

Aplicação dos conceitos de economia circular para vedações de borracha usadas em veículos automotivos

Carlos Augusto Borges da Silva (Universidade Nove de Julho - Uninove)
carlosborges219@gmail.com

Aparecido dos Reis Coutinho (Universidade Nove de Julho - Uninove)
arcoutin@uni9.pro.br



Resumo

A maior parte da borracha produzida industrialmente é usada na fabricação de pneus, e apesar de ser em volume a aplicação mais presente na indústria automotiva, outras peças são produzidas a partir das borrachas natural e sintética, que são importantes na aplicação final veicular, com destaque para condução, controle e vedação de fluídos, no sistema de arrefecimento, bem como na absorção dos impactos e força motora. Em geral as empresas fornecedoras de peças automotivas de borracha possuem políticas de reaproveitamento e coleta seletiva para os resíduos no próprio processo de produção, como rebarbas e peças defeituosas. Porém, ainda é incipiente o procedimento de coleta pós-uso pelos produtores e fornecedores de peças de borrachas veiculares, tendo-se em vista que os desgastes nestes componentes são efetivos e visíveis, abrindo assim um campo de utilização de apenas produtos novos nestes tipos de componentes. Assim, os componentes de borracha, como os empregados em vedações, por exemplo, nos amortecedores, sistemas de injeção, nos motores e demais partes, são substituídas e posteriormente descartadas, sem o devido retorno ao processo de manufatura em novas peças, ou remanufatura em outros componentes. Nesse contexto, o presente trabalho tem por objetivo avaliar a destinação das peças de vedação de borrachas usadas em veículos automotivos leves, com ênfase nos conceitos da Economia Circular. A metodologia empregada consiste de um estudo de caso relativo a borracha utilizada, bem como o descarte de scrap (refugo) nos processos de manufatura, em uma empresa de vedações elastoméricas.

Palavras-chave: borracha, vedações, economia circular, práticas 9R.

1. Introdução

A maior parte da borracha produzida industrialmente é usada na fabricação de pneus, correspondendo a 70% da produção mundial, que emprega 10% de borracha natural (látex), 30% de borracha sintética, além de 60% de aço e tecidos (tipo lona), que servem para conformação e rigidez da estrutura. Outra parte da produção é empregada na fabricação de produtos para o setor médico, para produção de tubos, luvas cirúrgicas, seringas e embalagens de produtos farmacêuticos; para a indústria química, alimentícia, calçados e outros segmentos (ANIP, 2020; ROMBALDO et al., 2008).

Apesar dos pneus serem em volume de borracha, a aplicação mais presente na indústria automotiva, outras peças são produzidas a partir das borrachas natural e sintética que são importantes na aplicação final veicular, com destaque para condução, controle e vedação de fluídos, bem como na absorção proveniente dos impactos e força motora. Também, exemplificando outras aplicações, todo o sistema de arrefecimento veicular, como as juntas de vedação no radiador e mangueiras de condução de água e vapor são manufaturadas a partir da borracha. Geralmente para aplicações em água com alta temperatura é empregado o elastômero de borracha em Etileno Propileno. Este mesmo composto elastomérico é utilizado em outras peças que possuem contato com intempéries e luz solar, como antenas, vedações de portas e vidros, e outros componentes (DEIVASIGAMANI et al., 2017).

Para aplicações de condução e contato em combustíveis como bicos injetores, bombas e tanques de combustível, é altamente recomendável o uso de borracha com base elastomérica em Fluorcarbono devido a compatibilidade química. Para aplicações em sistema de ar condicionado veicular, devido a presença de óleo refrigerante R-134, é imprescindível a utilização de borracha nitrílica hidrogenada devido também a compatibilidade química (MAULINA et al., 2015; PEREZ et al., 2012).

A maior parte das borrachas natural e sintética produzidas é destinada ao mercado automotivo para a fabricação de pneus e artefatos de borracha em geral. A Figura 1 mostra a evolução da produção de artefatos de borracha, utilizada em veículos, como mangueiras, vedações, tubos, coxins, batentes, perfis extrudados, etc (ANIP, 2020; PETROFLEX, 2020).

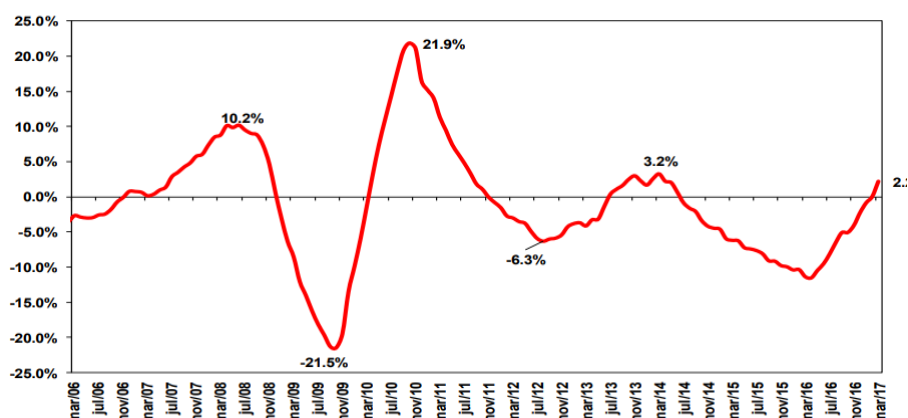


Figura 1 – Evolução da produção de artefatos de borracha

A produção mundial de borracha natural em 2012 foi de 11.327 mil t, para um consumo de 11.005 mil t, do qual mais de 7.390,5 mil t foi originária do SE Asiático, envolvendo países como a Tailândia (31,00%), Indonésia (26,61%), Malásia (7,63%), Índia (8,11%) e Vietnã (7,60%). Os maiores consumidores de borracha natural foram a China (32,98%), seguido pelos países da Comunidade Europeia (11,13%), Estados Unidos (9,42%) e Japão (7,00%). Nos últimos oito anos o consumo e a demanda de borracha natural seguiram em crescimento, alinhados ao crescimento da indústria automotiva. Em 2019 o consumo mundial de borracha natural foi 3,7% maior do que em 2018, chegando a 14,2 milhões de t (ANIP, 2020).

Nesse contexto, as empresas de artefatos de borracha estão empenhadas em se reinventar, em busca de novos mercados, novos produtos e aplicações para a borracha, no sentido de reduzir a participação de produtos vulcanizados, bem como a necessidade das empresas em se manter um equilíbrio no tripé da sustentabilidade: econômico, ambiental e social.

1.1. A Economia Circular e as práticas 9R na indústria

A Economia Circular (EC) apresenta como conceito a possibilidade de empregar os resíduos, na forma tradicional do lixo, em uma visão contínua e cíclica de produção, na qual os resíduos deixam de ser descartados e passam a ser reaproveitados em um novo ciclo de manufatura do próprio produto, ou de novos produtos. Assim, a EC propicia mecanismos voltados a processos contínuos de reaproveitamento e reciclagem, em um modelo sustentável e ambientalmente correto (IRRITANI, 2017; KIRCHHERR e PISCICELLI, 2019).

O ciclo de produção normalmente utilizado pelas empresas para reutilização e reciclagem, compreende depois do processo de aquisição de matéria-prima, *design* e desenvolvimento, manufatura e distribuição dos produtos, a de coleta e identificação dos resíduos com propósito de ter desperdício mínimo, relacionando os passíveis de serem reciclados, os que serão descartados e, por último, o tratamento no fim de vida do produto (GHISELLINI et al., 2016).

A EC está interligada ao conceito de logística reversa (LR), que tem como base um conjunto de procedimentos voltados a coleta e ao reuso dos resíduos pelas indústrias, por exemplo, em etapas de remanufatura e reciclagem. Assim, a LR tem diversos atores, envolvidos no processo de produção, como exemplo, os consumidores devolvem produtos inservíveis em locais específicos; os comerciantes instalam locais apropriados para a devolução; as indústrias retiram os produtos inservíveis e aplicam novos procedimentos para reciclagem e reuso (MCDOWALL et al., 2017).

O pneu representa mais de 70% da borracha sintética misturada mundialmente, de modo que as políticas de EC são mais efetivas e destinadas ao reaproveitamento e descarte desde produto. Porém para os demais produtos de borracha embarcadas em veículos, como tubos, coxins, vedações e outros componentes, ainda não possuem a mesma exigência ou facilidade de se aplicar uma política efetiva de EC (GHISELLINI et al., 2016).

Geralmente as empresas fornecedoras de peças automotivas de borracha possuem políticas de reaproveitamento e coleta seletiva para os resíduos no próprio processo de produção, como rebarbas e peças defeituosas. Porém, ainda é incipiente o procedimento de coleta pós-uso pelos produtores e fornecedores de peças de borrachas veiculares, tendo-se em vista que os degastes nestes componentes são efetivos e visíveis abrindo assim um campo de utilização de apenas produtos novos nestes tipos de componentes. Assim, os componentes de borracha, como os empregados em vedações, por exemplo nos amortecedores, sistemas de injeção, nos motores e demais partes, são substituídas e posteriormente descartadas, sem o devido retorno ao processo de manufatura em novas peças, ou remanufatura em outros componentes (LIEDER e RASHID, 2017; RATTANAPAN et al., 2012).

Nesse mesmo contexto, algumas práticas têm alcançado cada vez mais popularidade no viés da sustentabilidade focadas nos resultados econômicos das empresas, como por exemplo os R's da sustentabilidade. Inicialmente, foi apresentado o conceito dos 3R's, que correspondem a **re**dução, **re**uso e **re**ciclagem dos materiais e produtos; evoluindo em seguida para os 6R's, com

a adição dos itens recuperação, remanufatura e redesenho; e nos últimos anos ampliando-se para os 9R's com a inclusão dos itens reaproveitar, reciclar e recuperar. Em decorrência da evolução dos R's da sustentabilidade, novas práticas foram desenvolvidas com o objetivo de aumentar a circularidade de produtos, proporcionando redução no consumo de recursos naturais e materiais, bem como a minimização dos resíduos gerados. Assim, no contexto das práticas 9R's, destacam-se (KIRCHHERR et al, 2017; LEONG et al., 2003):

- . R1 – Repensar: utilizar produtos multifuncionais e sistemas para compartilhamento, por exemplo, de veículos e de imóveis;
- . R2 – Reduzir: melhorias incrementais nos processos produtivos ou produtos, como a utilização do sistema de refil;
- . R3 – Reusar: uso de produtos que ainda podem cumprir sua função original por novos consumidores, tendo como exemplo o comércio eletrônico;
- . R4 – Reparar: viabilização do reparo de produtos defeituosos, tendo como exemplo a ampliação de assistência técnica;
- . R5 – Recondicionar: restauração de produtos antigos, mesmo que não sejam defeituosos, tendo como exemplo a restauração de veículos e móveis;
- . R6 – Remanufaturar: utilização de peças ou produtos descartados para a produção de novos produtos com a mesma função, bastante usado na indústria de autopeças;
- . R7 – Reaproveitar: utilizar peças ou produtos descartados para a produção de produtos com função diferente, podendo ocorrer parcerias para simbiose industrial;
- . R8 – Reciclar: transformar peças e produtos descartados em matéria-prima com a mesma qualidade, como na fundição de autopeças, ou com qualidade inferior, como na reciclagem de papel;
- . R9 – Recuperar: gerar energia pela incineração dos materiais, é uma ação de baixa circularidade pois não possibilita a aplicação dos demais Rs.

Algumas indústrias e fornecedores possuem divisões de pós-venda, em que remanufaturam seus próprios produtos, como os amortecedores, as retíficas de motores, ar condicionado veicular e outros. Porém, no caso das peças elastoméricas, são trocadas em sua totalidade e ainda não existe uma política de descarte das peças usadas, além das regras dos órgãos de

controle ambiental dos estados e municípios. Assim, as práticas empresariais de descarte e utilização acontecem geralmente durante o próprio processo de manufatura do elastômero, em que é mais fácil o controle dos resíduos da produção, não tendo portanto a participação do usuário final no processo e muito menos sua rastreabilidade pelos fornecedores.

2. Metodologia

O presente trabalho tem por objetivo avaliar a destinação das peças de vedação de borrachas usadas em veículos automotivos leves, com ênfase nos conceitos da Economia Circular. A metodologia empregada no presente trabalho consiste de um estudo de caso que foi desenvolvido por meio da aquisição de dados do volume de borracha utilizada nos últimos anos, bem como a política de descarte de scrap (refugo) nos processos de manufatura e as perdas inerentes à inspeção final do produto. A empresa de vedações elastoméricas pertence a um grupo multinacional que além de vedações, trabalha com uma linha de produtos voltada para os segmentos de hidráulica, pneumática, filtração, mangueiras e conexões e aeroespacial. A divisão de vedações da empresa está localizada na cidade de São Paulo e, por solicitação da própria empresa, será mantido sigilo de seu nome, de modo que será denominada VEA Peças Automotivas (obs: a sigla VEA = Vedações Elastoméricas Automotivas).

3. Resultados

O assunto abordado pelo trabalho é específico, de modo que são raros os artigos relacionados ao tema da EC voltado as vedações elastoméricas. Por outro lado, existem artigos publicados com relação a EC e a avaliação do ciclo de vida, aplicados na cadeia produtiva de pneus, assim como na remanufatura e reciclagem; além de artigos relacionados às políticas de sustentabilidade. Inclusive, destacam se as publicações referentes a normatização e marcos regulatórios em toda a cadeia de produtos, mas mesmo assim, não foram encontradas informações com relação as vedações elastoméricas.

Com relação ao estudo de caso, foi feito levantamento de dados no ano de 2019 junto à empresa VEA, por meio da quantificação de vedações elastoméricas fornecidas ao setor automotivo, como mostra a Tabela 1, que relaciona a quantidade de peças produzidas no Brasil e as importadas, todas distribuídas no mercado nacional.

Tabela 1

Vedações elastoméricas comercializadas pela empresa VEA em 2019.

Produtos/peças	Quantidade produzida (peças)	Quantidade importada (peças)
Anéis O’ring	5.788.904	9.073.959
Juntas de vedação	986.800	325.977
Retentores	-	55.256
Perfis Extrudados e Especiais	425.318	1.355.464
Total	7.201.022	10.810.656

Com relação ao processo de manufatura das vedações elastoméricas, outro fator de destaque são as perdas que ocorrem nas diversas etapas do processo produtivo, em que são classificados dois tipos diferentes de resíduos, ou *scrap*: as rebarbas e perdas de borracha durante a produção, denominadas *scrap* de processo; e as perdas relacionadas a peças descartadas/inservíveis no controle de inspeção/qualidade, denominadas *scrap* de inspeção. Ao longo de vários anos, dados contabilizados mostram que a quantidade de *scrap* de inspeção na VEA gira em torno de 2,5% de todo o volume de borracha industrializada, enquanto que o *scrap* de inspeção gira em torno de 3,2% de produtos que são descartados por não atingirem os critérios de qualidade, na avaliação dimensional e em acabamento.

A borracha uma vez vulcanizada não pode ser novamente utilizada, pois o processo de alta temperatura empregada faz com que os componentes para vedações atinjam características físicas e químicas definidas, fazendo com que seja integral o descarte de todas as peças de *scrap* de processo e de inspeção de qualidade.

Algumas empresas utilizam sobras do processo de manufatura das vedações automotivas, para confecção de outros tipos de subprodutos, como tapetes, buchas e componentes não vedantes; de modo algumas das práticas 9R’s não possam ser completamente utilizadas na produção das vedações elastoméricas, por exemplo, na forma de reuso, remanufatura ou recondicionamento. A Tabela 2 mostra a relação dos materiais descartados pela VEA, na forma de *scraps* do processo produtivo de vedações elastoméricas, no período de três anos, considerando o descarte na proporção de 2,5% para o *scrap* de processo e de 3,2% para o *scrap* de inspeção.

Tabela 2

Total de *scrap* de borracha descartada pela empresa VEA.

Ano	% Produto importados	Quantidade de borracha misturada (t/ano)	<i>Scrap</i> de processo (Kg)	<i>Scrap</i> de inspeção (Kg)	Total de <i>scrap</i> (Kg)
2017	39%	78,2	195,5	250,2	445,7
2018	51%	59,8	149,5	191,4	340,9
2019	60%	50,8	127,0	162,6	289,6

Tendo em vista as características físicas das vedações elastoméricas em suas condições de uso nos diversos componentes automotivos, então nenhuma parte dos *scraps* retorna ao processo de manufatura de peças novas empregado pela empresa VEA, de modo que a totalidade de *scraps* na forma de borracha vulcanizada é descartada, fazendo com que poucas das práticas das ferramentas 9R’s sejam realmente empregadas na forma da Economia Circular na própria empresa VEA.

Por outro lado, para o descarte dos *scraps*, a empresa VEA subcontrata empresa de coleta de resíduos, que repassa a borracha inservível das vedações elastoméricas para outras empresas que produzem outros tipos de produtos/peças, como tapetes, borrachas moídas e trituradas para a construção civil, fabricação componentes isolantes elétricos, mangueiras, conduítes e outras aplicações. Esta coleta e destinação seguem as legislações regulatórias de descarte de resíduos e, com relação a aplicação dos conceitos e ferramentas da EC e das práticas 9R’s, são empregadas as etapas de reaproveitar, reciclar e recuperar, para manufatura de outros subprodutos.

Ainda, na cadeia automotiva, a Tabela 3 mostra a relação de outras peças empregadas como vedações elastoméricas, produzidas e comercializadas pela VEA. São vedações empregadas em diversas partes dos veículos, que podem ser remanufaturadas em outros tipos de subprodutos; mas por outro lado, são impossibilitadas de reuso, ou reaproveitamento na fabricação de vedações, devido as rigorosas exigências em manutenção das propriedades físicas-mecânicas em suas aplicações. Destaca se que neste trabalho não foram quantificadas estas peças, mas que serão apresentadas nos resultados de trabalhos que ainda estão em andamento.

Tabela 3
 Práticas 9R’s das vedações veiculares.

Aplicação veicular	Produto	Remanufatura em subprodutos	Reaproveitamento como vedação
Bico injetor	Orings	sim	não
Bomba de Combustível	Juntas	sim	não
Sistema ar condicionado	Orings	sim	não
Freio automotivo	Orings	sim	não
Amortecedor	Retentor	sim	não
Motor	Retentor	sim	não
Bomba d’água	Juntas	sim	não
Vedações de portas e vidros	Outros	não	não

As práticas 9R’s voltadas ao reaproveitamento das vedações inservíveis apontam que a maioria das peças possui mercado para remanufatura e reuso, assim como legislação específica para o descarte ambientalmente correto. Porém, nenhuma vedação inservível é reutilizada na própria VEA, para a produção de novas vedações veiculares.

4. Conclusão

A identificação de responsabilidade das empresas no descarte final faz com que grande parte da borracha seja controlada apenas durante o processo e não no fim do ciclo de vida de utilização, tendo em vista que cada empresa é responsável pelo descarte de material excedente no próprio processo de manufatura.

No presente trabalho, foram avaliadas algumas vedações empregadas em veículos automotivos, em que mostra a impossibilidade de uso das práticas 9R com relação ao retorno no próprio processo produtivo, em função das exigências e características de uso das vedações. Por outro lado, mostra a viabilidade de aplicação dos conceitos da economia circular, assim como de algumas das práticas 9R para os resíduos, denominados *scraps* em outros processos industriais, para manufatura de outros tipos subprodutos; na forma de reuso, reciclagem e remanufatura.

Referências

- ANIP – Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos, 2020. Disponível em: <http://www.anip.com.br/>.
- Deivasigamani, K., Nanjan, .J, Mani, H.P., 2017. Recycling of waste gasket rubber granules by bulk CuCl₂ and nano CuCl₂: removal of Hg(II) ions by recycled rubber granules. *Proceedings Royal Society, A*, 473, 20160771. doi: 10.1098/rspa.2016.0771.
- Ghisellini, P., Cialani, C., Ulgiati, S., 2016. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114, 11–32.
- Iritani, D.R., 2017. Modelo de gestão orientado a economia circular e melhoria de desempenho ambiental do ciclo de vida de produtos. 2017. 291f. Tese de Doutorado, Depto de Eng. de Produção, Escola de Eng. São Carlos, Universidade de São Paulo.
- Kirchherr, J., Reike, D., Hekkert, M., 2017. Conceptualizing the circular economy: an analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221–232.
- Kirchherr, J., Piscicelli, L., 2019. Towards an Education for the Circular Economy (ECE): Five Teaching Principles and a Case Study. *Res. Conservation & Recycling*, 150, 104406.
- Leong, S.T., Muttamara, S., Laortanakul, P., 2003. Reutilization of wastewater in a rubber-based processing factory: a case study in Southern Thailand. *Resources, Conservation and Recycling*, 37(2), 159-172.
- Lieder, M., Rashid, A., 2016. Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*, 115, 36–51.
- Maulina, S., Meriam, N., Sulaiman, N., Mahmood, N.Z., 2015. Enhancement of Eco-Efficiency Through Life Cycle Assessment in Crumb Rubber Processing. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 195, 2475-2484.
- McDowall, W., Geng, Y., Huang, B., Bartekov, E., Bleischwitz, R., Trkeli, S., Kemp, R., Domnech, T., 2017. Circular economy policies in China and Europe. *Journal of Industry Ecology*, 21, 651–661.
- Pérez, G., Coma, J., Solé, C., Cabeza. L.F., 2012. Green roofs as passive system for energy savings when using rubber crumbs as drainage layer. *Energy Procedia*, 30, 452-460.
- PETROFLEX., 2020. Disponível em: www.petroflex.com.br.
- Rattanapan, C., Suksaroj, T. T., Ounsaneha, W., 2012. Development of Eco-efficiency Indicators for Rubber Glove Product by Material Flow Analysis. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 40. doi: 10.1016/j.sbspro.2012.03.167.
- Rombaldo, C.F.S.; Lisboa, A.C.C; Mendez, M.O.A.; Coutinho, A.R., 2008. Effect of operating conditions on scrap tire pyrolysis. *Materials Research*, 11 (3), 359-363.