: n. 230, seção 1, p. 39, 1999.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução N° 301, de 21 de março de 2002. Diário Oficial da União: n. 166, seção 1, p. 120-121, 2002.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução N° 416, de 30 de setembro de 2009. Diário Oficial da União: n. 188, p. 64-65, 2009.

FAUSTINO, O. W. C.; LEITE, E. F. Desenvolvimento sustentável e o fenômeno do empreendedorismo com pneus inservíveis: um estudo de caso na “pneu verde”. Revista Holos, v. 5, ano 30, p. 344-360, 2014.

FLORIANI, M. A.; FURLANETTO, V. C.; SEHNEM, S. Descarte sustentável de pneus inservíveis. Revista Navus, v. 6, n. 2, p. 37-51, 2016.

FREITAS, S. S.; NÓBREGA, C. C. Os benefícios do coprocessamento de pneus inservíveis para a indústria cimenteira. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 19, n. 3, p. 293-300, 2014.

GALDINO, C. A. B.; SANTOS, E. M.; PINHEIRO, J. I.; MARQUES JÚNIOR, S.; RAMOS, R. E. B. Passivo ambiental das organizações: uma abordagem teórica sobre avaliação de custos e danos ambientais no setor de exploração de petróleo. In.: XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Curitiba, Paraná, 2002.

GONG, F.; GUO, S.; CHEN, S.; YOU, Z.; LIU, Y.; DAI, Q. Strength and durability of dry-processed stone matrix asphalt containing cement pre-coated scrap tire rubber particles. Construction and Building Materials, v. 214, p. 475-483, 2019.

LAGARINHOS, C. A. F.; TENÓRIO, J. A. S. Logística reversa dos pneus usados no Brasil. Polímeros, v. 23, n. 1, p. 49-58, 2013.

MA, C.; ZHAO, B.; HE, Y.; LI, F.; LONG, G.; DU, Y. Preparation and properties of sustainable magnesium phosphate cement composites with recycled tire rubber particles. Journal of Cleaner Production, v. 262, p. 121253, 2020.

MOTTA, F. G. A cadeia de destinação dos pneus inservíveis – o papel da regulação e do desenvolvimento tecnológico. Ambiente & Sociedade, v. XI, n. 1, p. 167-184, 2008.

ODA, S.; FERNANDES JÚNIOR, J. L. Borracha de pneus como modificador de cimentos asfálticos para uso em obras de pavimentação. Acta Scientiarum, v. 23, n. 6, p. 1589-1599, 2001.

PAN, Y.; YANG, D.; SUN, K.; WANG, X.; ZHOU, Y.; HUANG, Q. Pyrolytic transformation behavior of hydrocarbons and heteroatom compounds of scrap tire volatiles. Fuel, v. 276, 2020.

PESSOA, J. O.; PESSOA, J. O. Avaliação do sistema de logística reversa de pneus inservíveis no sul do Amazonas. Revista Foco, v. 10, n. 1, p. 221-237, 2017.

RECICLANIP. Responsabilidade Pós Consumo. Disponível em:  
<<http://www.reciclanip.org.br/quem-somos/institucional/>>. Acesso em: 21 de maio de 2020.

SANTOS, E. A.; BORJA, E. V. Investigação experimental de traços para blocos de concreto para alvenaria de vedação com adição de resíduos de pneus reciclados. Revista Holos, p. 54-64, 2005.

SILVA, M. L.; COELHO, J. L. S.; SARTORI, M. A.; JOHANN, J. A.; BERTOLINI, G. R. F. Destinação sustentável de pneus agrícolas inservíveis: confiança dos agricultores e viabilidade de reciclagem. Revista de Administração FACES Journal, v. 18, n. 1, 50-71, 2019.

SILVA, T. D.; PAULA, H. M.; SILVA, D.; CARVALHO, I. M.; FONTE, J. T.; PEREIRA, R. R. Uso de granulado de borracha em substituição parcial ao agregado miúdo na produção de tijolos ecológicos. Revista Matéria, v. 22, n. 04, 2017.

VILLELA, G. O. M.; SILVA, F. B. A logística reversa de pneus: um estudo de caso na COMLURB. Revista das Faculdades Integradas Vianna Júnior, v. 10, n. 1, p. 79-95, 2019.