

## Aspectos ambientais sobre pneus inservíveis

### *Environmental aspects of used tires*

Maria Paula Hêngling Christófani, Cesar Fabiano Fioriti, Nayra Yumi Tsutsumoto, Juliana Furtado Arrobas Martins

Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente  
Departamento de Planejamento, Urbanismo e Ambiente – Graduação em Arquitetura e Urbanismo  
mariapaula.hec@gmail.com, fioriti@fct.unesp.br, nayrayumi@hotmail.com, juarrobas@hotmail.com

**Resumo.** O aumento vertiginoso na geração de resíduos sólidos é uma grande preocupação na sociedade moderna. Entre estes resíduos estão os pneus inservíveis que devido à significativa quantidade existente no mundo transformou-se em um sério problema ambiental. Assim, com a necessidade de reduzir o passivo ambiental representado pelo estoque de pneus descartados que hoje existe, tornou-se inadiável um debate que crie soluções para minimizar ou reaproveitar estes materiais. Diante do exposto, este trabalho aborda alternativas para amenizar as questões ambientais relacionadas com o descarte de pneus inservíveis no meio ambiente. Desta forma, são apresentados os principais impactos ambientais decorrentes do descarte inapropriado do pneu, bem como algumas das diferentes formas de reutilizar e reciclar este resíduo, principalmente no que se diz respeito ao processo de recauchutagem. E tendo em vista que o acúmulo de pneus inservíveis aumenta a cada ano, a busca por uma solução adequada para estes se torna necessária.

**Palavras-chave:** pneus inservíveis, problemas ambientais, reutilização, reciclagem.

**Abstract.** *The dizzying increase in the generation of solid residues is a major concern in modern society. Among these residues are the scrap tires ones that due to the significant quantity in the world has become a serious environmental problem. So, with the need to reduce the environmental liabilities represented by the stock of discarded tires that exists today, it has become an urgent debate to create solutions to minimize or reuse these materials. Considering the above, this paper discusses alternatives to mitigate environmental issues related to the disposal of tires residues in the environment. Thus, we present the main environmental impacts from improper tire disposal, as well as some of the different ways to reuse and recycle this residue, especially when it concerns the retreading process. And considering that the accumulation of tires residues increases every year, the search for a suitable solution for these becomes necessary.*

**Key words:** *scrap tires, environmental, reuse, recycle.*

**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

Portal da revista: <http://www1.sp.senac.br/hotsites/blogs/revistainiciacao/>  
E-mail: [revistaic@sp.senac.br](mailto:revistaic@sp.senac.br)

Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Sem Derivações 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) 

## 1. Introdução

A base da indústria da borracha é a seiva branca da árvore sul-americana "Hevea brasiliensis", popularmente conhecida como Seringueira. De acordo com a definição apresentada por Costa (2001), a borracha natural é um elastômero de cadeia longa e flexível, com frágeis forças moleculares e ocasionais ligações cruzadas de enxofre.

A história da borracha sintética, segundo Lund (1993), possuiu o seguinte desenvolvimento:

- em 1826, Faraday estabeleceu a fórmula empírica da borracha sintética – C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>;
- em 1841, o norte americano, Charles Goodyear ao deixar cair uma pequena quantidade de enxofre na seiva aquecida, acidentalmente, descobriu o processo de vulcanização da borracha;
- na Irlanda, em 1887, Dunlop criou o primeiro pneu de bicicleta;
- em 1895, os irmãos Michelin, pioneiros de uma mega indústria, atualmente a nível mundial, instalaram pneus em carros;
- na década de 1930, após a Primeira Guerra Mundial os trabalhos de investigação continuaram sendo desenvolvidos, surgindo então os polissulfetos, o neoprene, as borrachas de nitrila, capazes de sofrer vulcanização e chegando a dar como produto final, um material parecido com a borracha natural;
- na última década do século passado foram produzidos: poliisopreno – elastômero sintético semelhante à borracha; o polibutadieno; a síntese do isopreno, por meio de catalisadores estereoespecíficos e, as borrachas de etileno/propileno, que seguem os moldes das borrachas naturais.

De maneira paralela, a recente discussão do problema ambiental causado pelos resíduos é uma demonstração da necessidade da metodologia de pesquisa e desenvolvimento que inclua os aspectos ambientais. Pois a questão ambiental vem sendo amplamente discutida a nível nacional e internacional, nos últimos anos, tendo mobilizado a opinião pública e assumindo um papel preponderante nas comunidades.

Certamente, a discussão da sustentabilidade é resultado de uma longa evolução da percepção de que a ação da raça humana tem causado transformações não previstas na natureza. Alguns temas como o aquecimento global, buraco na camada de ozônio, sobre os quais a ciência vem reunindo considerável quantidade de evidências, são exemplos claros destas consequências. Sendo o homem parte da natureza, estas transformações necessariamente afetam a sua qualidade de vida e, talvez, a sobrevivência da sua espécie.

Assim, este trabalho teve como objetivo apresentar os principais impactos ambientais decorrentes do descarte inapropriado do pneu, bem como algumas das diferentes formas de reutilizar e reciclar este resíduo, principalmente no que se diz respeito ao processo de recauchutagem.

## 2. Definições de pneus

O Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, no artigo 2º da Resolução nº 416 (BRASIL, 2009), define como:

I – pneu ou pneumático: 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 fluido(s) 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.

II – pneu novo: pneu, de qualquer origem, que não sofreu qualquer uso, nem foi submetido a qualquer tipo de reforma e não apresenta sinais de envelhecimento nem deteriorações, classificado na posição 40.11 da Nomenclatura Comum do Mercosul – NCM.

III – pneu usado: pneu que foi submetido a qualquer tipo de uso e/ou desgaste, classificado na posição 40.12 da NCM, englobando os pneus reformados e os inservíveis.

IV – pneu reformado: pneu usado que foi submetido a processo de reutilização da carcaça com o fim específico de aumentar sua vida útil, como:

a) recapagem: processo pelo qual um pneu usado é reformado pela substituição de sua banda de rodagem;

b) recauchutagem: processo pelo qual um pneu usado é reformado pela substituição de sua banda de rodagem e dos ombros;

c) remoldagem: processo pelo qual um pneu usado é reformado pela substituição de sua banda de rodagem, ombros e toda a superfície de seus flancos.

V – pneu inservível: pneu usado que apresente danos irreparáveis em sua estrutura não se prestando mais à rodagem ou à reforma.

VI – 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.

VII – ponto de coleta: local definido pelos fabricantes e importadores de pneus para receber e armazenar provisoriamente os pneus inservíveis.

VIII – central de armazenamento: unidade de recepção e armazenamento temporário de pneus inservíveis, inteiros ou picados, disponibilizada pelo fabricante ou importador, visando uma melhor logística da destinação.

### **3. Impactos ambientais decorrentes da disposição inadequada dos pneus**

O descarte inadequado de pneus inservíveis constitui, atualmente, um dos mais graves problemas ambientais e de saúde pública no contexto urbano.

No Brasil, estima-se que 100 milhões de pneus velhos estão espalhados em aterros, terrenos baldios (Figura 1), rios e lagos, e a cada ano, dezenas de milhões de pneus novos são fabricados no país (ANIP, 2017).

**Figura 1. Pneus abandonados.**



**Fontes: [www.g1.globo.com](http://www.g1.globo.com); [www.radarnacional.com.br](http://www.radarnacional.com.br).**

Para deter o avanço desse resíduo é preciso reciclar os pneus de maneira ambientalmente segura. No entanto, a reciclagem dos pneus inservíveis ainda é um desafio, pois a composição da borracha vulcanizada, apresentada anteriormente, confere a este material alta resistência química e física, fazendo da reciclagem um processo complexo e ainda não economicamente atraente para a indústria.

Devido ao significativo volume descartado associado a sua grande durabilidade, possui um alto risco de geração de impactos ambientais negativos que necessitam ser mitigados. Este fato motivou a realização de pesquisas em vários países.

Os problemas ambientais decorrentes do descarte de pneus inservíveis estão relacionados a:

- descarte de pneus em corpos d'água;
- os pneus por apresentarem baixa compressibilidade, associado a sua degradação muito lenta, ao serem aterrados inteiros, podem provocar o escorregamento das células de lixo, bem como reduzir a vida útil dos aterros sanitários (D'ALMEIDA e SENA, 2000; SNYDER, 1986);
- devido a sua forma, se for aterrado inteiro, poderá reter ar e outros gases no seu interior, tornando-se volumoso, e podendo vir a flutuar para superfície, quebrando a cobertura do aterro. Quando isso ocorre, ocasiona a exposição do aterro a micro e macro vetores, a fauna, além de possibilitar que os gases escapem para a atmosfera, bem como haja o vazamento de líquidos (LUND, 1993);
- os pneus ficam sujeitos à queima acidental ou provocada, ocasionando prejuízos na qualidade do ar, face à liberação de fumaça contendo alto teor de substâncias tóxicas;

- do ponto de vista da saúde pública, o descarte de pneus em terrenos baldios são igualmente danosos, pois devido o seu formato, tende a reter a água de chuva criando um ambiente propício a proliferação de vetores, como por exemplo, o mosquito "Aedes aegypti" que é transmissor da dengue.

Várias decisões poderão ser tomadas para mitigar os impactos ambientais gerados pelo manuseio inadequado de pneus inservíveis. Porém, estas decisões precisam se dar em um elevado nível gerencial, operacional ou ainda tecnológico.

#### 4. Aspectos ambientais

##### Recauchutagem de pneus

A recauchutagem ou reconstrução de pneus consiste fundamentalmente em aproveitar a estrutura resistente do pneu gasto (liso), desde que esta esteja em boas condições de conservação, e incorporar-lhe uma nova borracha de piso (banda de rodagem), por forma a que este ganhe outra vida (Figura 2).

**Figura 2. Estrutura do pneu.**



**Fontes: Brazil Tires, 2009.**

Em média, a operação de recauchutagem pode ser efetuada uma vez para pneus de veículos de passeio, duas a três vezes em pneus de veículos pesados ou industriais, e cerca de dez vezes em pneus de aviões. Estima-se que 70% dos veículos de carga e passageiros no Brasil utilizam pneus com essa técnica, o que faz nosso país ocupar o 2º lugar no ranking mundial. Com esta operação, o pneu mantém basicamente as mesmas características técnicas e de comportamento do pneu original, a custos muito inferiores. Relativamente ao pneu novo, poupamos aproximadamente 75%, quer a nível de matéria prima como a nível energético, o que se traduz simultaneamente numa poupança econômica e ambiental. A recauchutagem aumenta a vida útil do pneu em 40% e economiza 80% de energia e matéria-prima em relação à produção de pneus novos (CEMPRE, 2013).

A reutilização de pneus contribui hoje, em larga escala, para uma requalificação dos resíduos industriais, impedindo que sejam colocados nos aterros, incinerados ou espalhados pela paisagem.

Por outro lado, a recauchutagem de pneus é uma fonte que contribui em grande número para o acúmulo de resíduos de borracha que são obtidos durante este processo, sendo que esses resíduos se encontram na forma de fibras e pó de borracha. O impacto visual causado pelos resíduos da recauchutagem é negativo, e os depósitos de resíduos de pneus a céu aberto oferecem condições apropriadas para o desenvolvimento de vários tipos de vetores, além de existir também o risco de incêndios.

Com vistas à problemática ambiental causada, aliado a imensa quantidade de empresas de recauchutagem existentes no Brasil, optou-se pelo uso desses resíduos de borracha no desenvolvimento deste trabalho, onde os mesmos antes de serem utilizados passaram por um procedimento de separação antes de sua utilização. Contudo, ressalta-se ser possível utilizar resíduos de pneus inteiros e não somente os da recauchutagem, já que dispomos de empresas, embora em número reduzido, que detêm a tecnologia de reciclar os materiais constituintes do pneu.

O processo de recauchutagem é mecânico, realizado através de raspagem da banda de rodagem do pneu, geralmente a raspagem é feita com dois cilindros ranhurados. No processo, a banda de rodagem do pneu é desgastada para que a carcaça (estrutura do pneu que será reaproveitada) 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. Esse processo de reconstrução de pneus pode ser dividido em seis etapas, e será apresentado de forma resumida na sequência. As seguintes etapas são executadas em máquinas e equipamentos de alta tecnologia:

- a) inspeção da carcaça;
- b) raspagem da carcaça;
- c) reparação da carcaça;
- d) aplicação do anel na carcaça;
- e) vulcanização;
- f) inspeção final.

O uso de pneus recauchutados, apesar de causar divergências, ainda representa uma alternativa econômica para o consumidor. Já os resíduos da recauchutagem representam um problema global com potencial crescimento e efeito cumulativo, devido ao aumento da manufatura.

À semelhança dos pneus novos, os pneus recauchutados são homologados através de elevados padrões de exigência. O sistema de homologação das unidades de recauchutagem visa dar maior credibilidade ao setor de recauchutagem estabelecendo regras comuns e promovendo a melhoria e qualidade do processo.

Segundo Sienkiewicz et al. (2012) a recauchutagem apenas requer cerca de 30% da energia e 25% das matérias-primas necessárias para produzir novos pneus, sendo por isso economicamente e ambientalmente interessante. Adicionalmente, é considerado o único subproduto da borracha virgem que pode ainda ser utilizada para produção de compósitos poliméricos ou aplicações na indústria de construção.

## **Valorização energética**

A valorização energética é uma forma simples de valorização de pneus inservíveis ou outros produtos derivados de borracha. A aplicação de pneus inservíveis como combustível insere-se na denominação genérica de CDR – Combustíveis Derivados de Resíduos, sendo que internacionalmente é utilizada a denominação Tyre Derived Fuel – TDF.

Os pneus inservíveis possuem um poder calorífico entre 26-30 MJ/kg, o que torna este material competitivo em face de outros tipos de combustíveis derivados de resíduos primários. Neste contexto, a indústria cimenteira é um dos maiores consumidores deste tipo de material, sendo que as temperaturas elevadas atingidas nos fornos (>1200°C) asseguram a combustão dos componentes dos pneus inservíveis, restando elementos minerais incombustíveis na matriz do clínquer.

Já no que diz respeito a emissões decorrentes da co-incineração de PFV existem algumas referências na literatura, tal como indica Rahman et al. (2012), que apresentam resultados contraditórios sobretudo no que diz respeito às emissões de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, metais, dioxinas e furanos.

Já com relação às emissões de CO, a maioria dos casos aponta para um aumento, em média, de 35% destas emissões face à combustão de carvão (Rahman et al., 2012). De igual modo, as emissões de HCl e zinco também são normalmente mais elevadas.

Além das cimenteiras, os pneus inservíveis são também utilizados como combustível na produção de vapor, energia elétrica, papel, cal e aço, uma vez que, segundo Sienkiewicz et al. (2012), a co-combustão de carvão com granulado de borracha melhora a eficiência térmica de caldeiras e fornos e os gases e partículas emitidos não excedem os limites permitidos.

## **Reciclagem mecânica**

A reciclagem mecânica de pneus inservíveis envolve a obtenção de um granulado de borracha através da moagem mecânica e granulação através de trituradores, moinhos, granuladoras de facas e laminadoras com rolamentos cortantes. Estas máquinas são configuradas numa linha de processamento que permite a repetição da moagem dos resíduos até alcançar a granulometria necessária.

Com esta tecnologia, o granulado pode chegar aos 0,3 mm de tamanho, sendo caracterizado por uma superfície bastante irregular. Tipicamente, estas linhas de processamento possuem tecnologias acopladas que permitem a separação das fibras têxteis e aço fragmentado.

## **Reciclagem criogênica**

A reciclagem criogênica envolve a utilização de azoto líquido para arrefecer os pneus inservíveis previamente fragmentados, a uma temperatura abaixo da transição vítrea da borracha natural presente nos pneus. Entre os -60°C e -100°C, a borracha torna-se bastante frágil e é assim facilmente processada em moinhos de martelos, transformando-se num granulado fino que pode ir até aos 75 µm (Liang e Hao, 2000; Sharma et al., 2000; Sienkiewicz et al., 2012). Neste caso, a superfície do granulado é bastante lisa, com extremidades cortantes.

## **Outras tecnologias**

Existem outras tecnologias que podem ser utilizadas, mas que não se encontram muito difundidas, como por exemplo, a pirólise, a moagem úmida ou o corte por jato de água. Tal deve-se, sobretudo pelas razões: 1) o seu custo ainda é muito elevado, quando comparado com outras opções disponíveis; 2) os benefícios gerados não são suficientes para suprir os impactos decorrentes da utilização dessa tecnologia.



A pirólise, por exemplo, baseia-se na decomposição dos elastômeros contidos na borracha, através do aquecimento dos pneus inservíveis a 400-700°C na ausência de oxigênio, em câmaras com atmosfera controlada em gás neutro (Rodriguez et al., 2001; Berrueco et al., 2005). Gera uma série de compostos químicos comercializáveis, que podem ser utilizados nas indústrias do ferro, aço, energia ou petroquímicas. Atualmente, esta tecnologia tem associado custos elevados e o preço dos produtos resultantes não é competitivo face às opções existentes no mercado (Rodriguez et al., 2001; Berrueco et al., 2005).

A moagem úmida é uma variante relativamente tradicional à moagem mecânica, no sentido em que é moída uma solução de granulado em suspensão aquosa. Para tal são utilizados equipamentos de moagem que esmagam o granulado, sendo que a água permite o arrefecimento automático das mós e do material processado. Com este processo pode-se obter dimensões de granulado entre os 10-20 µm, com elevada superfície específica.

O corte por jato de água foi desenvolvido para a reciclagem de pneus inservíveis oriundos de veículos pesados. É utilizado um jato de água a alta velocidade, com uma pressão acima de 2000 bares, que desfia a borracha dos pneus. A principal vantagem é ser um método preciso, sendo capaz de separar a borracha formada pela membrana que rodeia a malha de aço do pneu do material de borracha a partir do qual foram feitas as bandas de rodagem e as paredes do mesmo (Sienkiewicz et al. 2012).

### **Aplicações**

No que diz respeito à reciclagem de pneus inservíveis, os mesmos podem ser reutilizados/reciclados inteiros em aplicações específicas, ou o granulado derivado pode ser integrado em outros produtos. Existem aplicações que utilizam o pneu inteiro, na sua forma original, sem aplicar nenhum tipo de processamento, por exemplo, como barreiras protetoras em estradas e autoestradas ou para proteção de deslizamentos de terras. No caso da borracha de pneus, as suas propriedades isolantes, massa específica baixa e resistência a vários fatores ambientais, tornam este material adequado para substrato de estradas, isolamento térmico de edifícios e enchimento de estruturas como túneis, passagens subterrâneas ou muros de retenção (Hazarika et al., 2010).

O granulado ou pó de borracha pode ser utilizado como filler de pisos desportivos sintéticos (Gomes et al., 2010), em substituição de outras borrachas, mas igualmente na composição e misturas de asfalto. Neste caso, a incorporação de granulado melhora a qualidade da superfície do asfalto, torna-o termicamente mais estável e resistente à deterioração, bem como melhora a sua elasticidade e reduz o ruído associado ao tráfego automóvel (Xiao e Amirkhanian, 2010; Sienkiewicz et al. 2012).

Este material pode também ser incorporado em compósitos de cimento, alterando as propriedades do mesmo no que diz respeito à resistência à tração, isolamento térmico e acústico, e resistência a cargas dinâmicas.

## **5. Redução de pneus inservíveis**

No caso dos pneus, quando se tornam inservíveis, o seu destino final tem contribuído para agravar ainda mais os problemas ambientais. Por esse motivo, programas de reutilização de pneus estão sendo desenvolvidos, com o propósito de recuperar esses materiais, ampliando o seu ciclo de vida e minimizando os impactos ambientais.

Uma das prováveis soluções seria utilizar o processo de reciclagem de pneus inservíveis, cujo intuito consiste na separação dos materiais componentes do pneu, ou



seja, borracha, aço e nylon. Porém, ao que tudo indica, o custo de instalação das empresas de reciclagem de pneus desestimula a implantação desta opção.

A seguir serão expostas algumas aplicações gerais da borracha de pneus inservíveis, seja a partir do pneu em sua conformação completa ou fracionada, tais exemplos são: mantas, pavimento asfáltico, tapetes, buchas para eixos de caminhões e ônibus, saltos e solas de sapatos, tiras para indústrias de estofados, recifes artificiais, cobrir áreas de lazer e áreas de esporte, entre outros (ECHIMENCO, 2001).

Pierce e Blackwell (2003) afirmaram que os resíduos de pneus podem ser utilizados com sucesso também em misturas de solo-cimento destinadas a estabilização de aterros, preenchimento de valas, cabeceiras de pontes, etc.

De acordo com Santos (2002), outra opção para reduzir a quantidade de pneus inservíveis seria a crescente utilização do processo de recauchutagem de pneus. Este processo contribui para o prolongamento da vida útil desse produto, apesar de ser um processo finito em razão dos pneus terem uma limitação quanto à aplicação deste processo sem afetar o seu desempenho.

A economia que esse processo traz se torna significativa para os pneus de transporte, destinados a caminhões, ônibus, tratores e aviões, que são os que apresentam custos mais elevados, acrescido de que nesse segmento, os custos são mais bem monitorados.

De acordo com Lund (1993) os pneus recauchutados podem ser reutilizados com segurança, cujo processo também é conhecido como recapeamento, consistindo na remoção da banda de rodagem desgastada, por meio de raspagem, e na colocação de uma nova banda, que é vulcanizada, a fim de garantir a mesma durabilidade e características de um pneu novo.

A redução na fonte, a reutilização e a reciclagem também são estratégias da técnica de minimização de resíduos que visam não só ampliar o ciclo de vida dos produtos, bem como, ao serem descartados, transformá-los em novos produtos, reinserindo-os no mercado.

O número de pneus gerados no mundo também poderá ser reduzido com a adoção das seguintes ações (EAUK, 2001):

- reduzindo o número de veículos nas vias;
- reduzindo a distância de viagem;
- melhorando a manutenção de veículos, visando prevenir trocas desnecessárias de pneus;
- melhorando o processo de manutenção dos pneus;
- aumentando o número de pneus recauchutados;
- assegurando para todos os pneus novos, a possibilidade de serem recauchutados.

Ainda assim, o volume de pneus descartados também poderá ser reduzido, conforme Tchobanoglous et al. (1993), se os consumidores adquirirem pneus de melhor qualidade, ou pneus remoldados, uma vez que, o pneu submetido a esse processo recebe uma nova camada de borracha não só na banda de rodagem (como acontece na recauchutagem), mas também nas suas partes laterais.

Algumas indústrias cimenteiras já utilizam os pneus inservíveis como combustível em seus fornos clinkers de elevada temperatura, isto principalmente pelo alto poder calorífico que a borracha dos pneus concentra. Porém, deve ser lembrado que essas indústrias devem dispor de equipamentos de controle de poluição apropriados para controlar as emissões de gases ofensivos geradas no processo de utilização desses resíduos.

Na Europa, principalmente Espanha, Portugal e França, os pneus vem sendo estudados com relação a sua disposição sem que afete o meio ambiente. Por este motivo muitos congressos e seminários sobre inovação e aproveitamento de pneus inservíveis vêm sendo realizados todos os anos, e o surgimento de entidades ligadas ao meio ambiente, como por exemplo, o Club Español de los Residuos, visa incentivar a criação e desenvolvimento de métodos capazes de retirar esse material do meio em que vivemos. O continente europeu começou a se conscientizar de que é necessário dar uma solução adequada para os pneus inservíveis, visto que o acúmulo desse tipo de material aumenta a cada ano.

As estimativas revelam ainda que o número de veículos no mundo seja de aproximadamente 800 milhões, sendo 24 milhões no Brasil, e considera-se que cada veículo gere 1-2 pneus inservíveis por ano (PLANETA SUSTENTÁVEL, 2015). Na sequência é apresentada a Tabela 1, onde pode ser observada a produção anual de pneus nos últimos 6 anos.

**Tabela 1. Produção de pneus por categoria.**

Produção de pneus (milhares de unidades)						
Categoria	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Carga	7.448,80	7.138,00	8.231,33	7.894,36	6.829,05	7.431,21
Camioneta	8.470,60	8.267,80	9.904,48	8.860,74	8.843,08	10.014,59
Passeio	32.568,20	30.406,40	32.554,32	33.266,71	37.399,85	36.584,87
Moto	16.078,50	14.519,20	15.041,60	15.642,56	14.614,75	12.888,09
Agrícola	793,80	807,20	928,49	873,85	719,49	796,58
Outros	109,70	107,80	103,30	118,42	103,20	105,72
Industrial	1.396,90	1.360,30	2.072,81	2.069,84	120,80	49,29
Avião	60,10	54,00	52,27	50,52	0,79	0,00
Total	67.305,10	66.926,60	62.661,00	68.888,90	68.631,00	76.870,35

**Fonte: ANIP, 2017 – modificado.**

Todavia, não podemos nos esquecer dos governantes municipais, estaduais e federais, que deveriam se sensibilizar com a problemática gerada pelos pneus inservíveis, face às dimensões dos impactos gerados por esses resíduos.

## 6. Conclusão

O descarte inadequado de pneus inservíveis é uma realidade bastante preocupante, uma vez que está relacionado a problemas ambientais e de saúde pública, além disso, a reciclagem deste material ainda é um processo complexo e economicamente inviável para a indústria. Desta forma, o reaproveitamento do material através do processo de recauchutagem, juntamente a alternativas que incorporam o resíduo deste processo, se tornam interessantes para contribuir com a amenização dos impactos gerados pelos pneus ao diminuir seu destino a aterros, incineradoras e a natureza.

Desconsiderando o descarte, os possíveis destinos de pneus estão em: recauchutagem, aplicação como combustível, reciclagem mecânica, reciclagem criogênica, entre outros, como a pirólise, a moagem única e o corte por jato de água, sendo estes últimos ainda muito questionáveis com relação à viabilidade operacional e econômica. De fato constata-se que as várias operações de valorização induzem benefícios ambientais, embora a sua magnitude e características dependam de cada tecnologia e dos produtos que são evitados.

A reciclagem dos pneus pode ser realizada conforme a aplicação desejada seja com eles inteiros ou em forma granular. Desta forma, o material pode ser usado desde

barreira protetora em estradas ou proteção de deslizamentos de terra até como substrato de estradas ou produção de pisos desportivos sintéticos, além de poderem também ser incorporados aos compósitos de cimento alterando suas propriedades físicas.

Nota-se que a partir da vigência da resolução CONAMA 416 (BRASIL, 2009) que trata deste assunto, as ações empresariais se intensificaram a respeito de estudos e pesquisas que possibilitassem a implantação de novas alternativas tecnológicas para reutilização dos pneus descartados.

No que tange a questão da destinação final dos inservíveis, o Brasil não possui dados estatísticos que possam embasar um levantamento da quantidade de pneus inservíveis no país, qual a destinação final deste resíduo, nem tampouco saber se há estoques temporários de pneus. Conclui-se que falta definição de uma política com diretriz, controle e fiscalização. E tendo em vista que o acúmulo de pneus inservíveis aumenta a cada ano, a busca por uma solução adequada para estes se torna necessária.

## Referências

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PNEUMÁTICOS – ANIP. **Produção e vendas 2016: dados de produção**. Disponível em:

[http://www.anip.com.br/arquivos/producao\\_vendas.pdf](http://www.anip.com.br/arquivos/producao_vendas.pdf). Acesso em: mar/2017.

BERRUECO, C.; ESPERANZA, E.; MASTRAL, F. J.; CEAMANOS, J.; GARCIA-BACAICOA, P. **Pyrolysis of waste tyres in an atmospheric static-bed batch reactor: Analysis of the gases obtained**. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 74: 245–253, 2005.

BRASIL. **Resolução nº 416, de 30 de setembro de 2009**. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. 2009. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. Acesso em: mai/2015.

BRAZIL TIRES. **Tudo sobre pneus**. São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.braziltires.com.br/tudosobrepneus/pneus.html#veloc>>. Acesso em: mar/2016.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM – CEMPRE. **Ficha técnica 8**. In: PNEUS. 2013. Disponível em: <http://www.cempre.org.br>. Acesso em: set/2014.

COSTA, J. T. **Reaproveitamento de sucata de pneus. Inviabilidade técnica ou econômica?** Associação Brasileira de Limpeza Pública – ABLP. Limpeza Urbana, nº 56, dezembro, p.24-30, 2001.

D'ALMEIDA, M. L. e SENA, L. B. R. **Reciclagem de outras matérias**. Manual de Gerenciamento Integrado. Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. Compromisso Empresarial para Reciclagem – CEMPRE, 2000.

ECHIMENCO, L. **O uso da borracha esquecida: Pneu velho precisa deixar de ser um pesadelo ambiental**. Notícias FIESP/CIESP. São Paulo, nº 58, p. 3-7, 2001.

ENVIRONMENT AGENCY BRITISH – EAUUK. In: **Ea tyres report**. 2001. Disponível em: <http://www.environment-agency.gov.uk>. Acesso em: jan/2013.

GOMES, J.; MOTA, H.; BORDADO, J.; CADETE, M.; SARMENTO, G.; RIBEIRO, A.; VELOSO, I. **Toxicological assessment of coated versus uncoated**

**rubber granulates obtained from used tires for use in sport facilities.** Journal of the Air & Waste Management Association, 60 (6), 741-746, 2010.

HAZARIKA, H.; YASUHARA, K.; KIKUCHI, Y.; KARMOKAR, A. K.; MITARAI, Y. **Multifaceted potentials of tire-derived three dimensional geosynthetics in geotechnical applications and their evaluation.** Geotextiles and Geomembranes 28: 303-315, 2010.

LIANG, B.; HAO, Y. C. **A novel cryogenic grinding system for recycling scrap tire peels.** Advanced Powder Technology 11 (2), 187-19, 2000.

LUND, H. F. **The McGraw – Hill recycling handbook.** New York: McGraw – Hill, New York, United States, cap.18, 1993.

PIERCE, C. E.; BLACKWELL M. C. **Potential of scrap tire rubber as lightweight aggregate in flowable fill.** Waste Management, v.23, p.197-208, 2003.

PLANETA SUSTENTÁVEL. **Desenvolvimento – caos – número de carros: aqui, nos EUA e no mundo.** Disponível em: <http://planetasustentavel.abril.com.br/pops/caos-super-pop2.shtml>. Acesso em: abr/2015.

RAHMAN, A.; RASUL, M.; KHAN, M. M. K.; SHARMA, S. C. **Industrial waste as alternative fuel in cement industry: its impact on environment.** In: N Altawell, K Volkov, C Matos, & PF de Arroyabe (eds.) Recent researches in environmental and geological sciences: proceedings of the 7th WSEAS International Conference on Energy & Environment (EE '12), WSEAS Press, 2012. Disponível em: <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2012/Kos/WEGECM/WEGECM-14.pdf>. Acesso em: fev/2015.

RODRIGUEZ, I.; LARESGOITI, M. F.; CABRERO, M. F.; TORRES, A.; CHOMÓN, M. J; CABALLERO, B. **Pyrolysis of scrap tyres.** Fuel Processing Technology, v.72 (1): 9-22, 2001.

SANTOS, A. L. T. **Plano de gerenciamento do pneu – Resíduo: Metodologia.** 122p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2002.

SHARMA, V. K; FORTUNA, F.; MINCARINI, M.; BERILLO, M.; GORNACCHIA, G. **Disposal of waste tyres for energy recovery and safe environment.** Applied Energy, v. 65(1-4): 381-394, 2000.

SIENKIEWICZ, M.; KUCINSKA-LIPKA, J.; JANIK, H.; BALAS, A. **Progress in used tyres management in the European Union: A review.** Waste Management, 32 (10), 1742-1751, 2012.

SNYDER, R. H. **The shape and size of the scrap tire problem and some potential solutions.** In: CONFERENCE ON TIRE TECHNOLOGY, CLEMSON PROCEEDINGS, 1986, Clemsom: University Greenville, Carolina of the South, United States. 1986.

TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H.; ELLIASSEN, R. **Integrated solid waste management.** New York: McGraw – Hill. New York, United States, cap.15, p. 758-760, 1993.

XIAO, F.; AMIRKHANIAN, S. N. **Laboratory investigation of utilizing high percentage of RAP in rubberized asphalt mixture.** Materials and Structures 43:223-233, 2010.