

DESTINAÇÃO DE PNEUS USADOS SERVÍVEIS E INSERVÍVEIS: DOIS ESTUDOS DE CASO

Allocation of Post-Consumer Useless and Usable Tires: Two Case Study

Jéssica Mariella Bauer¹, Mariane Cásseres¹, Gislaine Saueressig¹, Juliane Luchese¹,
Miguel Afonso Sellitto²

¹Mestranda/o em Engenharia de Produção e Sistemas pelo PPGEPS UNISINOS

²Professor e pesquisador do PPGEPS UNISINOS

Resumo

Este artigo objetiva descrever como os pneus podem retornar ao ciclo de negócios após serem usados. O método de pesquisa adotado foi o estudo de caso duplo. No primeiro caso verificou-se uma empresa de coleta e triagem de resíduos de pneus e borracha (TR1) e uma planta cimenteira que coprocessa pneus em fornos de clínquer (CM1) enquanto o segundo caso envolveu uma empresa de coleta e triagem de resíduos de pneus e borracha (TR2). Conclui-se com este estudo, que os pneus usados podem voltar ao ciclo de negócios sob distintas formas havendo mais de um canal de retorno. Os pneus podem retornar como servíveis quando ainda possuem condições de rodagem, desde que alguns pequenos reparos sejam feitos, tais como a recapagem, recauchutagem e remoldagem, concluindo-se que em sua maioria estes são destinados para a remoldagem. E os inservíveis podem retornar como matéria-prima da indústria cimenteira, destinados para o coprocessamento em fornos de clínquer. Neste caso, são triturados e misturados com outros resíduos, tais como casca de arroz e borras ou combustíveis fósseis, como por exemplo o carvão mineral e o coque de petróleo. Podem também ser destinados à reciclagem, para a indústria de artefatos, construção civil, indústria de construção rodoviária e de materiais de fricção.

Palavras-chave: Pneus Inservíveis. Logística reversa. Borracha. Coprocessamento.

Abstract

This article aims to describe how tires can return to the business cycle after their use. The research method adopted was the double case study. In the first case it was verified a company of collection and sorting of waste tire and rubber (TR1) and a cement plant that co-processes tires in cement kilns (CM1) while the second case involved a waste tire collection and sorting company and rubber (TR2). It is concluded from this study that used tires can return to the business cycle in different ways and that there isn't a single return channel. Tires may return as usable when they have yet driving conditions, demanding some small repairs to be made, such as retreading, retreading and remoulding, and it was concluded that mostly these are intended for remoulding. And they can return as scrap destined for co-processing in cement kilns as a raw material for the cement industry, being crushed and mixed with other wastes, such as rice husk and lees or fossil fuels such as coal and petroleum coke or they can be recycled and be used for industry artifacts, construction, road construction industry and for friction materials.

Keywords: Scrap Tires; Reverse Logistics; Rubber; Co-processing.

1 Introdução

No Brasil, o transporte de cargas e passageiros por via rodoviária corresponde a 61,1% do total transportado (CNT, 2014). Devido a esta intensa movimentação de carga por via rodoviária, estabeleceu-se no Brasil uma intensa atividade na indústria de pneumáticos: apenas no ano de 2013, 68,8 milhões de unidades novas foram produzidas e cerca de 8 milhões foram recuperadas e retornaram ao mercado. A indústria brasileira de pneumáticos é composta hoje por onze fabricantes de pneus novos, com mais de 100 mil postos de trabalho, e por mais de 1.200 empresas recuperadoras, a imensa maioria de pequeno porte. O Brasil é o sétimo maior fabricante do mundo em volume de pneus para automóveis, o quinto para ônibus e caminhões e o segundo maior recuperador de pneus usados do mundo, perdendo apenas para os Estados Unidos (ANIP, 2014). No entanto, após o uso, pneus não recuperados têm se tornado potencialmente perigosos, dado o risco ambiental envolvido. Huang et al. (2010) calcularam na época de sua pesquisa um descarte mundial de 10 milhões de pneus por ano. Fang et al. (2001) calcularam que pneus podem permanecer até 600 anos na natureza, antes de se degradarem.

Quando um pneu não pode mais ser reutilizado, este passa a ser denominado de inservível (FREIRES e GUEDES, 2008). Se descartado inadequadamente, provoca danos ambientais, tais como: contaminação do solo, poluição do ar por emissão de gases tóxicos, e transmissão de doenças por vetores, tais como o *Aedes Aegypti*. (GOLDSTEIN et al., 2007; CARMO e SILVA, 2009; CHANG, 2008; FERRÃO et al. 2008; CHAN et al., 2011; SANTOS et al., 2013). Tal questão tem sido tratada por legislações brasileiras específicas, introduzidas nos últimos anos (JABBOUR et al., 2014). O entanto, em 2011, menos de 85% dos pneus inservíveis foram adequadamente destinados, o que coloca o Brasil em situação muito aquém do esperado (IBAMA, 2012).

Deste modo, tem crescido de importância nos meios empresariais e acadêmicos o interesse pelo problema da destinação correta de pneus inservíveis. Uma das abordagens que têm sido dadas a este problema é por meio de estudos em logística reversa, ou seja, estudos que visem a trazer produtos usados ou seus resíduos de volta para a cadeia produtiva, retornando ao ciclo de negócios. De modo geral, a logística reversa inclui duas abordagens: (i) redução na geração de resíduos na fonte, tanto por otimização de processos como por redesenho de produtos (ADLMAIER e SELLITTO, 2007); e (ii) otimização de canais de retorno, tais como reciclagem, reaproveitamento, remanufatura, e disposição final (STOCK, 1998; CSCMP, 2013). As motivações para a logística reversa incluem aspectos econômicos, pois pode ser vantajosa a adoção de novo uso para um produto usado ou para seu resíduo (DU e EVANS, 2008). Também incluem motivações ambientais, dado o risco que é neutralizado quando produtos ou resíduos não são dispostos na natureza, mas adequadamente reutilizados, reciclados ou destinados (DALE e TIBBEN-LEMBKE, 2001; ZERHOUNI et al., 2013). Por fim, a necessidade de adequação às legislações vigentes, que usualmente infligem pesadas penalidades, também tem motivado empresas a manterem atividades de logística reversas (TENG et al., 2005; POKHARELA e MUTHA, 2009).

Alguns estudos que podem ser destacados, tanto quanto ao manjo de pneus com quanto à gestão da ecoeficiência em operações industriais são: Goto (2007), Freires e Guedes (2008), Ramos e Ramos Filho (2008), Souza (2009), Gardin et al. (2010), Sasikumar et al. (2010), Sellitto et al. (2010), Lagarinhos (2011), Souza (2011), Kadel (2012), Sehn (2012), Lagarinhos e Tenório (2013), Souza e D'Agosto (2013), Santos et al. (2013), Sellitto et al. (2013) e Dhouib (2014). No entanto, mais estudos na mesma linha podem e devem ser conduzidos (STOCK e MULKI, 2009). Neste contexto, o objetivo deste artigo é descrever como pneus podem retornar ao ciclo de negócios depois de usados. A questão de pesquisa é: Como pneus usados podem retornar ao ciclo de negócios e reabastecer cadeias produtivas? O método de pesquisa é o estudo de caso duplo. Os objetivos específicos são: (i) identificação das

alternativas de retorno de pneus apenas usados, mas ainda servíveis; e (ii) verificação das alternativas de destinação de pneus inservíveis.

O restante do artigo foi estruturado em: revisão, metodologia, resultados, discussão e considerações finais.

2 Pneumáticos no Brasil

Pneus são compostos por cerca de 65% de borracha e o restante de metal, nylon e enchimentos, o que resulta em considerável potencial de dano ambiental, se incorretamente descartados (LEUNG e WANG, 1998; SELBITTO et al., 2013). No Brasil, o rigor da legislação tem crescido com o aumento da produção de pneus. Em 2002, era necessária destinação correta de um pneu inservível para cada quatro pneus vendidos no varejo. A relação foi crescendo, até que, a partir de 2009, a relação é de um pneu inservível corretamente destinado para cada pneu vendido. Na prática, esta medida obriga o varejo de pneus a recolher um pneu usado cada vez que vende um pneu novo.

O rigorismo crescente da legislação propiciou o fortalecimento da indústria de retorno de pneus inservíveis. Esta indústria é formada por dois tipos principais de atividades: (i) a coleta, armazenamento e distribuição de materiais, uma atividade baseada em operações logísticas; e (ii) desenvolvimento de usos alternativos para os materiais, uma atividade baseada em pesquisa científica e projetos de engenharia (DONG et al., 2014; STINDT e SAHAMIE, 2014).

A Figura 1 apresenta como, de modo geral, se organiza a cadeia de logística reversa de pneus inservíveis.

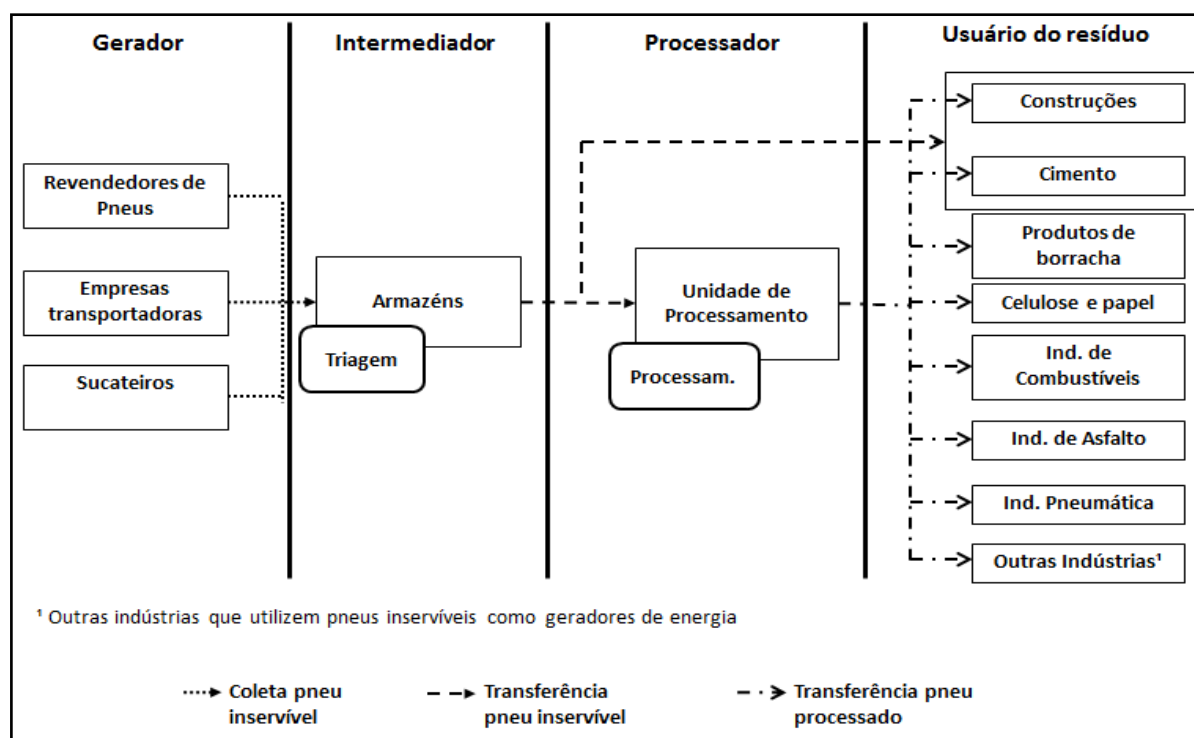


Figura 1 - Modelo da cadeia reversa de pneus inservíveis

Fonte: adaptado de Souza e D'agosto, 2013.

Ao fim da vida útil de um pneu, duas alternativas são possíveis: (i) reforma para novo período de rodagem; (ii) entrada em um dos possíveis canais de retorno. Um dos indicativos favoráveis a reformas diz respeito ao consumo de matéria-prima (SIDDIQUE e NAIK, 2004). Para a fabricação de um pneu novo são necessários em média 26 litros de petróleo: para reformá-lo, em média 9 litros

(FERRER, 1997). Quando não há mais possibilidade de reforma, o pneu é classificado como inservível. Neste caso, pode retornar por diversas possibilidades até agora já experimentadas:

- Reciclagem: borracha, aço e nylon são separados e triturados separadamente, gerando farelos de borracha e metálicos, usados como agentes de enchimento nas indústrias cimenteira, autopeças, calçadista, de construção rodoviária e outras (LI et al., 2010; IBAMA, 2012);
- Regeneração: Processo químico que permite nova vulcanização do material, gerando matéria-prima para outros produtos da indústria da borracha, tais como tapetes, pisos de quadras esportivas, canchas, acessórios para a indústria automobilística, móveis e revestimento de tanques de combustíveis (MOTTA, 2008; RAZZOLINI e BERTÉ, 2008).
- Laminação: Transformação de pneus convencionais em artefatos como cintas de sofá, solados e tapetes para carros (LIU et al., 2012);
- Coprocessamento: substitui em parte o uso de combustíveis fósseis na indústria cimenteira, principalmente na fase de fabricação de clínquer (SELLITTO et al., 2013). A borracha fornece em torno de 20% do calor necessário no forno, a um custo mais baixo do que o carvão, gás natural ou o petróleo, apresentando uma temperatura de combustão de cerca de 1400°C (FERRER, 1997; ABCP, 2010; KADEL JR, 2012). O coprocessamento também pode ocorrer junto com xisto betuminoso para a obtenção de petróleo bruto em uma unidade da Petrobrás, denominado processo Petrosix (MOTTA, 2008).
- Copirólise: para produção de biocombustíveis (UÇAR e KARAGÖZ, 2014) e recuperação de energia por outros processos termoquímicos (LI et al., 2010; ILKILIÇ e AYDIN, 2011).

No Brasil, em 2011, dos pneus inservíveis, 55,46% foram coprocessados em fábricas de cimento, 29,91% foram reciclados, 12,80% foram laminados, 1,80% foram destinados à indústria do xisto e 0,03% foram regenerados (IBAMA, 2012). Este resultado é coerente com achados de Souza e D'agosto (2013) que confirmam que, em doze países estudados, o principal destino de pneus inservíveis é a indústria cimenteira.

3 METODOLOGIA E RESULTADOS

O método de pesquisa foi o estudo de caso duplo. O primeiro caso envolveu uma empresa de coleta e triagem de resíduos de pneus e borracha (TR1) e uma planta cimenteira que coprocessa pneus em fornos de clínquer (CM1). O segundo caso envolveu uma empresa de coleta e triagem de resíduos de pneus e borracha (TR2). Os dados foram coletados entre maio e julho de 2014. As técnicas de pesquisa foram a pesquisa bibliográfica e entrevistas semiestruturadas com especialistas. Foram entrevistados os principais gestores de TR1 e TR2 e o gerente de logística de CM1.

As entrevistas tiveram duração média de duas horas e trinta minutos e seguiram o protocolo apresentado na Tabela 1.

Após a coleta dos dados, as informações foram tabeladas e analisadas. Tal análise originou resultados para ambas as organizações estudadas e, considerando as pesquisas citadas no referencial teórico, conclusões da pesquisa foram alcançadas. Estas conclusões serão apresentadas no capítulo 4 deste artigo.

Tabela 1- Protocolo de pesquisa

Temas	Principais Questões
Coleta	Como é realizado o processo de coleta dos pneus e envio para recicladoras/ outras empresas?
Procedimentos de separação e tratamento	Quais são os requisitos e procedimentos para manutenção da qualidade nos processos de separação dos resíduos e tratamento?
Destinação	Quais são as destinações recebidas pelos pneus?
Logística Reversa	Quais as práticas de logística reversa presentes no segmento de pneus inservíveis?
Volumes coletados ou destinados	Qual a quantidade coletada ou destinada de pneus inservíveis anualmente?
Desafios na gestão dos resíduos	Quais são as dificuldades ou desafios encontrados na coleta e destinação dos resíduos?

Fonte: Elaborado pelas autoras.

3.1 O primeiro caso: TR1 e CM1

TR1 iniciou operações em 2003 e está próximo de CM1. CM1 faz parte de um grupo com capacidade de produção no Brasil de 18 milhões de toneladas de cimento por ano e que detém 9% do mercado doméstico. O grupo é um dos dez maiores produtores de cimento do mundo, com 40 plantas. CM1 opera uma planta de trituração de pneus dentro de suas instalações. Cerca de 70% dos pneus triturados em CM1 são recebidos de TR1. Cerca de 95% das coletas de TR1 são pneus. TR1 também coleta lâmpadas, restos de recapagem, amortecedores, contrapeso de rodas, discos de freio, baterias e filtros, que são encaminhados para outras empresas recicladoras. Os pneus são coletados em autocentros, concessionárias de veículos e em oficinas de recapagens. A empresa é certificada pelas normas ISO 9001 e ISO14001.

TR1 recebe os pneus coletados nos autocentros e demais pontos de coleta. Seu processo consiste em descarregar, contabilizar, separar e armazenar segundo duas categorias: pneus servíveis, que ainda têm capacidade de rodagem, e inservíveis. Para pneus servíveis, três alternativas são possíveis: (i) recapagem, na qual há substituição da banda de rodagem, o que pode ser feito uma vez em pneus de automóveis e até três em pneus de carga; (ii) recauchutagem, na qual há substituição da banda de rodagem e da lateral; e (iii) remoldagem, na qual há substituição de toda a superfície. No momento, devido a melhores resultados, a empresa tem destinado pneus servíveis apenas para remoldagem em empresas especializadas. Dificilmente pneus com potencial para recapagem ou recauchutagem são coletados, pois pequenos comerciantes os aproveitam antes de descartar. Pneus inservíveis são destinados ou para reciclagem ou para coprocessamento. A reciclagem ocorre em uma planta de reprocessamento de resíduos sólidos a cerca de 100 km de TR1. O coprocessamento ocorre na planta de CM1.

A empresa coleta em média cerca de 50.000 toneladas de resíduos por mês. Há sazonalidade na produção, com queda entre os meses de março a agosto, pois cai o número de viagens e conseqüentemente também cai o consumo de pneus, como ocorre em períodos de férias e festas de final de ano. A Figura 2 apresenta o volume de pneus coletados entre os anos de 2009 a 2013.

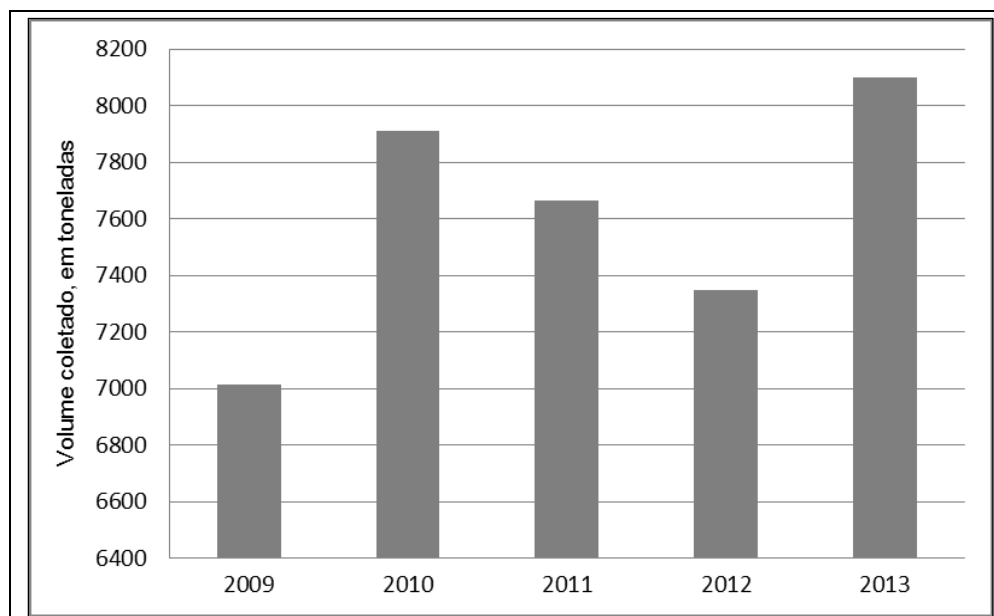


Figura 2 – Volume de pneus coletados anualmente em nível nacional
Fonte: TR1

TR1 conta com 28 caminhões entre baús e trucks, com capacidade de nove toneladas cada (aproximadamente uma carga de 450 pneus de carros ou 120 unidades de pneus de carga). As principais atividades da frota são a coleta em pontos geradores e a destinação. Os pneus coletados são alocados em armazém coberto com cerca de 550m². Do total coletado, em torno de 20% pode ser remoldado e é enviado para empresa especializada, sendo 90% pneus de carros e 10% de carga. Dos demais 80%, cerca de 70% é coprocessado em CM1. Os demais são repassados para a processadora, sendo que cerca de 15% geram lâminas, 10% geram pó, e 5% geram raspas.

Lâminas servem para a fabricação de percintas, solas de calçados, dutos de águas pluviais, ou dão origem a artefatos, tais como tapetes para automóveis, pisos industriais, pisos para quadras poliesportivas, artigos para jardinagem, palhetas para elevadores de colheitadeiras, e brinquedos. Pó é empregado na fabricação de peças técnicas de borracha, materiais de fricção e lonas de freio, material rodoviário, e componente da pavimentação de rodovias (asfalto ecológico). Além de ambientalmente amigável, o uso de borracha confere vida útil maior ao asfalto e gera menos ruído. Raspas são peneiradas em várias granulometrias e exportadas como matéria-prima para países industrializados, ou ainda usadas na construção civil, como matéria prima para pré-moldados e pisos de concreto em substituição à brita.

A outra destinação dada por TR1 é o coprocessamento em CM1.

Para a produção do clínquer, uma das matérias-primas do cimento, CM1 utiliza uma mistura de calcário moído com minério de ferro, chamada de farinha, que deve ser processada em forno rotativo, a cerca de 1.400°C. Para atingir esta, é necessário combustível. CM1 usa cerca de 70% em média de coque de petróleo. No passado, CM1 usou carvão mineral. O combustível restante provém de resíduos coprocessados, principalmente de casca de arroz e pneus inservíveis triturados. O coque gera em torno de 7.500 kcal por tonelada, pneus produzem em média 3.500 kcal, e o carvão mineral entre 2.000 e 5.000 kcal, dependendo da origem.

CM1 coprocessou de julho de 2013 a junho de 2014 um total de 8.496 toneladas de pneus inservíveis moídos e 42.480 toneladas de casca de arroz, que foram adicionadas a 58.056 toneladas de coque e 7.080 toneladas de outros resíduos, como restos de madeira, e borra de tintas. A definição da composição dos resíduos varia segundo custo, oferta de resíduo e oferta de logística de transporte e armazenagem. CM1 emite certificado de coprocessamento, o que assegura a correta destinação. Em períodos de alta oferta de combustíveis, CM1 é remunerada pelos fabricantes de pneus para incluir os pneus oferecidos no mix de combustíveis. Porém, quando a oferta de combustíveis cai, principalmente

no mercado internacional, CM1 recebe pneus sem ônus, para completar o mix de combustíveis. Um importante desafio é o custo de transporte dos resíduos. Um caminhão com capacidade de trinta toneladas consegue transportar no máximo dezoito toneladas de lascas, pois o produto é de baixa densidade.

Além de pneus e casca de arroz, CM1 pode usar outros resíduos no coprocessamento, tais como resíduos vegetais, siderúrgicos, e solventes; ou borras de tinta, de óleos, de resinas, ou de colas. Para mudanças significativas de mix, é necessária troca parcial do revestimento refratário do forno. Para emprego de um novo mix de resíduos, é necessário licenciamento específico da agência ambiental do estado. O licenciamento exige o chamado teste em branco, que é realizado ao longo de uma semana, medindo-se as emissões e impactos ambientais causados pelo resíduo.

3.2 O segundo caso: TR2

TR2 iniciou operações em 1991 e pertence ao mesmo grupo empresarial de TR1. TR2 se localiza a cerca de 1.000 km de TR1 e coleta exclusivamente pneus em região densamente povoada e industrializada, a região metropolitana de São Paulo. Suas atividades são sustentadas por fabricantes brasileiros de pneus. Em outras nações, tal tipo de empresa é autossustentada. No Brasil, ainda não se atingiu tal situação, dados os imensos custos com logística reversa e a precariedade de muitas rotas. A empresa também opera programa desenvolvido por parceiros, na maioria dos casos com prefeituras, que cedem terreno dentro de normas específicas de segurança e higiene para recolher e armazenar o material vindo de borracharias, revendedoras e de usuários. Do mesmo modo que TR1, TR2 opera com pneus servíveis, que são repassados a terceiros, e inservíveis, que podem ser coprocessados ou reciclados. O coprocessamento também ocorre em cimenteiras, tal como em CM1, e a reciclagem também ocorre sob três formatos: lâminas, pó, e raspas.

A empresa montou e opera uma complexa rede de atividades e transferências. De acordo com a empresa, em 2013 a rede que a empresa opera contava com 19 instalações de trituração de pneus, gerando 323 empregos diretos, 22 instalações de laminação ou granulação, gerando 220 empregos diretos, 64 destinações para processamento, quase 4.000 rotas em atividade, tanto de coleta como de destinação, operadas por 19 transportadores, e envolvendo cerca de 250 caminhões que rodam em torno de 22 mil km diariamente para coleta dos pneus.

TR2 opera com pontos de coleta em Minas Gerais, Mato Grosso, Paraná e Amazonas. Ao atingir uma quantidade previamente ajustada (por exemplo, 2.000 pneus de passeio ou 300 pneus de caminhões), o ponto de coleta comunica TR2 sobre a necessidade de retirada do material, com transportadores conveniados. Em 2004 eram 85 pontos de coleta. Em 2013 já eram 819 os pontos. Entre 1999 e 2013, TR1 já havia destinado 2,68 milhões de toneladas de pneus, dos quais 536 milhões de pneus de carros de passeio. A Figura 3 apresenta o volume histórico de pneus destinados em toneladas e o alvo para 2014.

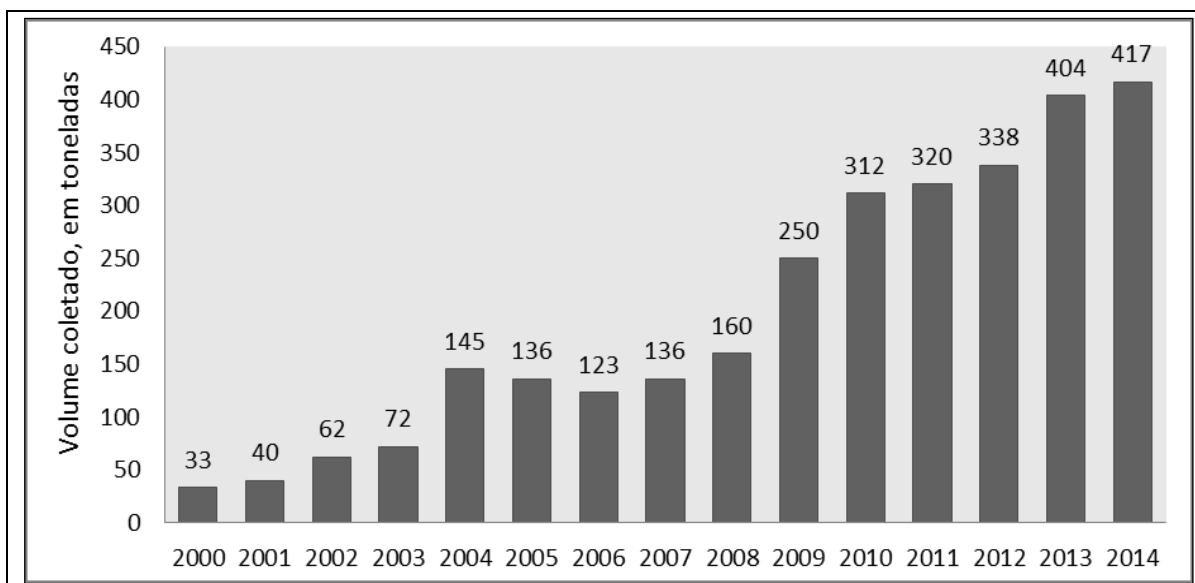


Figura 3 - Volume de pneus destinados desde o ano 2000, em toneladas
Fonte: TR2

Por dia, pelo menos 70 caminhões retiram em média mil toneladas de pneus inservíveis dos pontos de coleta. Em 2013, cerca de 62% do total coletado foi destinado a cimenteiras e cerca de 38% para reciclagem. Dos pneus reciclados, cerca de 22% são encaminhados para a indústria de pisos e revestimentos (lâminas), 9% para a indústria siderúrgica (pós), 3% é empregado em artefatos de borracha (lâminas), 3% na construção civil, e 1% em fabricação de asfalto (raspas).

Todavia, existem desafios para que a logística reversa se concretize, como a infraestrutura precária de transportes, grandes extensões para deslocamento e a distribuição não uniforme de pontos de coleta e destinos finais. Sendo no Brasil, a atividade de coleta e destinação de pneus inservíveis é sustentada pelos fabricantes.

4. Conclusões

O objetivo deste artigo foi descrever como pneus podem retornar ao ciclo de negócios depois de usados. A questão de pesquisa foi: Como pneus usados podem retornar ao ciclo de negócios e reabastecer cadeias produtivas? Como conclusão deste artigo, sintetizam-se os achados de pesquisa em forma de resposta à questão de pesquisa.

Pneus usados podem voltar ao ciclo de negócios de várias formas. Não há um único canal de retorno. Para entender estas várias formas, é conveniente separá-las segundo o estado do pneu; servível ou inservível.

Pneus servíveis ainda possuem condições de rodagem, dado que alguns pequenos reparos sejam feitos. Os reparos necessários são de três tipos, segundo a extensão do dano, do menos para o mais extenso dano: recapagem, recauchutagem, e remoldagem. De modo geral, a maior parte dos pneus servíveis são destinados a remoldagem, dado que os demais tipos chegam em pequena quantidade para as empresas coletoras; pequenos comerciantes adiantam-se e aproveitam as oportunidades, promovendo vendas diretas para seus clientes.

Pneus inservíveis podem ser destinados de dois modos: coprocessamento e reciclagem. O coprocessamento é feito notadamente em fornos de fabricação de clínquer, matéria-prima da indústria cimenteira. Pneus inservíveis são triturados e misturados com outros resíduos, tais como casca de arroz e borras, e com combustíveis fósseis, tais como carvão mineral e coque de petróleo. As opções de reciclagem são mais bem entendidas classificando-as segundo o formato do resíduo: lâminas, raspas, e

pó de borracha. Lâminas se destinam principalmente à indústria de artefatos, tais como autopeças, pisos, palhetas, e tapetes. Raspas se destinam principalmente à indústria de construção civil. Pós de borracha se destinam principalmente à indústria de construção rodoviária e de materiais de fricção.

Como continuidade de pesquisa, sugerem-se estudos de caso em profundidade nos campo já citados em que pneus retornados ao ciclo de negócios contribuem para o desenvolvimento econômico e ambiental das cadeias produtivas.

Referências

- ABCP- Associação Brasileira de Cimento Portland. **Coprocessamento: Saiba mais sobre essa solução.** 2010. Disponível em:< <http://www.abcp.org.br/conteudo/sustentabilidade/coprocessamento-saiba-mais-sobre-essa-solucao#.U-oKreNdXT4>>. Acesso em: 12 ago. 2014
- ADLMAIER, D.; SELLITTO, M. Embalagens retornáveis para transporte de bens manufaturados: um estudo de caso em logística reversa. **Produção**, v.17, n.2, p.395-406, 2007.
- ANIP - [Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos](http://www.anip.com.br/?cont=fabricacao). Site institucional – Fabricação. Disponível em:< <http://www.anip.com.br/?cont=fabricacao>>. Acesso em: 28 mai. 2014.
- CARMO, S.; SILVA, R. Subsídios anti-disseminação de *Aedes aegypti* em usina de co-processamento de pneus, **Ciência et Praxis**, v. 2, n. 4, p.15-18, 2009.
- CHAN, O.; CHEUNG, W.; MCKAY, G. Preparation and characterisation of demineralised tyre derived activated carbon, **Carbon**, v.49, n.14, p.4674-4687, 2011.
- CHANG, N. Economic and Policy Instrument Analyses in Support of the Scrap Tire recycling Program in Taiwan, **Journal of Environmental Management**, v. 86, n.3, p. 435- 450, 2008.
- CNT – Confederação Nacional do Transporte. **Boletim Estatístico**, 2014. Disponível em:<http://www.cnt.org.br/Paginas/Boletins_Detalhes.aspx?b=3>. Acesso em: 18 jun. 2014.
- CSCMP - COUNCIL OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROFESSIONALS. **Supply Chain Management Terms and Glossary**. 2013. Disponível em:< http://cscmp.org/sites/default/files/user_uploads/resources/downloads/glossary-2013.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2014.
- DALE, R.; TIBBEN-LEMBKE, R. An Examination of Reverse Logistics Practices, [Journal of Business Logistics](http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0013788X.2001.10555611), v.22, n.2, p.129-148, 2001.
- DHOUIB, D. An extension of MACBETH method for a fuzzy environment to analyze alternatives in reverse logistics for automobile tire wastes, **Omega**, v.42, n.1, p.25–32, 2014.
- DONG, L.; GU, F.; FUJITA, T.; HAYASHI, Y.; GAO, J. Uncovering opportunity of low-carbon city promotion with industrial system innovation: Case study on industrial symbiosis projects in China. **Energy Policy**, v.65, p.388-397, 2014.
- DU, F; EVANS, G. A bi-objective reverse logistics network analysis for post-sale service, **Computers and Operations Research**, v.35, n.8, p.2617–2634, 2008.
- FANG, Y.; ZHAN, M.; WANG, Y. The status of recycling of waste rubber, **Materials and Design**, v.22, n.2, p.123-127, 2001.
- FERRÃO, P.; RIBEIRO, P.; SILVA, P. A management system for end-of-life tyres: A Portuguese case study. **Waste Management**, v. 28, n. 3, p. 604–614, 2007.
- FERRER, G. The economics of tire remanufacturing, **Resources, Conservation and Recycling**, v. 19, n.4, p.221-255, 1997.

- FREIRES, F. G. M.; GUEDES, A. P. S. Power and Trust in Reverse Logistics Systems for Scrap tires and its Impact on Performance, **Journal of Operations and Supply Chain Management**, v.1, n.1, p.57-65, 2008.
- GARDIN, J. A. C.; FIGUEIRÓ, P. S.; NASCIMENTO, L. F. Logística Reversa De Pneus Inservíveis: Discussões Sobre Três Alternativas De Reciclagem Para Este Passivo Ambiental, **Revista Gestão e Planejamento**, Salvador, v. 11, n. 2, p. 232-249, 2010.
- GOTO, A. **A contribuição da logística reversa na gestão de resíduos sólidos: uma análise dos canais reversos de pneumáticos**. 261f. 2007. Dissertação (Mestrado em Administração, Programa de Pós-Graduação em Administração de Empresas, Centro Universitário Nove de Julho, UNINOVE, São Paulo, SP, 2007.
- HUANG, R. H.; YANG, C. L.; WUANG, M. S.; TSUI, C. S. Constructing a Performance Evaluation Model for Reverse Logistics-Cases of Recycled Tire Traders, **Proceedings of the 2010 IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology (ICMIT)**, Singapore, p.606-611, 2010.
- IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Relatório de Pneumáticos: Ano 2012 - Dados apresentados no Relatório de Pneumáticos: Resolução CONAMA nº. 416/2009. 2012. Disponível em:** <<http://www.ibama.gov.br/phocadownload/category/4?download=5702%3Arelatrio-pneumticos-2012>>. Acesso em: 13 jul. 2014
- ILKILIÇ, C.; AYDIN, H. Fuel production from waste vehicle tires by catalytic pyrolysis and its application in a diesel engine, **Fuel Processing Technology**, v. 92 , n.5, p.1129–1135, 2011.
- JABBOUR, A. B. L. S.; JABBOUR, C.J.C.; SARKIS, J.; GOVINDAN, K. Brazil's new national policy on solid waste: challenges and opportunities, **Clean Technologies and Environmental Policy**, v.16, n.1, p.7-9, 2014.
- KADEL JR., N. **Logística reversa para substituição de combustíveis na indústria cimenteira por coprocessamento em forno de clínquer**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS, 2012.
- LAGARINHOS, C.; TENÓRIO, J. Logística Reversa dos Pneus Usados no Brasil, **Polímeros**, vol. 23, n. 1, p. 49-58, 2013.
- LAGARINHOS, C. **Reciclagem de pneus: análise do impacto da legislação ambiental através da logística reversa**. 291f. 2011. Tese (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Metais, Universidade de São Paulo-USP, São Paulo, SP, 2011.
- LEUNG, D.; WANG, C. Kinetic study of scrap tyre pyrolysis and combustion, **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis** , v. 45, p.153–69, 1998.
- LI, X.; XU, H.; GAO, Y.; TAO, Y. Comparison of end-of-life tire treatment technologies: A Chinese case study, **Waste Management**, v.30, p.2235–2246, 2010.
- LIU, X.; LIU, J.; PANG, Z. The Process Rebuilding of Tire Liner Product Line System. **Applied Mechanics and Materials**, v.184, p.570-573, 2012.
- MOTTA, F. A cadeia de destinação dos pneus inservíveis – o papel da regulação e do desenvolvimento tecnológico. **Ambiente e Sociedade**, v.11, n.1, p.167-184, 2008.
- POKHARELA, S.; MUTHA, A. Perspectives in reverse logistics: A review, **Resources, Conservation and Recycling**, v. 53, p.175–182, 2009.

- RAMOS, K.C.S.; RAMOS FILHO, L.S.N. A logística reversa dos pneus inservíveis. **Anuário da Produção Acadêmica Docente**, v.7, n.2, p.91-103, 2008.
- RAZZOLINI FILHO, E.; BERTÉ, R. **O reverso da logística e as questões ambientais no Brasil**. Edição do Autor, Curitiba, 2008.
- SANTOS, L. A. A.; BOTINHA, R. A.; LEAL, E. A. A contribuição da logística reversa de Pneumáticos para a sustentabilidade Ambiental, **RACE**, v. 12, n. 2, p. 339-370, 2013.
- SASIKUMAR, P.; KANNAN, G.; HAQ, A. N. A multi-echelon reverse logistics network design for product recovery—a case of truck tire remanufacturing, **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v.49, n.9-12, p.1223–1234, 2010.
- SEHN, A. **Logística Reversa dos Pneus Inservíveis: Um Estudo da Gestão pelos Auto Centers da Grande Florianópolis**. 89f. 2012. Monografia (Bacharelado em Ciências Contábeis), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2012.
- SELLITTO, M.; KADEL JR, N.; BORCHARDT, M.; PEREIRA, G. M.; DOMINGUES, J. Coprocessamento de cascas de arroz e pneus inservíveis e logística reversa na fabricação de cimento. **Ambiente e Sociedade**, v. 16, n. 1, p.141-162, 2013.
- SELLITTO, M.; BORCHARDT, M.; PEREIRA, G. Modelagem para avaliação de desempenho ambiental em operações de manufatura. **Gestão & Produção**, v. 17, n. 1, p. 95-109, 2010.
- SIDDIQUE, R.; NAIK, T.R. Properties of concrete containing scrap-tire rubber – an overview, **Waste Management**, v.24, n.6, p.563–569, 2004.
- SOUZA, C. D. R. **Análise da Cadeia de Valor Aplicada a Cadeias Logísticas Reversas. Uma Contribuição ao Reaproveitamento de Pneus Inservíveis**. 111f. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes), Programa de Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, 2011.
- SOUZA, C. D. R.; D'AGOSTO, M.A. Value chain analysis applied to the scrap tire reverse logistics chain: An applied study of co-processing in the cement industry, **Resources, Conservation and Recycling**, v.78, p.15– 25, 2013.
- SOUZA, R.T. **Análise da logística reversa de pneus usados e inservíveis e seus impactos ambientais quando descartados inadequadamente: estudo de caso de uma empresa de transportes**. 64f. 2009. Monografia (Tecnólogo em Logística), Centro Paula Souza, São Paulo, SP, 2009.
- STINDT, D.; SAHAMIE, R. Review of research on closed loop supply chain management in the process industry. **Flexible Services and Manufacturing Journal**, v. 26, n. 1-2, p. 268-293, 2014.
- STOCK, J. R. **Reverse Logistics Programs**, Council of Logistics, 1998.
- STOCK, J. R.; MULKI, J. P. Product returns processing: an examination of practices of manufacturers, wholesalers/ distributors, and retailers, **Journal of Business Logistics**, n. 30, v. 1, p. 33-52, 2009.
- TENG, G. S., HO, M. S.; SHUMAR, D. Enhancing supply chain operations through effective classification of warranty returns, **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 22, n. 2, p. 137-48, 2005.
- TIBBEN-LEMBKE, R. S. Life after death: reverse logistics and the product life cycle, **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v.32, n.3, p.223 – 244, 2002.
- UÇAR, S.; KARAGÖZ, S. Co-pyrolysis of pine nut shells with scrap tires. **Fuel**, v.137, n.1, p.85-93, 2014.
- ZERHOUNI, H.; GAYON, J.; FREIN, Y. Influence of dependency between demands and returns in a reverse logistics system, **International Journal of Production Economics**, v.143, p.62–71, 2013.