Reciclagem de Pneumáticos

Levantamento das tecnologias e legislações para a destinação final de pneus

ANDRÉ VIEIRA NERASTI
Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias
PUC - Campinas
Jundiaí, Brasil
andre.nerasti@hotmail.com

LUIZA LA SALVIA MARTINS
Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias
PUC - Campinas
Campinas, Brasil
luiza.llsm@gmail.com

***Abstract* — Analisando a indústria pneumática brasileira, nota-se um grande problema em relação ao descarte impróprio de pneus usados. Considerando os riscos que este passivo ambiental representa à saúde antrópica e ambiental o presente trabalho tem como objetivo a realização de um estudo bibliográfico sobre possíveis soluções para o descarte final de pneus inservíveis no Brasil. Primeiramente o trabalho discute sobre a produção de pneus, aspectos legais e legislação vigente. Em seguida são apontadas consequências ambientais e sociais causadas pelo descarte impróprio de pneumáticos. Por fim tecnologias são apresentadas para a destinação final de pneus inservíveis. Em conclusão é possível destacar diversas tecnologias com um alto potencial para o processamento de pneus usados, dentre elas estão: coprocessamento na indústria cimenteira - 307 mil toneladas de pneus / ano; granulação - 122 mil toneladas por ano e laminação - 82 mil toneladas por ano.**

Palavras-chave* — *Tecnologias ambientais; reciclagem de pneus; pneus inservíveis; legislação pneumática.

I. INTRODUÇÃO

Após a revolução industrial no final no século XIX houve uma enorme expansão demográfica acompanhada pelo surgimento dos primeiros veículos automotores comercializados (carros e ônibus). A partir deste acontecimento a população mundial passou a crescer exponencialmente em um ritmo acelerado, contudo o atual ritmo demográfico está produzindo uma quantidade imensa de resíduos sólidos gerando passivos e ativos ambientais muitas vezes imensuráveis.

De acordo com o DENATRAN (Departamento Nacional de Trânsito), órgão que fiscaliza e executa a legislação brasileira de trânsito, o Brasil possui uma frota de 94 milhões de veículos, composta principalmente por automóveis, ônibus, motocicletas, caminhões e caminhonetes (dados levantados em dezembro de 2016) [9].

A indústria de pneumáticos possui 20 fábricas instaladas no Brasil, compostas por 11 fabricantes diferentes, que produziram em 2016 mais de 70 milhões de unidades de pneus [2]. Estatísticas reveladas pelo DENATRAN apontam um aumento quase exponencial na frota de veículos nos últimos 20 anos, reforçando a problemática do aumento de resíduos pneumáticos e a necessidade de um sistema de coleta e tratamento para pneus inservíveis [9].

Pneus possuem uma estrutura rígida de complexa decomposição (cerca de 600 anos), com um amplo volume, que atrapalha o processo de compactação e seu peso elevado que dificulta seu transporte e encarece o armazenamento. Ainda, se forem compactos e enterrados inteiros, podem causar diversos problemas como a movimentação do solo do aterro, trazendo processos erosivos e a volta do material às superfícies [15]. Estando relacionado a desastres ambientais como enchentes, alagamentos e contaminação de solos [7].

Outro problema causado pelo descarte inadequado de pneus é o risco à saúde antrópica e biótica, pois quando estão na superfície, tornam-se vetores de proliferação de insetos transmissores de doenças tropicais, devido ao acúmulo de água em seu interior, podendo gerar doenças como dengue, malária e leptospirose [15].

Analisando o cenário brasileiro nota-se a necessidade de novas tecnologias e processos que possam ser utilizados como alternativa para reciclagem ou destinação final das carcaças de pneus usados. Visando a atual problemática de resíduos pneumáticos no meio ambiente este trabalho busca: apontar as consequências do descarte impróprio deste resíduo; estudar diferentes tecnologias para a destinação final de pneus inservíveis, descrevendo vantagens e desvantagens; realizar uma análise comparativa entre as legislações e tecnologias modernas referentes a destinação de pneus do Brasil e nos países europeus.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A. Produção do Pneu

A produção de um pneu começa na mistura das matérias primas (borracha natural, borracha sintética, pigmentos, enxofre e outros) que darão origem ao composto de borracha. Essa mistura acontece em uma máquina conhecida como banbury, que processa os elementos transformando-os em uma manta de borracha, que poderá virar um composto calandrado ou um composto extrusado [8].

O processo de calandragem irá fabricar os compostos internos do pneu, possuindo uma manta de borracha e tecido ou fios de aço. Já os componentes extrusados são produzidos pela extrusão das mantas de borracha, sem nenhum outro material em sua mistura, formando a banda de rodagem (que tem

contato com o solo), o costado (lateral) e outros componentes para reforço [18].

A próxima etapa é a construção do pneu, no qual a máquina faz a junção dos componentes produzidos nas etapas anteriores, aplicando a lona, o talão, o apex, o costado, o amortecedor e a banda de rodagem. A partir desse momento, os pneus vão para a vulcanização, um molde metálico que irá fazer o desenho do pneu, e adicionar as características específicas de cada produto, após isso, o pneu passa por uma inspeção final e estão prontos para uso [13].

B. Aspectos Legais

Em 1999, o CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) estabeleceu a resolução 258, que obriga os fabricantes de pneumáticos, a responsabilizarem-se pelo destino final de seus produtos, criando um sistema de gerenciamento desses resíduos, atribuindo novas responsabilidades aos representantes da indústria de pneus, sejam fabricantes, importadores ou revendedores, que, em conjunto com órgãos ambientais de fiscalização e controle, passaram a ter um papel decisivo no gerenciamento desses resíduos [5].

Com o objetivo de complementar a Resolução Nº258, a Resolução Conama Nº301, feita em 2002, traz alguns adendos sobre a proibição de importação de pneus usados [6].

Em 2007, os fabricantes de pneus criaram a RECICLANIP, baseados em modelos de logística reversa de países europeus, com a finalidade de trazer uma responsabilidade pós-consumo dos produtos ao final de sua vida útil [16]. A obrigatoriedade de ter um sistema de logística reversa passa a ser obrigatória em 2010, com a criação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº12.305/10 [16] [4].

Por fim, em 2009, a Resolução CONAMA 416, revoga as Resoluções anteriores recomeçando todo o raciocínio, com diversas definições e conceitos. Traz também a quantidade atual estabelecida para destinação: para cada um pneu novo comercializado para o mercado de reposição, as empresas fabricantes ou importadoras deverão dar destinação adequada a um pneu inservível. Sendo este número, declarado ao IBAMA [7].

Conforme dito anteriormente, apesar do sistema de logística reversa do Brasil ser baseado em países europeus, a grande diferença entre eles, está no fato de serem remuneradas por agentes da cadeia produtiva, tendo foco não no lucro, mas recebem recursos para cobrir seus gastos operacionais. Enquanto para a Reciclanip, os fabricantes de pneus arcam com todos os custos de transporte, trituração e destinação o que influenciará diretamente a tecnologia final utilizada dentre os países [16].

C. Impactos Ambientais

À destinação incorreta dos pneus inservíveis pode trazer ao meio ambiente impactos ambientais no solo, atmosfera, recursos hídricos e também a saúde da população.

O descarte de pneus sobre o solo em terrenos baldios, pode levar uma futura queima, gerando diversos compostos líquidos, que podem escorrer até corpos de água superficiais ou aquíferos subterrâneos contaminando a água e tornando-a imprópria para o consumo. Esta combustão gera também a poluição atmosférica devido a emissão de gás carbônico, enxofre e outros poluentes altamente tóxicos. Além disso, poderia causar grandes incêndios devido ao alto poder calorífico do pneu [15].

O acondicionamento em locais a céu aberto, geram também problemas relacionados à saúde, pois causa o acúmulo de água e a proliferação de mosquitos, que consequentemente transmitem doenças, causando a propagação de doenças como a dengue e a febra amarela [15].

A disposição em aterros sanitários também é crítica devido ao grande volume e composição rígida do pneu que dificulta o transporte até o local e após ser enterrado compactado no solo, pode sofrer variações, tentando retornar ao formato original, movimentando o solo, causando processos erosivos. Também reduzirá a vida útil do aterro, devido a sua baixa compressibilidade e podem causar combustões espontâneas pois absorvem gases liberados pela decomposição do resto dos resíduos [14].

III. TECNOLOGIAS

A. Coprocessamento na Indústria Cimenteira

Pneus usados são empregados para a produção de energia desde 1975, tendo origem na Alemanha. No Brasil esta tecnologia é muito utilizada em indústrias cimenteiras, sendo que apenas em 2009 foram processados 52,3 milhões de pneus inservíveis em território nacional [11]. Contudo, as cimenteiras que almejam este processo devem possuir a autorização de órgãos de proteção ambiental de acordo com a legislação vigente.

A referência [1] explica que cimenteiras estocam pneus inservíveis de duas formas: (A) pneus inteiros são estocados em galpões impermeabilizados e de acordo com os padrões de segurança vigente; (B) pneus triturados são estocados em silos de armazenagem. Sendo que pneus triturados em baixa granulometria apresentam uma maior facilidade de combustão, provendo a alimentação regular dos fornos de clínquer, transporte simples por esteiras e um maior nível de substituição de combustíveis fósseis. Cada quilograma (kg) de pneu produz entre 8,3 a 8,5 quilowatts (kW) de energia por hora, ou seja, isto representa um acréscimo de 30% de energia para cada quilo de carvão ou madeira queimados [11].

O melhor método de coprocessamento de pneus ocorre em cimenteiras; isto ocorre porque os fornos de cimento atingem temperaturas de 1700°C, o que transforma quimicamente as substâncias perigosas contidas nos pneus em resíduos de menor periculosidade [11]. Por fim, os resíduos que sobram após a combustão da borracha são misturados ao cimento, ficando encapsulados em concentrações aceitáveis. No Brasil, a principal empresa que investe nesta tecnologia é a Votorantim Cimentos que possui diversas unidades espalhadas pelo país; seguida por empresas estrangeiras instaladas em território nacional, como a Lafarge e Holdebank, que investem milhões

de dólares na adaptação de seus fornos de clínquer para o coprocesamento de pneumáticos triturados [11].

Dentre as vantagens da utilização de pneus inservíveis na produção de energia em cimenteiras estão: a total eliminação do pneu usado (não são produzidos resíduos); o grande volume de pneus processados; a substituição parcial da utilização de combustíveis fósseis, como carvão e madeira; conservação de recursos naturais (combustíveis fósseis); não requer nenhum treinamento prévio, ou pré-processos; não há necessidade de controle extra para emissões gasosas, estando de acordo com a legislação vigente [1].

Como desvantagem, os pneus podem possuir em sua composição uma série de substâncias tóxicas, como óxidos de enxofre, ácido sulfídrico, óxido de nitrogênio e ácidos de halogênio, entre outros. Estas substâncias podem causar uma série de problemas relacionados com a saúde da população, como problemas respiratórios, doenças cardiovasculares e também pode ocasionar a chuva ácida, que podem danificar os corpos hídricos, causando a mortalidade de animais aquáticos e também trazer danos em monumentos [15].

B. Granulação

Para a reciclagem dos pneus usados o resíduo deve receber um pré tratamento, ou seja, ele deve ser triturado em partículas de diferentes granulometrias para que a borracha se torne uma matéria prima com diferentes aplicações, por exemplo: em asfaltos, na engenharia civil, em parques, escolas, etc. A Figura 1 a seguir sintetiza as etapas deste processo:

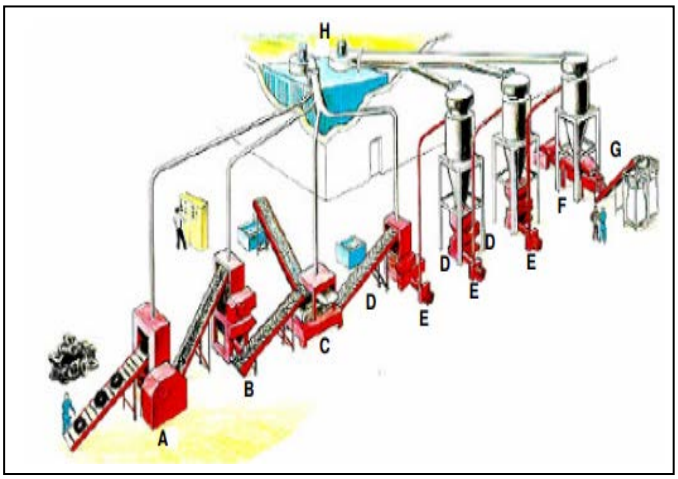

Fig. 1. Processo de trituração de pneus à temperatura ambiente [17].

Legendas:

A – Triturador Primário;
B – Granulador;
C – Removedor de Fibras e Aço;
D – Trituradores Finos;
E – Sistema de Transporte Pneumático;
F – Esteira Vibratória;
G – Separação Magnética Secundária;
H – Remoção de Fibras e Poeiras;

O processo de trituração à temperatura ambiente é relativamente simples; (A) primeiramente o resíduo é triturado em partículas de até 50 mm através de lâminas giratórias; (B) em seguida os pedaços picados entram em um granulador; (C) nesta etapa o material é triturado em partículas menores que 10 mm, enquanto que a maior parte das fibras e aço são descoladas do resíduo. Após a saída do granulador as partículas de aço são removidas magneticamente e outros matérias como fibras têxteis são eliminadas através de uma esteira vibratória e peneiras de vento. Os procedimentos em sequência (D; E; F; G e H) apenas refinam e diminuem ainda mais o tamanho do resíduo particulado [17].

A trituração apenas é viável quando realizada em grandes quantidades, uma vez que os equipamentos são caros e requerem mão de obra para a operação e manutenção preventiva. O custo de aquisição desta tecnologia gira em torno de R$ 15 milhões de reais, sendo que no Brasil apenas o sistema de esteiras e o triturador primário custariam mais de R$ 1 milhão [12].

C. Laminação

A laminação é um processo que envolve operações de corte em pneus inservíveis, removendo lâminas de borracha para serem recicladas e transformadas em novos produtos. As industrias responsáveis por essa tecnologia utilizam pneus convencionais ou diagonais que não apresentem malhas de aço em sua composição, já que as máquinas não conseguem realizar o corte deste material. Recentemente indústrias começaram a laminar pneus radiais, contudo, os talões (ombreiras) dos pneus radiais e diagonais são descartados devido a dificuldade do corte destas estruturas. Ao final do processo de laminação as sobras de pneus são encaminhadas para outros processos de reciclagem, em especial a trituração para produção de grânulos de borracha [10].

O processo de laminação de pneus usados é uma tecnologia de baixo custo, apresentando um baixo valor de implementação e operação. Os pneus laminados apresentam diversos usos, tornando-se matéria prima para muitas indústrias, tais como: indústria de calçados, solados, revestimento de quadras de esportes, revestimento para escadarias e pisos, tiras para sofás, poltronas e móveis, fábricas de rodo, produção de chinelos, construção civil, etc. Esta tecnologia fornece materiais para diversas indústrias, possuindo um excelente desempenho na destinação final de resíduos pneumáticas; sendo bastante utilizada no mercado brasileiro e estrangeiro [10] [11].

D. Relatório Anual de Pneumáticos – 2016

O relatório anual de pneumáticos é um documento oficial obrigatório estabelecido pela Resolução Conama n° 416/09, sendo realizado pelo órgão federal IBAMA em parceria com o ministério do meio ambiente (MMA) [3]. O relatório de pneumáticos de 2016 informou as principais tecnologias utilizadas no Brasil para a destinação final de pneus inservíveis, conforme a Figura 2 a seguir:

	2013	2014	2015
Coprocessamento	267.448,35	300.510,70	307.015,71
Granulação	165.499,14	189.699,79	122.239,97
Laminação	43.839,44	54.168,63	82.807,09
Industrialização de xisto	14.700,00	0	0
Regeneração	17,47	316,28	262,10
Pirólise	72,94	0	6.599,49

Fig. 2. Tecnologias utilizadas no Brazil para a destinação final de pneus inserviveis (toneladas / ano) [3].

IV. CONCLUSÃO

As principais tecnologias utilizadas para a destinação dos pneus inservíveis no Brasil são:

- Coprocessamento na indústria cimenteiras - 307 mil toneladas por ano;
- Granulação - 122 mil toneladas por ano;
- Laminação - 82 mil toneladas por ano.

REFERÊNCIAS

[1] ANDRADE, H. S. **Pneus inservíveis: alternativas possíveis de reutilização**. 2007, 101 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ciências Econômicas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2007.

[2] ANIP – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PNEUMÁTICOS. **Dados de produção e venda**, 2016. Disponível em <http://www.anip.com.br/arquivos/producao_vendas.pdf>. Acesso em 05 abr. 2017.

[3] BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Relatório pneumáticos: Resolução Conama nº 416/09: 2016** (ano base 2015) / Diretoria de Qualidade Ambiental. – Brasília: Ibama, 2016. Disponível em: <http://ibama.gov.br/phocadownload/pneus/relatoriopneumaticos/ibama-relatorio-pneumaticos-2016.pdf>. Acesso em: 29 set. 2017.

[4] BRASIL. Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm> Acesso em: 16 abr. 2017.

[5] BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA nº 258, de 26 de agosto de 1999.– In: Resoluções, 1999. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res99/res25899.html> Acesso em: 17 abr. 2017.

[6] BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA nº 301, de 21 de março de 2002.– In: Resoluções, 2003. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30102.xml> Acesso em: 10 abr. 2017.

[7] BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA nº 416, de 30 de setembro de 2009.– In: Resoluções, 2009. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=616 > Acesso em: 17 abr. 2017.

[8] CASSIANO, D. A.. Estudo estatístico de parâmetros do processamento de borracha SBR para banda de rodagem de pneumáticos *I* Douglas Alves Cassiano. --Campinas, SP: [s.n.], 2003.

[9] DENATRAN. **Frota de Veículos.** 2016. Disponível em:<http://www.denatran.gov.br/frota.htm>. Acesso em: 29 maio 2017.

[10] INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DE SÃO PAULO. **Identificação da Destinação Final de Pneus Inservíveis** – Relatório Técnico IPT/DEES no 71196. São Paulo: IPT, 2004, p. 81.

[11] KAMIMURA, E. **Potencial de utilização dos resíduos de borracha de pneus pela indústria da construção civil**. Dissertação (Mestrado). Programa de PósGraduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2002. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/83493/193675.pdf?sequence=1>. Acesso em: 15 jul. 2017.

[12] LAGARINHOS, C. A. F. **Reciclagem de pneus: análise do impacto da legislação ambiental através da logística reversa.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2011. Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/disponíveis/3/3133>. Acesso em: 30 mar. 2017.

[13] MICHELIN, 2017. Disponível em: <http://www.michelin.com.br/home.html>. Acessado em: 03 abr. 2017.

[14] MOTTA, Flávia Gutierrez. A cadeia de destinação dos pneus inservíveis – o papel da regulação e do desenvolvimento tecnológico. **Ambiente & Sociedade,** Campinas, v. 11, n. 1, p.167-217, jun. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/asoc/v11n1/11.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2017.

[15] NOHARA, Jouliana Jordan et al. GS-40 - RESÍDUOS SÓLIDOS: PASSIVO AMBIENTAL E RECICLAGEM DE PNEUS. **Thesis,** São Paulo, v. 3, n. 1, p.21-58, dez. 2005. Disponível em: <http://www.resol.com.br/textos/renato.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2017.

[16] RECICLANIP, 2017. Disponível em: <http://www.reciclanip.org.br/>. Acessado em: 10 mai. 2017.

[17] REISCHNER, K. **Scrap Tire Recycling.** 2009. Disponível em: < http://www.entire-engineering.de/Scrap_Tire_Recycling.pdf >. Acesso em: 24 ago. 2017.

[18] VASCONCELLOS, Gustavo Piccolotto. **Evolução histórica das tecnologias de produção dos pneus e tendências futuras.** 2016. 45 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Faculdades de Campinas, Campinas, 2016.