



GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS PNEUMÁTICOS NA OPERAÇÃO DE UMA RODOVIA

Vinicius Milhan Hipolito^(*), Bruna Schimitt Schuster, Hugo Gabriel Viotto, Jesner Sereni Idefonso, Juliana Elisabete Correia.

* Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Urbana, e-mail: viniciusmhipolito@hotmail.com

RESUMO

O correto gerenciamento de resíduos pneumáticos é um desafio para todos os envolvidos na cadeia, desde a fabricação até a destinação final, considerando a quantidade de recursos naturais que são aplicados, o volume de produção para suprir a demanda crescente e o impacto negativo que estes resíduos podem causar no meio ambiente e na saúde. Portanto, foram analisadas as etapas do gerenciamento de resíduos pneumáticos coletados na operação de uma concessionária de rodovias, em relação à conformidade legal e à consonância com as melhores práticas ambientais. Conquanto em linhas gerais as práticas estejam em conformidade com a legislação, foram sugeridas melhorias para aproveitamento destes resíduos. Estes também foram quantificados e comparados com outras rodovias operadas por concessionárias, mediante uma taxa relacionada ao volume diário médio de veículos e a sua extensão. Por fim, foi avaliada a acurácia do fator de desgaste de 30% previsto na Resolução CONAMA n.º 416/2009, relativo à perda de massa de um pneu já sem vida útil em relação a um novo, em que foram observados valores distintos da norma, em geral não superiores a 20%.

PALAVRAS-CHAVE: Logística Reversa, Pneus, Fator de Desgaste, Concessionária de Rodovias, CONAMA n.º 416/2009.

ABSTRACT

The correct management of pneumatic waste is a challenge for all those involved in the chain from manufacturing to final disposal, considering the amount of natural resources that are applied, the volume of production to meet the increasing demand and the negative impact that this waste can in the environment and health. Therefore, the stages of the management of pneumatic waste collected in the operation of a highway concessionaire were analyzed in relation to legal compliance and in line with best environmental practices. Although in general the practices are in compliance with the legislation, improvements were suggested for better use of this waste. These were also quantified and compared with other highways operated by concessionaires, at a rate related to the average daily volume of vehicles and their extension. Finally, the accuracy of the 30% wear factor provided for in CONAMA Resolution No. 416/2009, regarding the loss of mass of a tire with no useful life in relation to a new one, in which generally not exceeding 20%.

KEY WORDS: Reverse Logistics, Tires, Wear Factor, Highways Concessionaire, CONAMA N.º. 416/2009.

INTRODUÇÃO

O Brasil possui aproximadamente 208,9 milhões de habitantes e 97,9 milhões de veículos (IBGE, 2018; DENATRAN, 2018). Segundo projeções da Empresa de Pesquisa Energética – EPE, estima-se que esta taxa chegará a 1 veículo a cada 1,7 habitantes até 2050 considerando somente os veículos de passeio e os comerciais leves (EPE, 2014).

Não obstante, a geração de resíduos sólidos está diretamente associada ao crescimento populacional, que vem resultando no aumento de veículos existentes nos ambientes urbanos. Estes veículos quando em circulação em rodovias, são geradores de resíduos pneumáticos, provenientes do descarte irregular de pneus ao longo da faixa de domínio ou de partes que são desprendidas dos pneus durante a rodagem.

O manejo inadequado deste resíduo pode propiciar uma série de problemas ambientais, sociais e econômicos, destacando-se: pode servir como abrigo para animais peçonhentos e diversos vetores de doenças; em contato com o solo é responsável por liberar até 10 litros de óleo durante o seu processo de degradação; se queimados, emitem grande quantidade de poluentes com alta toxicidade e em aterros sanitários, sua disposição final ocupa grandes espaços, dificultando o recobrimento e a compactação.

Portanto, é essencial que a preocupação com o correto gerenciamento destes resíduos ocupe papel relevante na discussão dos impactos ambientais, considerando a quantidade de recursos naturais que são aplicados na fabricação de pneus.



OBJETIVOS

Diante desta contextualização, o presente estudo visa avaliar a conformidade ambiental e a consonância com as melhores práticas ambientais nas etapas do gerenciamento de resíduos pneumáticos provenientes da operação de 550,0 quilômetros de uma rodovia concessionada inserida no “Anel de Integração Rodoviário do Paraná”, que compreende os trechos entre Cambé a Nova Londrina, Maringá a Cascavel e Mandaguari a Arapongas, passando por Apucarana.

Ainda, se objetiva quantificar os resíduos pneumáticos que são coletados nas rodovias operadas e compará-los com outras rodovias concedidas, relacionando-as em razão do volume diário médio de veículos que utilizam das rodovias e sua extensão. Por fim, também almeja-se comparar o peso de uma série de pneumáticos após o fim de sua vida útil, com seus respectivos pesos quando novos. De acordo com os fabricantes, com a finalidade de analisar a acurácia do fator de desgaste de 30% aplicado sobre os pneus novos para que seja calculado o peso de pneus a serem retornados, no âmbito da Resolução CONAMA n.º 416/2009, em seu artigo terceiro, parágrafo segundo.

METODOLOGIA

O presente trabalho é esquematizado em três partes. Inicialmente, objetiva-se analisar a conformidade no gerenciamento de resíduos sólidos na operação de uma rodovia.

A rodovia em questão tem sua sede localizada em Maringá, no Paraná, e é responsável pela administração, que inclui sua operação, manutenção e obras de melhoria e ampliação, dos segmentos da BR-369, entre Cascavel e Campo Mourão, BR-158, entre Peabiru e Campo Mourão, PR-317, entre Peabiru e Maringá, BR-376, entre Nova Londrina e Apucarana, PR-444 entre Mandaguari e Cambé, e BR-369 entre Apucarana e Arapongas, que totalizam 550,507 quilômetros de extensão. São seis praças de pedágio, localizadas em Arapongas, Marialva, Castelo Branco, Campo Mourão e Corbélia, além de mais uma base operacional em Ubitatã. Os trechos em estudo estão incluídos nas rodovias do Anel de Integração do Paraná. O mapa dos segmentos é apresentado na Figura 1.

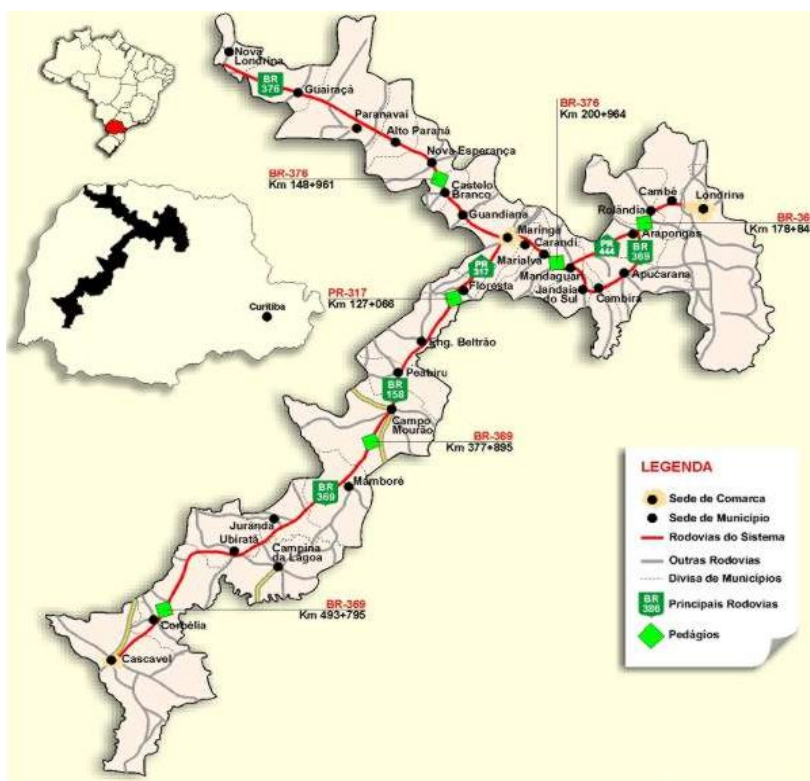


Figura 1: Mapa dos trechos administrados pela concessionária. Fonte: Autor de Trabalho (2019)

Foram analisadas as etapas do gerenciamento de resíduos pneumáticos na concessionária, se encontram-se em conformidade com a legislação e também verificou se as mesmas estão de acordo com as recomendações das melhores práticas ambientais, desde a origem da geração dos resíduos, que é a demanda por uso de pneus, até a destinação final, conforme apresentado na Figura 2.

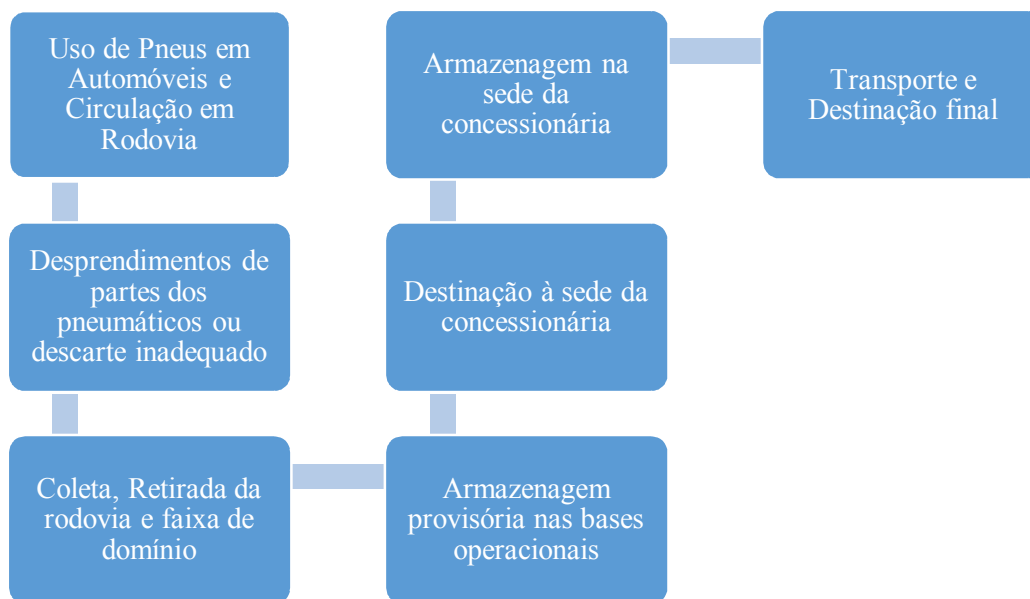
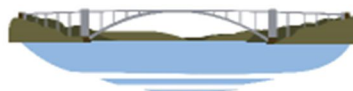


Figura 2: Etapas do gerenciamento de resíduos pneumáticos na operação da rodovia. Fonte: Autor de Trabalho (2019)

Na segunda etapa, com o objetivo de quantificar os resíduos gerados na operação de uma rodovia e possibilitar a comparação entre quaisquer outras, foram colhidas informações do trecho em estudo e comparadas com outras concessionárias, por meio da formulação de uma taxa de geração de resíduos pneumáticos diária, em função da extensão das rodovias e da quantidade de veículos que utilizam dela.

Por fim, com o objetivo de verificar a acurácia do fator de desgaste da resolução CONAMA n.º 416/2009, foram selecionados e por meio de uma balança medidas as massas de 24 pneus de marcas e tipos aleatórios, já sem vida útil remanescente, obtidos em uma loja revendedora de pneus na cidade de Maringá. Segundo o gerente responsável, estes pneus seriam destinados para a reforma ou reciclagem.

Por outro lado, foi verificado no endereço eletrônico de fabricantes e revendedores qual o peso destes modelos de pneus enquanto novos, possibilitando a comparação do peso do pneu novo com o peso de um pneu já com sua vida útil esgotada. A diferença percentual entre eles, decorrente do seu uso natural – atrito gerado em contato com o pavimento –, foi comparada com o previsto na norma para fins de determinação da quantidade de pneus (em toneladas) que devem ser retornadas no âmbito da logística reversa, já que este índice reflete na quantidade de pneus contabilizados no mercado de reposição.

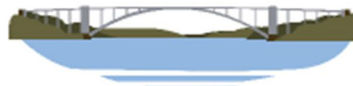
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na operação da concessionária de rodovias em estudo, tais resíduos são coletados primordialmente pelos veículos operacionais da concessionária – inspeções de tráfego, caminhões boiadeiros, caminhões pipa ou guinchos – que realizam inspeções na rodovia em intervalos não superior a duas horas em condições normais de operação, também são recolhidos pelas equipes de conservação rodoviária, que executam as atividades de roçada e manutenção dos elementos viários, pela polícia rodoviária ou eventualmente pelos próprios usuários.

Foi notado que a coleta destes resíduos é realizada várias vezes ao dia, reduzindo a probabilidade e o alcance de eventuais impactos ambientais que podem ocorrer.

Estes resíduos são então levados até um dos pontos de armazenagem provisória da concessionária, nas praças de pedágio de Arapongas, Marialva, Castelo Branco, Floresta, Campo Mourão e Corbélia, onde ficam em um ambiente cercado e identificado na parte posterior do prédio.

Estes locais em que os resíduos ficam dispostos temporariamente, são locais abertos, que contam apenas com uma proteção ao seu redor. Foi sugerida a implantação de *containers* em substituição aos atuais locais de armazenamento, de



modo que não se acumule água ou sirva de abrigo para animais peçonhentos, já que estes resíduos podem ficar armazenados por até dois meses para serem transportados até a sede da concessionária.

Os resíduos são classificados nestes depósitos provisórios como “Ressolagens” e “Outros Materiais”. Os resíduos pneumáticos, denominados como “Ressolagens” nas praças de pedágio são classificados pela NBR 10.004:2004 como Classe II A – não perigosos e não inertes, por apresentarem elevados teores de metais (zinco e manganês) no extrato solubilizado, de acordo com Lagarinhos (2011). Sugere-se que a separação nas praças de pedágio seja realizada em três *containers*, separados em: Resíduos Perigosos, Resíduos Pneumáticos e Outros Resíduos.

Posteriormente, quando acumulada uma quantidade equivalente ao espaço disponível nas praças, os resíduos são coletados e destinados até a sede da concessionária, em Maringá, onde ficam dispostos até a coleta de uma empresa terceirizada com autorização ambiental para transporte até um aterro industrial, localizado em Apucarana, onde é dado o tratamento e disposição final.

Neste aterro, os resíduos pneumáticos são descartados juntamente com os demais coletados na rodovia e são classificados e dispostos como resíduos perigosos (Classe I, NBR 10.004:2004), pois de acordo com o gerente local deve ser realizada uma caracterização de acordo com a referida norma para que seja possível a disposição como Classe II A – não perigosos e não inertes, pois estes resíduos ocasionalmente podem estar misturados com outros, portanto, no caso prático, como se desconhece a real classificação dos resíduos pneumáticos, caracteriza-se pela maior classe possível, segundo o gerente do aterro industrial.

De tal forma, sugere-se a concessionária que mediante a separação de acordo com os três tipos de resíduos supracitados, os pneumáticos sejam destinados a algum ponto de coleta que não seja o descarte final, possibilitando o aproveitamento energético, a laminação ou granulação, e, somente em casos de não haver demanda ou uma contaminação destes resíduos, que os mesmos sejam destinados ao aterro industrial, prioritariamente classificado como Classe II A, se assim os ensaios demonstrarem, evitando o desperdício de recursos naturais e aplicando a logística reversa ao caso prático, inclusive para os pedaços desprendidos de pneus.

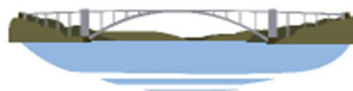
A partir da Resolução nº 416 de 2009 do CONAMA, que dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada, que as empresas fabricantes e importadores passaram a serem obrigadas a destinar adequadamente um pneu inservível para cada um pneu comercializado.

Na prática, para efeito de controle e fiscalização, tantos os pneus repostos no mercado quanto os retornados aos fabricantes, são convertidos em peso, aplicando-se um fator de desgaste de 30% sobre o peso do pneu novo, ou seja, para cada 100 quilogramas comercializados, 70 quilogramas devem ser retornados no âmbito da logística reversa. Isto é, a própria legislação já considera perdas, que ocorrem devido à deterioração da camada externa em atrito com o pavimento ou do desprendimento de partes – banda de rodagem, ombros ou flancos – dos pneus.

Afim de verificar a aplicabilidade do fator de desgaste de 30%, foi realizada uma pesquisa em uma revenda de pneus onde foram pesados 24 pneus sem vida útil remanescente e comparou-se com os respectivos pesos dos mesmos pneus novos, obtidos nos endereços eletrônicos dos fabricantes e revendedores, conforme apresentado na Tabela 01.

Tabela 01. Comparação do peso dos pneus sem vida útil remanescente com o peso dos novos
Fonte: Autor de Trabalho (2019)

Pneu	Peso do Pneu Novo (Kg)	Peso do Pneu no Final da Vida Útil (Kg)	Diferença (%)
Bridgestone Turanza ER300 165/65 R15 88H	8,05	6,90	14%
Bridgestone Turanza ER300 185/65 R15 88H	8,06	6,80	16%
Bridgestone Turanza ER300 185/65 R15 88H	8,06	6,80	16%
Continental 165/70 R13 79T ContiEcoContact 3	5,75	4,60	20%
Continental 165/70 R13 79T ContiEcoContact 3	5,75	4,60	20%
Continental 165/70 R13 79T ContiEcoContact 3	5,75	4,60	20%
Continental 165/70 R13 79T ContiEcoContact 3	5,75	5,00	13%
Dunlop Grandtreck AT3 LT 235/75 R15 104/1015	16,98	13,60	20%



Dunlop Grandtreck AT3 LT 235/75 R15 104/1015	16,98	13,60	20%
Dunlop SP Sport LM 703 195/60 R15 88H	9,16	7,50	18%
Dunlop SP Sport LM 704 185/65 R15 88H	8,41	7,50	11%
Dunlop SP Touring 185/65 R14 86T	7,84	6,30	20%
Dunlop SP Touring 185/65 R14 86T	7,84	6,00	23%
Dunlop SP Touring T1 165/70 R13 79t	6,47	5,40	17%
Dunlop SP Touring T1 165/70 R13 79t	6,47	5,10	21%
Dunlop SP Touring T1 165/70 R13 79t	6,47	5,10	21%
Dunlop SP Touring T1 175/70 R13 82T	6,92	5,80	16%
Goodyear Efficient Grip SUV 205/60 R16 92H	9,53	8,00	16%
Goodyear Efficientgrip Performance 205/55 R16 91V	9,00	7,30	19%
Goodyear Efficientgrip Performance 205/55 R16 91V	9,00	7,30	19%
Goodyear GT2 175/70 R14 88T	7,14	6,10	15%
Goodyear GT2 175/70 R14 88T	7,14	6,10	15%
Pirelli 175/65R14 Cinturato P1 82T	6,27	5,40	14%
Pirelli P6 185/60 R14 82H	7,16	6,10	15%

Notou-se que o percentual do pneu no final de sua vida útil em relação ao peso de um pneu novo é em média 17%, com um desvio padrão de 3%, isto é, bem abaixo do índice estabelecido na Resolução CONAMA nº 416/2009 de 30%. Assim, sugere-se que seja alterado o percentual de desgaste normativo para 20%, ou seja, que os fabricantes e importadores retornem 80% em peso dos pneus inseridos no mercado de reposição.

Ainda em relação ao mercado de reposição, definido pela resolução em questão e apresentado na Equação 01, que é dado pela soma dos pneus produzidos e importados, subtraídos os pneus exportados e os que equipam os veículos novos, sugere-se também que esta última parcela da equação seja retirada da mesma, pois não há motivos para que os pneus introduzidos ao consumidor final por meio da venda de veículos novos não seja considerada como de obrigação dos fabricantes e importadores para destinação final adequada, já que os mesmos chegarão ao fim de sua vida útil e podem causar os mesmos impactos ambientais dos demais.

$$MR = [(P + I) - (E - EO)] \times (100\% - 30\%) \quad \text{Equação (01)}$$

Sendo: MR – Mercado de reposição. P – Total de pneus produzidos. I – Total de pneus importados. E – Total de pneus exportados. EO – Total de pneus que equipam veículos novos

Para fins de comparação com a legislação brasileira, em Portugal, de acordo com o Decreto-Lei n.º 152-D/2017, embora seja transferida para uma entidade gestora – Valorpneu – é obrigação dos produtores e importadores a recolha, o transporte e o destino final adequado dos pneus. Devem ser recolhidos os pneus usados em uma proporção mínima de 96% de todas aquelas unidades inseridas mercado, sem descontar os pneus agregados aos veículos novos. Ainda, acrescenta-se que no mínimo 65% dos pneus recolhidos devem ser reutilizados ou reciclados.

Na Espanha, igualmente a Portugal, existe uma entidade que realiza o gerenciamento dos resíduos pneumáticos, a qual realiza a obrigação do retorno e destinação adequada de no mínimo 100% dos pneus colocados no mercado de reposição, conforme Real Decreto 1619/2005, o que contempla também os pneus que equipam os veículos novos.

Assim, comparando a legislação brasileira com a destes dois apresentados, evidencia-se que as regras nacionais são brandas, no que tange a exclusão dos pneus inseridos no mercado junto com os carros novos, estimado em mais de 10 milhões de pneus, que representam 165 mil toneladas, de acordo com o Relatório Pneumáticos 2017 do IBAMA.

Ainda comparando com as legislações europeias selecionadas, a nacional também fica aquém na meta de destinação ambiental no quesito do percentual normativo de desgaste. Enquanto que em Portugal os pneus são contabilizados em unidades, portanto não há o que se falar em desgaste, na Espanha não há legislação que considere a aplicação de tal fator, sendo, portanto, mais rigorosa do que a brasileira.



Assim, se considerarmos os pneus enviados às montadoras e um percentual de desgaste de 20% conforme sugerido neste trabalho, o hipotético mercado de reposição (Equação 02) passaria de 510,4 mil toneladas para 715,4 mil toneladas, um acréscimo de 40% na meta dos fabricantes e importadores, que teriam atingindo apenas 69% de suas obrigações no ano de 2016.

$$MR = [(P + I) - (E)] \times (100\% - 20\%) \quad \text{Equação (02)}$$

Sendo: MR – Mercado de reposição. P – Total de pneus produzidos. I – Total de pneus importados. E – Total de pneus exportados.

Caso não seja excluído o total de pneus que equipam veículos novos da equação (EO), sugere-se ao menos que sejam somados os pneus referentes aos veículos que sejam baixados, ou seja, que não estejam mais em uso, assim como acontece nos dois países em comparação.

Já em relação ao montante de resíduos pneumáticos gerados em rodovias, são apresentadas na Tabela 02 informações relativas a duas rodovias concedidas. A concessionária “A” é a do estudo de caso em questão, enquanto que a concessionária “B” está localizada em São Paulo, na BR-153, no segmento entre Ourinhos e Icém, e a concessionária “C” está localizada no Paraná, entre Foz do Iguaçu e Guarapuava.

Tabela 02. Geração diária de resíduos pneumáticos a cada 10.000 veículos, por quilômetro (2017).

Fonte: Autor de Trabalho

Concessionária	Estado	Peso Resíduos Pneumáticos (Kg)	Volume Diário Médio de Veículos ¹	Comprimento de rodovias (Km)	Taxa diária de resíduos pneumáticos (Kg/10.000 veículos/Km)
A	Paraná	147.620	11.918	550,51	0,6164
B	São Paulo	40.000	11.498	321,00	0,2969
C	Paraná	76.780	8.336	381,10	0,6621

¹ Todos os dados de geração de resíduos e tráfego são relativos a 2017, com exceção do volume diário médio de veículos da Concessionária "B" que corresponde ao ano de 2016.

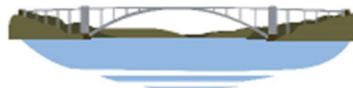
O volume diário médio de veículos corresponde ao tráfego médio total da rodovia ao longo do ano. Os resultados obtidos na Tabela 02 demonstram que aproximadamente são gerados de 0,30 a 0,66 Kg de resíduos pneumáticos por quilômetro de rodovia, a cada 10.000 veículos nas rodovias analisadas. Outros fatores como a classe da rodovia e quantidade de faixas não foram avaliados, por considerar que seus impactos já estão contemplados no volume diário de tráfego.

CONCLUSÃO

Em relação a análise da conformidade no gerenciamento de resíduos pneumáticos da concessionária de rodovias em estudo, observou-se que os requisitos legais são atendidos de modo geral e, que para se atingir a excelência no gerenciamento ambiental foram sugeridas melhorias no armazenamento, no transporte e uma nova destinação final, que possibilite um melhor aproveitamento dos resíduos. Os impactos ambientais, sanitários e de segurança do tráfego rodoviário podem ser grandes se não mantida a conformidade observada na operação.

Quanto a verificação do fator de desgaste constante na Resolução CONAMA n.º 416/2009, observou-se nos resultados que o valor previsto de 30% de redução de peso de um pneu sem vida útil remanescente em relação a um pneu novo não foi atingido, mas sim um peso em torno de 20% menor. Deste modo, é sugerida a alteração na meta legal da logística reversa, incluindo também ao menos uma parcela do peso dos pneus que equipam os carros novos vendidos ou mesmo os carros que são baixados, de forma similar aos países europeus comparados. Ainda, que as empresas de reforma de pneumáticos e ou os fabricantes e importadores de pneus, sejam responsabilizados e destinem igualmente as parcelas de resíduos pneumáticos que são desprezadas durante a rodagem.

Por fim, obteve-se uma taxa de geração diária de resíduos pneumáticos que varia de 0,30 a 0,66 kg/10.000 veículos/km nas rodovias observadas, que pode ser utilizada como previsão de geração em novos empreendimentos, para fins de planejamento, fiscalização e avaliação do impacto ambiental. A inserção de novas rodovias na análise realizada contribuirá ainda mais com a obtenção de um intervalo médio mais preciso da quantidade de resíduos que são gerados.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. **NBR 10.004: Resíduos Sólidos – Classificação**. São Paulo, SP: ABNT. 2004.
2. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 416, 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.
3. Empresa Brasileira de Pesquisa Energética -EPE. 2014. Consulta à Homepage. Disponível em: < <http://epe.gov.br/pt> >. Acesso em: 05 mai. 2018.
4. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística -IBGE. Consulta à Homepage. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>>. Acesso em 05 mai. 2018.
5. Departamento Nacional de Trânsito -DENATRAN. Consulta à Homepage. Disponível em: < <https://www.denatran.gov.br/estatistica/635-frota-2018> >. Acesso em 05 mai. 2018.
6. Lagarinhos, C. A. F. **Reciclagem de Pneus: Análise do Impacto da Legislação Ambiental Através da Logística Reversa**. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP. 2011.