

Descarte Sustentável de Pneus Agrícolas Inservíveis em uma Empresa de Recauchutagem na Cidade de Cascavel PR**MARCIO LEANDRO DA SILVA**Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE
silvamarcioleandro@gmail.com**JORGE LUCIO COELHO**Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE
jorgeluciocoelho2@gmail.com**MARCO SARTORI**Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE
msartoridc@gmail.com



DESCARTE SUSTENTÁVEL DE PNEUS AGRÍCOLAS INSERVÍVEIS EM UMA EMPRESA DE RECAUCHUTAGEM NA CIDADE DE CASCAVEL PR

Resumo

Este trabalho analisa a temática do descarte sustentável de pneus agrícolas inservíveis e resíduos originados do processo de recauchutagem dos pneus. O referencial teórico aborda conceitos, políticas e processos relacionados ao descarte sustentável de pneus, incluindo as diferentes técnicas de destinação, incluindo a trituração e o coprocessamento. A metodologia utilizada foi o estudo de caso, associado à revisão sistemática da literatura, compreendendo artigos científicos publicados entre os anos de 2012 a 2017. Por fim, realizou-se a análise de viabilidade econômica financeira para implantação de uma usina de reciclagem de pneus. Conclusões indicaram a importância da gestão adequada da destinação dos pneus. A análise de viabilidade econômica e financeira indicou que a usina tem bons potenciais de geração de receitas e retorno do investimento em até dois anos após sua implantação, quando otimizada a capacidade de produção e vendas. Estudos futuros são recomendados com a intenção de analisar de maneira mais profunda o mercado consumidor para os produtos originados a partir da reciclagem dos pneus inservíveis.

Palavras-chave: Pneus; Reciclagem; Inservíveis; Coprocessamento; Usina recicladora.

Abstract

This paper analyzes the issue of sustainable disposal of waste tires and wastes from the tire retreading process. The theoretical framework addresses concepts, policies and processes related to the sustainable disposal of tires, including the different disposal techniques, including crushing and coprocessing. The methodology used was a case study, associated with a systematic review of the literature, including scientific articles published between the years 2012 to 2017, and finally the economic feasibility analysis was performed for the implementation of a tire recycling plant. Conclusions indicated the importance of proper management of the destination of the tires. The analysis of economic and financial viability indicated that the plant has good potential for recitation generation and return on investment within two years after its implementation when optimized production and sales capacity. Future studies are recommended with the intention of analyzing in a deeper way the consumer market for products originating from the recycling of waste tires.

Keywords: Tires; Recycling; Useless; Coprocessing; Recycling plant.



1 Introdução

Atualmente, em razão da grande preocupação com a saúde pública e o meio ambiente, o Brasil tem criado políticas públicas visando a destinação adequada dos pneumáticos, além de coibir a importação de pneus usados, uma vez que impactos ambientais ocasionados pela disposição final inadequada de pneus inservíveis são significativamente negativos (V. da S. Alves & Vasconcelos, 2016).

Para tanto, foi criado o Programa Nacional de Coleta e Destinação de Pneus Inservíveis no Brasil, a fim de cumprir com a norma estabelecida pelo CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). A partir de então, as empresas foram impelidas a se adaptarem às novas regras criadas, sob pena de sofrerem sanções pelo descumprimento (Floriani, Furlanetto, & Sehnem, 2016a).

Paralelamente, a intensificação de políticas ambientais visando o desenvolvimento econômico sustentável corroborou para o aumento das pesquisas que objetivam a busca de alternativas ambientalmente adequadas para a destinação de resíduos. Tal fato fundamenta a necessidade de constituição e resposta a seguinte pergunta de pesquisa: Qual a viabilidade econômica e financeira para a implantação de uma usina de reciclagem de pneus agrícolas inservíveis e fragmentos originados do processo de recauchutagem?

O presente estudo, serviu-se da pesquisa nas principais bases de dados científicas sobre as alternativas de destinação sustentável de pneus agrícolas inservíveis, com os objetivos de discutir a temática do descarte correto de pneus inservíveis, identificar tecnologias de reciclagem dos respectivos pneus e realizar o cálculo e análise de viabilidade econômica e financeira para implantação de uma usina de reciclagem de pneus inservíveis e aparas originadas no processo de recauchutagem. A análise de viabilidade foi determinada a partir dos principais indicadores de viabilidade, TIR, VPL e *Payback*.

Percebeu-se com o presente estudo que são escassas as pesquisas que foquem na destinação adequada especificamente de pneus agrícolas inservíveis, considerando-se sua logística de transportes e técnicas de reaproveitamento, tendo em vista sua composição diferenciada, suas dimensões e pesos elevados.

Sustenta-se o esforço da presente pesquisa pelo fato da produção em larga escala desse produto, o pneu, que se destinado incorretamente, quando inservível, gera sérios danos ao meio ambiente, prejudicando consideravelmente o ecossistema. Por meio do presente estudo, foi possível elencar as principais técnicas de destinação de pneus inservíveis aplicadas em todo o mundo, e confrontá-las com as opções apresentadas no Brasil.

Também foi possível pontuar as lacunas de estudos voltados para o tema aqui selecionado, descrevendo-as para que os pesquisadores se atentem e busquem suprir essas faltas de estudos, maximizando a sustentabilidade ambiental deste produto no Brasil e no mundo.

2 Referencial Teórico

O referencial teórico utilizado como embasamento para esta pesquisa foi alicerçado nos conceitos relacionados aos pneus inservíveis, nas formas de reaproveitamento e reciclagem de pneus inservíveis, bem como a discussão da coletânea de estudos produzidos sobre o tema que foram selecionados a partir de pesquisa nas bases de dados Scielo, Scopus, Spell, Ebsco e Web of Science, via acesso CAFE, da Capes. O período definido para a busca foi de 05 anos retroativos contados a partir de 2017.

2.1. A ANIP



No Brasil, a preocupação com o tema dos pneus inservíveis motivou a criação de uma associação sem fins lucrativos, com o intuito de defender o interesse do setor de pneumáticos e do comércio internacional. A ANIP (Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos) foi fundada em 1960 e representa as indústrias de pneus e câmaras de ar instaladas no país, compreendendo atualmente um total de 21 empresas em 06 estados da federação. (<https://goo.gl/CEUfvu>, recuperado em 25 de junho, 2017). De acordo com dados da própria associação, dentre outros benefícios, suas atividades geraram, em 2014, aproximadamente 29,5 mil empregos diretos e 100 mil indiretos, além de apoiar uma rede com mais de 4.500 pontos de venda no Brasil e os 40 mil empregos gerados por esses pontos.

Uma das frentes de ação da ANIP é a defesa contra atos ilegais em território brasileiro e contra a não reciclagem por parte de alguns importadores, principalmente de países asiáticos (<https://goo.gl/CEUfvu>, recuperado em 25 de junho, 2017).

No que tange à questão do comércio internacional, a ANIP atua em políticas de combate ao *dumping*. Essa prática é caracterizada pela exportação, para o Brasil, de pneus com preços abaixo daqueles praticados em outros mercados. O *dumping* é condenado pela OMC (Organização Mundial do Comércio) uma vez que provoca prejuízos à indústria nacional e ao consumidor, devido à qualidade duvidosa desses pneus (<https://goo.gl/CEUfvu>, recuperado em 25 de junho, 2017).

Outra importante iniciativa da associação foi a criação, em 1999, da Reciclanip, cujo objetivo é a realização de coleta e destinação de pneus inservíveis. De acordo com dados da ANIP, ao longo dos anos, desde a criação do projeto, foram reunidos mais de 800 pontos de coleta no Brasil, possibilitando o manejo correto de mais de 3 milhões de toneladas de pneus inservíveis, o que equivale a aproximadamente 625 milhões de pneus para veículos de passeio.

2.2. Pneus inservíveis

De acordo com a ANIP, os pneus inservíveis são aqueles que não podem mais rodar em veículos automotivos de qualquer natureza, ou seja, todas as formas de recondição foram esgotadas e, a partir de então, as alternativas para destinação corretas desses resíduos são as derivadas da reciclagem.

Uma vez que se tornem inservíveis, os pneus podem ser reaproveitados na valoração energética, fabricação de novos produtos, além de possuírem aplicações na pavimentação asfáltica, construção civil, construção de aterros sanitários, dentre outras.

Segundo Rodrigues e Henkes (2015), a ideia de reutilização de pneus é muito antiga, mas sua ação se deu somente após a Segunda Guerra Mundial devido à dificuldade na obtenção de matéria-prima para a produção de pneus novos. De acordo com Florian, Furlanetto, e Sehnem (2016), os pneus, quando trocados por novos, são descartados após o término de sua vida útil. Este descarte pode ocorrer em empresas que realizam a troca dos usados pelos novos ou, muitas vezes, o consumidor descarta estes pneus em locais inapropriados, como em rios, aterros e até mesmo em locais de coleta de lixo comum.

2.3. Logística reversa

No contexto da reciclagem ou reaproveitamento de pneus, um dos principais fatores que dificultam a destinação correta dos respectivos resíduos é a logística reversa.

De acordo com Gardin, Figueiró, e Nascimento (2010), apoiados no estudo de Rogers e Tibben-Lembke (1998),

a logística reversa é um processo de planejamento, implementação e controle da eficiência e custo efetivo do fluxo de matérias-primas, estoques em processo,



produtos acabados e as informações correspondentes do ponto de consumo para o ponto de origem com o propósito de recapturar o valor ou destinar à apropriada destinação.

Para Lagarinhos e Tenório (2012) a logística reversa está associada ao retorno de produtos pós-venda com o intuito de reciclar, reaproveitar ou simplesmente definir uma destinação correta dos resíduos.

No caso dos pneus agrícolas inservíveis, os problemas ligados à logística reversa se agravam, considerando as dimensões e peso dos respectivos pneus.

2.4. Descrição dos resultados provenientes da revisão da literatura

Apesar dos grandes avanços que têm sido obtidos no Brasil e no exterior, há ainda uma série de questões cuja abordagem se faz necessária, e sobre as quais uma série de estudos tem sido apresentada por diversos pesquisadores, principalmente na Europa. Dentre os temas abordados nessas pesquisas, realizadas em diversas áreas do conhecimento, recebem destaque aquelas voltadas às aplicações dos subprodutos gerados a partir dos resíduos de pneus inservíveis, bem como das propriedades desses produtos e da viabilidade de produção de matérias-primas a partir dos pneumáticos.

No contexto da União Europeia, as políticas relacionadas ao descarte sustentável de pneus são amplamente exploradas, servindo como modelo para diversas regiões do globo. Os estudos de Uruburu, Ponce-Cueto, Cobo-Benita, e Ordieres-Meré (2013) e Torretta et al. (2015) abordam o tema do reaproveitamento dos resíduos de pneus, focando na evolução das políticas adotadas pelos países europeus para a gestão eficiente desses resíduos. De acordo com Torretta et al. (2015), a gestão dos pneus usados evoluiu consideravelmente ao longo dos anos, mas ainda carece de melhorias. Além disso, os autores afirmam que as características econômicas dos países têm impacto direto na adoção de políticas de gestão sustentável dos pneus. Corroborando, Uruburu et al. (2013) afirmam que 96% dos pneus recebem o tratamento correto na Europa, o que a torna uma das regiões mais avançadas do mundo em reciclagem e recuperação de pneus. Parte desse fenômeno ocorre em virtude da implantação de sistemas extensivos de responsabilidade dos produtores, os quais têm demonstrado excelente desempenho na resolução dos problemas relacionados aos resíduos.

Os autores apontam também que uma ampla gama de atividades tem sido realizada para encontrar novos usos técnica e economicamente viáveis para os pneus inservíveis. Um dos modelos que merece destaque é o aplicado na Espanha, cujos excelentes resultados o tornaram uma referência na transformação de resíduo em recurso. A conscientização ambiental da população também tem aumentado, o que faz com que o impacto causado pelo pneu no meio ambiente passe a pesar na decisão de compra desses produtos (Uruburu et al., 2013).

Traçando um comparativo entre as visões da OMC e do Mercosul em relação às políticas de tratamento dos pneus inservíveis, Savio e Macena (2011) afirmam que é possível perceber de forma clara a evolução da inclusão dos aspectos ambientais e do desenvolvimento sustentável em decisões tomadas pela Organização Mundial do Comércio em casos ligados aos pneus. Em contrapartida, de acordo com os mesmos autores, no Mercosul a exceção ambiental ainda não é aceita. Apesar disso, o Brasil tem se destacado em soluções para o problema do lixo pneumático dentro desse contexto (Savio & Macena, 2011).

Dentre as medidas adotadas pelo país, destaca-se a resolução 258/99 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) que dispõe, dentre outras questões, sobre a destinação ambientalmente adequada dos pneus inservíveis. De acordo com a resolução, para cada pneu produzido para reposição, um pneu inservível deve ser coletado e receber uma destinação correta.



Para Floriani, Furlanetto, e Sehnem (2016) a implantação da resolução CONAMA amenizou em grande escala o impacto ambiental resultante dos pneus inservíveis. O projeto auxiliou na destinação correta de 459.030,18 toneladas de pneus no ano de 2012, atingindo 95% da meta estabelecida pelo IBAMA para fabricantes e importadoras de pneus. Nesse total, as empresas importadoras obtiveram um atingimento da meta de apenas 62,7%, reforçando a necessidade de ajustes na legislação brasileira, além da atuação fiscalizadora com maior rigor neste tipo de empresa. Em 2014, 54,4% dos pneus destinados seguiu o caminho do coprocessamento, e a granulação atingiu 33% do total de pneus descartados.

De acordo com Bauer, Cásseres, Saueressig, e Luchese (2015), os pneus podem retornar como servíveis para as empresas quando ainda possuem condições de rodagem, podendo ser reparados com a recapagem, recauchutagem ou remoldagem, sendo a maioria destinada para a remoldagem. No caso dos inservíveis, eles podem retornar como matéria-prima para a indústria cimenteira, onde ocorre o coprocessamento em fornos de clínquer. Podem também serem destinados à reciclagem, para a indústria de artefatos de borracha, construção civil, indústria de construção rodoviária e de materiais de fricção.

O processo de coleta geralmente é realizado pelos serviços de limpeza municipais, borracheiros, porém pode ser realizado pela própria população.

Uma vez que os pneus tenham sido enviados para os pontos de coleta, cabe aos fabricantes e/ou importadores a coleta e a destinação ambientalmente correta. O envio deve ser realizado para empresas ou órgãos homologados pelo IBAMA. Tais empresas se utilizam de uma série de tecnologias que permitem o reaproveitamento ou reciclagem dos resíduos pneumáticos. Dentre as principais tecnologias declaradas por essas empresas, o IBAMA destaca as seguintes:

Coprocessamento: utilização dos pneus em fornos de clínquer como substituto parcial de combustíveis e como fonte de elementos metálicos;

Laminação: Processo de fabricação de artefatos de borracha;

Reciclagem: Fabricação de borracha moída, em diferentes granulagens, com separação e aproveitamento do aço;

Regeneração da borracha: Processo de desvulcanização da borracha;

Industrialização do xisto: Processo de coprocessamento de pneus inservíveis com xisto betuminoso (Confederação Nacional da Indústria, 2014).

De acordo com a Reciclanip, a entidade investiu um total de R\$194 milhões nas atividades de coleta e destinação de resíduos pneumáticos entre 1999 e 2012, sendo que em 2011 o custo do sistema foi de R\$63,6 milhões, distribuídos conforme indicado na Tabela 1.

Tabela 1

Investimentos por tipo de destinação

Total investimentos	Transporte	Trituração e valoração energética	Granulação, laminação e extração aço
63,60	36,60	16,50	10,50

Tabela 1. Distribuição dos investimentos da ANIP em atividades de coleta e reaproveitamento de pneus em 2011.

Fonte: Adaptado de Confederação Nacional da Indústria (2014). Proposta de implementação dos instrumentos econômicos previstos na lei nº 12.305/2010 por meio de estímulos à cadeia de reciclagem e apoio aos setores produtivos obrigados à logística reversa.

Ainda de acordo com os dados da Reciclanip (Confederação Nacional da Indústria, 2014), 67% dos pneus inservíveis coletados são destinados na valorização energética nas



cimenteiras. A Tabela 2 apresenta de forma detalhada as principais destinações dos resíduos no Brasil.

Tabela 2:

Principais destinações dos resíduos de pneus inservíveis no Brasil

Formas de destinação	Valor Gasto (MI de R\$)	% de Destinação
Trituração e valorização energética	16.482,05	67,1%
Granulação, laminação e extração de aço	10.460,04	32,9%
Pisos e gramados		6,5%
Artefatos de borracha		8,0%
Asfalto		2,0%
Construção civil		1,5%
Siderurgia		7,0%
Laminação		7,9%
Total	26.942,09	100,0%

Fonte: Adaptado de Confederação Nacional da Indústria (2014). Proposta de implementação dos instrumentos econômicos previstos na lei nº 12.305/2010 por meio de estímulos à cadeia de reciclagem e apoio aos setores produtivos obrigados à logística reversa.

Embora o modelo proposto pela ANIP seja baseado em modelos adotados na Europa, no Brasil o custo do processo de logística reversa não é dividido entre todos os envolvidos na cadeia, como ocorre no modelo europeu, sendo, portanto, responsabilidade apenas dos fabricantes e importadores.

Para Gardin, Figueiró, e Nascimento (2010), a logística é um entrave para a reciclagem ou mesmo o reaproveitamento dos resíduos. Conforme citado por Lagarinhos e Tenório (2012), no Brasil não existe nenhum incentivo por parte do governo para a reciclagem de pneus. Todo o processo de logística reversa é financiado pelos fabricantes e importadores de pneus novos. Para os autores, um grande desafio para a reciclagem de pneus é a mudança do conceito de resíduo para matéria-prima secundária, ou combustível alternativo, tornando a cadeia da reciclagem de pneus um negócio autossustentável. A responsabilidade compartilhada entre fabricantes, importadores, distribuidores, revendas, borracheiros e recicladores, deve facilitar a coleta, com redução de custos logísticos e destinação dos pneus usados (Lagarinhos & Tenório, 2012).

Alves, Vasconcelos, Moreira, Filho, e Barreto (2015) constataram que a cada ano o percentual de destinação adequada dos pneus inservíveis apresenta evolução, porém a porcentagem de pneus não destinados ainda é preocupante, levando-se em consideração a larga escala de produção anual. Dentro dos processos de reciclagem, o coprocessamento tem se destacado, pois a quantidade e características desse tipo de resíduo, facilitam a sua utilização nesse tipo de aplicação.

A evolução apontada por Alves et al. (2015) é evidenciada nos relatórios apresentados pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA). Desde 2009, a partir da resolução CONAMA nº 416/2009, os fabricantes associados à ANIP têm apresentado bons desempenhos no cumprimento da meta nacional dos pneus inservíveis, conforme pode ser observado na Tabela 3:

Tabela 3:



Cumprimento da meta de destinação pelos fabricantes e importadores

Origem/Ano	2009/2010	2011	2012	2013	2014	2015
Fabricantes	105,88	101,79	105,31	106,93	106,98	101,17
Importadores	87,40	66,74	79,58	62,70	77,90	84,72

Fonte: Adaptado de IBAMA Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (2015). Relatório de Pneumáticos

De forma consolidada, na Tabela 4 é possível observar a evolução no cumprimento da meta nacional geral a partir de 2009 até 2015.

Tabela 4:

Percentual cumprimento da meta de destinação nacional (2009 -2015)

Meta/Ano	2009/2010	2011	2012	2013	2014	2015
Meta nacional	99,07	84,73	95,75	91,85	97,60	97,45

Fonte: Adaptado de IBAMA Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (2015). Relatório de Pneumáticos.

Durante os 7 anos subsequentes ao início do controle sobre os resíduos pneumáticos, parcerias com a indústria cimenteira permitiram que grande parte do volume dos pneus inservíveis pudessem ser reaproveitados em fornos de clínquer, por coprocessamento, situação que se observa claramente na Tabela 5.

Tabela 5:

Tecnologias utilizadas na destinação de pneus inservíveis (%)

Destinação/Ano	2009/2010	2011	2012	2013	2014	2015
Coprocessamento	53,14	55,46	47,77	54,40	55,17	59,16
Granulação	28,96	29,91	36,71	33,68	34,83	23,56
Laminação	16,52	12,80	13,31	8,92	9,94	15,96
Outras tecnologias	1,38	1,83	2,21	3,01	0,06	1,32

Fonte: Adaptado de IBAMA Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (2015). Relatório de Pneumáticos.

Com o objetivo de demonstrar a viabilidade técnica de utilização dos resíduos pneumáticos, Bento e Leite (2014) afirmam que a inclusão do resíduo de pneus inservíveis proporciona um aumento das propriedades físicas e mecânicas do asfalto, por exemplo, permitindo assim a substituição do asfalto convencional, contribuindo desta forma com a utilização de resíduos inservíveis que seriam descartados no meio ambiente, agregando-se também valor à matéria-prima utilizada. Do mesmo modo, Mellone, Santos, e Shibao (2013) inferem que o recapeamento com concreto asfáltico possui comportamento superior ao convencional, ressaltando a possibilidade de aplicação alternativa desses resíduos.

O coprocessamento é o destino da maior parte dos resíduos coletados no Brasil. Sob essa perspectiva, Freitas e Nóbrega (2014) apontam diversos benefícios do coprocessamento. O principal deles, apontando em seu estudo, foi a retirada de 26.569 toneladas de pneus inservíveis depositados em 03 estados da região norte do Brasil. Além disso, por meio do coprocessamento torna-se possível a criação de um mecanismo de coleta pela sociedade, que



possibilita ganhos econômicos da ordem de R\$ 2 milhões aos catadores, contribuindo para a melhoria de sua qualidade de vida. O mesmo estudo apontou um gradativo aumento da utilização de pneus inservíveis, implicando em um menor consumo de combustíveis não renováveis, minimizando emissões atmosféricas, devido ao menor volume de coque utilizado e transportado.

Além dos resultados apontados por Freitas e Nóbrega (2014), Sellitto, Kadel Jr., Borchardt, Pereira, e Domingues (2013) ressaltam benefícios econômicos promovidos pelo coprocessamento dos pneus. Um dos principais é a redução de custos de transporte devido à instalação de concentradores de cargas e ao gerenciamento integrado de fluxos.

Contribuindo com os estudos sobre aplicações dos resíduos pneumáticos, Ramirez, Casagrande, Folle, Pereira, e Paulon (2015) comprovaram que a adição de borracha granular aumenta a resistência de solos argilosos utilizados em paredes de retenção. O solo com adição de borracha é adequado para camadas de aterros sanitários, aterros temporários, subestruturas para construção de estradas em solos macios, dentre outras aplicações. Embora esse tipo de aplicação corresponda a apenas 1,32% de todo o volume de resíduos coletados, os autores ressaltam a importância de se intensificar os estudos sobre a utilização materiais não convencionais como agregados na construção desse tipo de estrutura.

Fora do Brasil, diversos estudos experimentais buscaram avaliar a viabilidade técnica da aplicação da borracha obtida por meio da reciclagem de pneus na construção civil. Os estudos de Fioriti, Ino, e Akasaki, (2010), Cintra, Paiva, e Baldo (2014), Meddah, Beddar, e Bali (2014), Onuaguluchi e Panesar (2014) e Thomas, Gupta, e Panicker (2016) e Guo, Dai, Si, Sun, e Lu (2017) concluíram que parte do agregado natural do concreto pode ser substituída por borracha granular, sem que as propriedades principais do concreto sejam perdidas, além de agregar características que tornam o concreto emborrachado mais eficiente que o concreto convencional em determinados aspectos.

De acordo com Kashani, Ngo, Mendis, Black, e Hajimohammadi (2017), o isolamento sonoro e térmico é melhorado à medida que o teor de borracha é aumentado. As propriedades de isolamento do concreto emborrachado também garantem a redução significativa na taxa de permeabilidade à água.

Com o intuito de tornar mais eficiente o processo de reaproveitamento dos pneus inservíveis, Zanetti et al. (2015) comprovaram que o processo de produção dos pneus pode conferir aos resíduos determinadas propriedades físicas, e que até mesmo o processo de limpeza desse material é fator impactante no produto final obtido por meio do material reciclado. Em complemento a Zanetti et al. (2015), Sadek e El-Attar (2015) e Su, Yang, Ling, Ghataora, e Dirar (2015) apontam que o tamanho das partículas de borracha tem impacto direto sobre os produtos produzidos tendo esses resíduos como parte componente de sua matéria-prima, afetando propriedades como a permeabilidade e características de isolamento.

3 Metodologia

O presente estudo é caracterizado como uma pesquisa exploratória descritiva, quanto ao seu objetivo. Segundo (Gil, 2009), as pesquisas descritivas têm como objetivo primordial a descrição das características de determinado fenômeno ou estabelecer relações entre variáveis.

Conforme (Vieira, 2002), a pesquisa exploratória propicia ao pesquisador uma maior familiaridade com o problema em estudo. Este esforço tem como meta tornar um problema complexo mais explícito ou mesmo construir hipóteses mais adequadas para sua análise.

Para (Malhotra, 2001), o objetivo principal da pesquisa exploratória é possibilitar a compreensão do problema enfrentado pelo pesquisador procurando estudá-lo e prover critérios de exame e compreensão do mesmo.



O referencial teórico foi gerado a partir do emprego da revisão sistemática da literatura que, segundo Fernández-Ríos & Buela-Casal (2009), é uma metodologia que visa potencializar a capacidade de pesquisa, uma vez que alcança, de forma organizada e metodológica, o máximo de estudos possível sobre determinado tema. Seu efeito não é apenas uma relação cronológica ou exposição descritiva e linear de um determinado tema, mas sim uma reflexão crítica e compreensiva sobre os estudos realizados.

Quanto ao meio utilizado para sua realização, ou seja, o procedimento técnico utilizado, o presente estudo será conduzido pelo método de estudo de caso, definido por (Gil, 2009) como sendo o delineamento mais adequado para investigações de um fenômeno contemporâneo dentro do seu contexto real.

De acordo com (Gil, 2009), o estudo de caso utiliza-se de várias técnicas de coleta de dados, dentre elas: análise de documentos e relatórios, entrevistas, depoimentos pessoais, observação espontânea, observação participante, realizadas pelo (s) pesquisador (es).

O estudo de caso foi elaborado a partir de informações fornecidas pela empresa **Dal Molin Pneus Agrícolas**, com sede na cidade de Cascavel/PR, empresa privada que atua no segmento de recauchutagem de pneus agrícolas, bem como informações fornecidas pela empresa **Beta**, importadora de equipamentos empregados no processo de reciclagem de pneus, sediada na cidade de Curitiba/PR. Contribuiu com informações adicionais, a empresa **Gama**, sediada em Guarulhos/SP, que atua na fabricação e venda de usinas de reciclagem de pneus.

4 Análise dos resultados (Estudo de Caso)

4.1 Contexto de negócio

4.1.1 Campo de estudo

A empresa objeto de pesquisa é a A Dal Molin Pneus. Inaugurada no ano de 1986, na cidade de Cascavel/PR, em um terreno de 4.370mts², conta com 1.430 mt² de área construída. Hoje sua estrutura conta com inúmeras prensas vulcanizantes e dezenas de matrizes para recauchutagem, que atendem quase a totalidade da linha agrícola nacional. Atualmente, além da sede em Cascavel a empresa conta com unidades instaladas também em Rondonópolis e Campo Novo do Parecis, ambas no estado do Mato Grosso.

O processo de recauchutagem inicia-se pela recolha dos pneus nas propriedades dos produtores rurais. Esta recolha é realizada por caminhões da própria empresa. Ao chegar à fábrica os pneus são desmontados das rodas e examinados com o objetivo de avaliar as condições de uma nova recauchutagem. Identificadas as condições favoráveis para sequencia no processo, os pneus são raspados para retirada completa das “agarradeiras” até atingirem a medida exata da matriz de vulcanização. Concluído este processo, o pneu segue para receber a aplicação de cola, sendo acoplado a um cavalete motorizado que propicia seu giro enquanto a cola é aplicada por meio de uma pistola pneumática. A partir deste ponto, as carcaças com a cola aplicada seguem para o emborrachamento: seção onde é adicionada, sobre a carcaça e em toda sua superfície da banda de rodagem, uma manta de *camelback*, que se caracteriza por ser uma manta de borracha na medida específica para cada tamanho de pneu.

Na sequência, os pneus são montados em rodas específicas e colocados nas prensas vulcanizadoras com auxílio de um guincho que se move, eletronicamente, em todas as direções no interior da fábrica. O pneu é inflado com ar comprimido até atingir a pressão de 150 libras/pol.. Nesse momento ocorre a compressão da borracha crua com as matrizes em alumínio, moldes que contém os desenhos das agarradeiras, a uma temperatura de aproximadamente 167° C. Esse processo dura cerca de três horas. As próximas etapas, constituem-se no acabamento,



onde são retirados os excessos de *camelback*, resultado do processo de vulcanização, e posterior pintura: executada com tinta preta a base d'água aplicada nas laterais do pneu, resultando na uniformização da cor entre o *camelback* recentemente vulcanizado na banda de rodagem e as laterais do pneu. Por fim os pneus são montados em suas rodas originais e levados à propriedade do cliente onde foram originalmente coletados.

4.1.2 Diagnóstico situação problema

Atualmente, a associação de empresas de recauchutagem de pneus da qual a Dal Molin Pneus Agrícolas Ltda é associada é a responsável pela destinação final dos pneus inservíveis. Visando o cumprimento das exigências da legislação vigente e demais normas ambientais, essa associação realizou uma parceria com uma empresa no estado do Rio Grande do Sul que utiliza este material para a fabricação de xisto. A associação é responsável por coletar os pneus inservíveis e enviar para o Rio Grande do Sul, sem custos para as empresas associadas.

Além dos pneus inservíveis, sem condições de passar por uma nova recauchutagem, o respectivo processo gera aproximadamente 25 ton./mês de resíduos de borracha, entre pó e aparas. O pó de borracha tem procura de mercado, tendo em vista que é borracha pura, sem contaminação de metais, diferentemente do pó gerado com a trituração de pneus de carros e caminhões. Os pneus de colheitadeiras e tratores são feitos somente com borracha e nylon, sem estrutura metálica na banda de rodagem.

Já as aparas (pedaços maiores de borracha gerados no processo de recauchutagem dos pneus agrícolas) não possuem procura no mercado, e são responsáveis por aproximadamente 80% dos resíduos gerados pela empresa. Para solucionar temporariamente o problema de destinação deste resíduo, a Dal Molin Pneus realizou um acordo com o comprador de seu pó de borracha. O pagamento pelo pó de borracha é realizado com o serviço de destinação das aparas pelo comprador do pó de borracha.

Entretanto, o acordo torna-se cada vez menos atrativo para o interessado no pó de borracha, em razão do considerável aumento da produção da Dal Molin Pneus nos últimos anos, o que acarretou em um aumento do volume de aparas por mês. Diante deste contexto, a contribuição da presente pesquisa foi estudar as tecnologias disponíveis no mercado que viabilizem melhorias ou mudanças na destinação sustentável dos pneus inservíveis e resíduos gerados com o processamento de recauchutagem dos pneus agrícolas.

Com projeções de produção crescente, em um futuro breve a empresa voltará a ter problemas para a destinação deste material. Busca-se, portanto, preparar a empresa para este cenário previsível, projetando uma alternativa de destinação sustentável para os seus resíduos e pneus inservíveis.

No próximo tópico será apresentado o estudo de viabilidade para implantação de uma usina de reciclagem de pneus como alternativa para destinação dos pneus inservíveis e demais resíduos oriundos do processo de recauchutagem dos pneus agrícolas.

4.2 Investimento total

O projeto foi estruturando levando em consideração verbas originadas de financiamento e incentivos bancários, em que o investidor deve entrar com uma parcela de capital próprio que deverá ser de até 20% do investimento total do valor da usina completa e garantias bancárias.

Os valores considerados para fins de investimento são demonstrados na Tabela 6:

Tabela 6:

Investimento total usina reciclagem de pneus



Item	Vlr
Máquina completa (Modelo CP-500 kg/hora)	1.550.443,00
Estrutura física comporta usina	310.088,00
Engenharia e montagem	149.340,00
Capital giro	100.000,00
Investimento pré-operacional	5.000,00
Total investimento inicial	2.114.871,00

Fonte: Dados da pesquisa (2017)

4.3 Estimativa de produtividade e faturamentos

Para efeitos de determinação do volume de produção da usina foram considerados as seguintes variáveis elencadas na tabela 7.

Tabela 7:

Calculo da produtividade da usina

Produtividade	Vlr absolutos
Meses de operação no ano	12
Dias de operação por mês	21
Horas produção por dia de operação	16
Tempo produção mês/h	336
Tempo produção ano	4.032

Fonte: Dados da pesquisa (2017)

Após determinado o volume de horas de produção por ano de atividade, determinou-se com base na capacidade da máquina os volumes de matéria prima necessários para operar a usina, buscando otimizar e explorar seu completo potencial produtivo. Os dados obtidos seguem demonstrados na Tabela 8.

Tabela 8:

Capacidade de processamento matéria prima

Item	Volume	Escala
Capacidade produção máquina	500	Kg/h
Volume processamento diário	8.000	Kg/d
Volume processamento mês 21 dias uteis	168.000	Kg/m

Fonte: Dados da pesquisa (2017)

Com referência nas informações do fornecedor do equipamento, foi possível calcular, com base nos rendimentos e *mix* de produtos, os volumes de produção, a partir do volume de matéria prima processada por mês demonstrado acima. Na Tabela 9 estão relacionados os respectivos volumes por *mix* de produto.

Tabela 9:

Rendimentos e mix de produtos



Mix produção (Informações importador)	Rendimentos	Mix	Kg/mês
70% da matéria prima (P1-Borracha 30mm)	0,70	Pó borracha	117.600
16% da matéria prima (P2-Nylon)	0,16	Fibras têxteis	26.880
12% da matéria prima (P3-Limalha aço)	0,12	Aço fragmentado	20.160
2% da matéria prima (Quebra técnica)	0,02	Resíduo	3.360

Fonte: Dados da pesquisa (2017)

Levando em consideração os preços de venda dos produtos originados, seguem os valores prováveis de faturamento bruto mensal que poderá ser auferido pela indústria, considerando a venda total da produção originada.

Tabela 10:

Estimativa de volumes de produção e faturamento

Produto	Kg por hora	Kg por dia	Kg mês	Estimativa preço de venda por Kg	Preço de venda por Ton.	Faturamento total dia	Faturamento total mês
Pó Borracha	350	5.600	117.600	1,17	1.170,00	6.552,00	137.592,00
Nylon	80	1.280	26.880	1,33	1.330,00	1.702,40	35.750,40
Limalha aço	60	960	20.160	2,33	2.330,00	2.236,80	46.972,80
Total/mês	490	7.840	164.640			10.491,20	220.315,20

Fonte: Dados da pesquisa (2017)

4.4 Estimativa dos custos fixos operacionais

Os custos fixos operacionais referem-se aos desembolsos mensais que a empresa deverá realizar para sustentar suas atividades de produção e venda.

Tabela 11:

Despesas operacionais mensais

Despesas mensais	Valores (R\$)
Parcelas empréstimo	51.742,00
Depreciação	14.212,39
IPTU	2.000,00
Água	270,00
Energia elétrica	12.000,00
Telefone	350,00
Serviços de natureza contábil e tributária	978,00
Pró-labore	8.000,00
Manutenção dos equipamentos	2.000,00
Salários + encargos	8.500,00
Material de limpeza	300,00
Material de escritório	1.800,00
Combustível	4.540,00
Taxas diversas	1.100,00
Total	107.792,39

Fonte: Dados da pesquisa (2017)

4.5 Estimativa de resultados e cálculos (TIR, VPL e Payback)



Após determinadas as estimativas de produção, faturamentos e custos operacionais foi possível elaborar uma DRE - Demonstrativo do resultado do exercício, simplificada aferindo o fluxo de caixa anual do projeto. Conforme Tabela 12.

Tabela 12:
Demonstrativo resultado do exercício simplificada

DRE Simplificada	Vlr. R\$
(+) Receitas com vendas	2.643.782,40
(-) Custos transportes (6% s/ Vendas)	(158.626,94)
(-) Despesas operacionais	(1.293.508,70)
(-) Despesas com vendas	(57.600,00)
(+) Resultado operacional bruto	1.134.046,76

Fonte: Dados da pesquisa (2017)

Por fim, calculou-se os indicadores de viabilidade TIR, VPL e *Payback* no intuito de obter uma indicação de viabilidade do empreendimento. Foram obtidos os dados referenciados nas Tabelas 13, 14 e 15 respectivamente. Para os cálculos de VPL e *Payback* descontado foi utilizado a taxa referencial Selic (9,25%) para TMA. Os fluxos de caixa foram corrigidos anualmente pela inflação estimada de 4,5% ao ano.

Tabela 13:
Cálculos de VPL (Valos presente líquido) e TIR (Taxa interna de retorno)

Ano	0	1	2	3	4	5
Fluxo caixa final	(2.114.871)	1.134.047	1.185.079	1.238.407	1.294.136	1.352.372
Fluxo caixa acumulado	(2.114.871)	(980.824)	204.255	1.442.662	2.736.798	4.089.170
Fluxo caixa descontado	(2.114.871)	1.038.029	992.897	949.728	908.435	868.938
F. Caixa descontado acumulado	(2.114.871)	(1.076.842)	83.945	865.783	1.774.219	2.643.157
VPL	2.643.157					
TIR	49,03%					

Fonte: Dados da pesquisa (2017)

Tabela 14:
Fluxos de caixa para Cálculos de Payback

Variável/Ano	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
Investimento	(2.114.871)					
Lucro nominal (FV)		1.134.047	1.185.079	1.238.407	1.294.136	1.352.372
Valor presente (PV)		1.038.029	992.897	949.728	908.435	868.938
Saldo investimento	(2.114.871)	(1.076.842)	(83.945)	865.783	1.774.219	2.643.157

Fonte: Dados da pesquisa (2017)

Tabela 15:
Demonstrativo de Payback

Payback descontado	Vlr
Investimento inicial	2.114.871
Receita anual prevista	2.643.782
Despesa anual prevista	1.509.736



Lucro anual previsto	1.134.047
Taxa (TMA)	9,25%
Payback descontado (anos)	1,84

Fonte: Dados da pesquisa (2017)

Os valores apresentados podem ser interpretados conforme os seguintes critérios de análise: TIR maior que a TMA se aceita o projeto, neste caso a TMA referencial é de 9,25%, portanto o valor de 49,03 para o período de análise indica viabilidade ao projeto.

Quanto a VPL, o critério de análise é que este uma vez positivo deve-se aceitar o projeto, para este caso, portanto o projeto satisfaz essa condição.

Por fim o *payback*, refere-se ao período de tempo em que os resultados do projeto se equiparam ao investimento inicial. Para o estudo em pauta os resultados se mostram promissores ao apontar um período de retorno em menos de 2 anos de atividade da usina.

Cabe ressaltar que a capacidade de produção e venda da usina devem estar utilizando toda a capacidade do empreendimento.

5 Considerações finais

O presente estudo teve como objetivo fazer uma análise dos trabalhos realizados no período de 2012 a julho de 2017, sobre a temática de destinação adequada de pneus inservíveis e resíduos sólidos decorrentes da atividade de processamento de pneus para recauchutagem.

Diante deste primeiro objetivo foi possível concluir que o esforço direcionado para a busca de alternativas viáveis de destinação sustentável de pneus inservíveis se fundamenta pela crescente produção destes produtos, que impactam negativamente no meio ambiente, quando destinados incorretamente. Com efeito, foram idealizadas normativas internacionais e nacionais que exigem adequação das empresas que não possuem como mister zelar pelo meio ambiente.

Já como conclusão do presente estudo, percebeu-se que nos últimos 05 anos a temática “destinação de pneus inservíveis” foi intensificada.

Vários estudos científicos na área de engenharia e logísticas foram realizados, e em alguns foram apresentadas alternativas criativas e lucrativas para a destinação sustentável de pneus inservíveis. Dentre as técnicas que mais aplicam a reutilização dos pneus inservíveis como matéria prima, destacam-se as apresentadas na construção civil e de confecção de manta asfáltica.

Em todos os processos, a reutilização dos pneus inservíveis se dá após sua trituração e transformação em pó, que será reutilizado juntamente com outros produtos para a produção de argamassas, cimentos, asfalto, xisto, artefatos de borracha, dentre outros.

O segundo objetivo do trabalho se assenta na prerrogativa de um estudo de caso que avalia a necessidade de destinação adequada de pneus agrícolas inservíveis, bem como os resíduos “aparas” de borracha originadas no processo produtivo de recauchutagem de pneus agrícolas na cidade de Cascavel/PR. Para este propósito foi realizado um estudo de viabilidade para implantação de uma usina de reciclagem de pneus inservíveis e aparas de borracha. O estudo foi concentrado na tecnologia de trituração e separação de limalha de aço e fios de nylon denominadas fibras têxteis. A tecnologia empregada neste processo é dominada no território nacional e internacional, sendo que neste estudo foram consideradas tecnologias e maquinários importados da China.

Realizadas os cálculos, projeções e análises identificou-se que a atividade de reciclagem é viável e lucrativa, porem requer que a capacidade de processamento da usina esteja operando sempre de maneira otimizada. O estudo foi baseado nos indicadores de viabilidade TIR, VPL e



Payback e, em todos os indicadores, o empreendimento se demonstra viável para o porte de usina utilizado como referência.

Conclui-se ainda que, além de prover uma destinação adequada para os resíduos, a usina traz retornos financeiros ao investidor dentro de um curto período de tempo.

Como limitações, no estudo não se avaliou o potencial total de absorção dos produtos no mercado local, de tal forma que uma pesquisa de mercado é requerida caso o empreendimento seja levando em frente, com o objetivo de mensurar a capacidade de absorção dos produtos fabricados e/ou verificar a possibilidade de empreender mais etapas ao coprocessamento para gerar produtos de maior valor agregado.

6 Referências

- Alves, V. da S., & Vasconcelos, G. (2016). Impacto Ambiental provocado pela destinação incorreta de Pneus. *Revista Eniac*, 162–175.
- Alves, V. E. da S., Vasconcelos, G. M., Moreira, R. N., Filho, M. de J. A., & Barreto, T. da S. (2015). IMPACTO AMBIENTAL PROVOCADO PELA DESTINAÇÃO INCORRETA DE PNEUS. *ENIAC Pesquisa*, 4, 162–175.
- Bauer, J. M., Cásseres, M., Saueressig, G., & Luchese, J. (2015). DESTINAÇÃO DE PNEUS USADOS SERVÍVEIS E INSERVÍVEIS : DOIS ESTUDOS DE CASO. *Revista Eletrônica Em Gestão, Educação E Tecnologia Ambiental*, 19, 1292–1302.
- Bento, G. G., & Leite, J. L. (2014). AVALIAÇÃO DA ADIÇÃO DE RESÍDUO DE PNEUS EM ASFALTO.
- Cintra, C., Paiva, A., & Baldo, J. (2014). Argamassas de revestimento para alvenaria contendo vermiculita expandida e agregados de borracha reciclada de pneus - Propriedades relevantes (Masonry mortars containing expanded vermiculite and rubber aggregates. *Cerâmica*, 60, 69–76. <https://doi.org/10.1590/S0366-69132014000100010>
- Fernández-Ríos, L., & Buena-Casal, G. (2009). Standards for the preparation and writing of Psychology review articles. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 9(2), 329–344.
- Fioriti, C. F., Ino, A., & Akasaki, J. L. (2010). Análise experimental de blocos intertravados de concreto com adição de resíduos do processo de recauchutagem de pneus. *Acta Scientiarum - Technology*, 32(3), 237–244. <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v32i3.6013>
- Floriani, M. A., Furlanetto, V. C., & Sehnem, S. (2016a). Descarte sustentável de pneus inservíveis, 37–51.
- Floriani, M. A., Furlanetto, V. C., & Sehnem, S. (2016b). Descarte sustentável de pneus inservíveis. *Navus: Revista de Gestão E Tecnologia*, 6, 37–51.
- Freitas, S. S., & Nóbrega, C. C. (2014). Os benefícios do coprocessamento de pneus inservíveis para a indústria cimenteira. *Engenharia Sanitaria E Ambiental*, 19(3), 293–300. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522014019000000769>
- Gardin, Josy A. C., Figueiró, P. S., & Nascimento, L. F. (2010). Logística Reversa De Pneus Inservíveis: Discussões Sobre Três Alternativas De Reciclagem Para Este Passivo Ambiental. *Revista Gestão E Planejamento*, 11(2), 232–249.
- Gil, A. C. (2009). Como elaborar projetos de pesquisa. 4ª edição. São Paulo. Atlas
- Guo, S., Dai, Q., Si, R., Sun, X., & Lu, C. (2017). Evaluation of properties and performance of rubber-modified concrete for recycling of waste scrap tire. *Journal of Cleaner Production*, 148(February), 681–689. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.046>
- Indústria, C. N. da. (2014). Proposta de implementação dos instrumentos econômicos previstos na lei nº 12.305/2010 por meio de estímulos à cadeia de reciclagem e apoio aos setores produtivos obrigados à logística reversa., (141), 1–432.
- Kashani, A., Ngo, T. D., Mendis, P., Black, J. R., & Hajimohammadi, A. (2017). A sustainable



- application of recycled tyre crumbs as insulator in lightweight cellular concrete. *Journal of Cleaner Production*, 149(April), 925–935. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.154>
- Lagarinhos, C. a. F., & Tenório, J. a. S. (2012). Logística reversa dos pneus usados no Brasil. *Polímeros*, 23(ahead), 49–58. <https://doi.org/10.1590/S0104-14282012005000059>
- Malhotra, N. (2001). Pesquisa de Marketing: Uma Orientação Aplicada. 3º edição. São Paulo. Bookman.
- Meddah, A., Beddar, M., & Bali, A. (2014). Use of shredded rubber tire aggregates for roller compacted concrete pavement. *Journal of Cleaner Production*, 72(June), 187–192. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.02.052>
- Mellone, G., Santos, M. R. dos, & Shibao, F. Y. (2013). Pavimentação de rodovias com a utilização de resíduos de pneus inservíveis. *Revista Eletrônica Gestão E Serviços*, 4, 489–508. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15603/2177-7284/regs.v3n0p489-508>
- Onuaguluchi, O., & Panesar, D. K. (2014). Hardened properties of concrete mixtures containing pre-coated crumb rubber and silica fume. *Journal of Cleaner Production*, 82(January), 125–131. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.06.068>
- Ramirez, G. G. D., Casagrande, M. D. T., Folle, D., Pereira, A., & Paulon, V. A. (2015). Behavior of granular rubber waste tire reinforced soil for application in geosynthetic reinforced soil wall. *Ibracon Structures and Materials Journal*, 8(4), 567–576.
- Rodrigues, C. M., & Henkes, J. A. (2015). Reciclagem De Pneus: Atitude Ambiental Aliada À Estratégia Econômica. *Revista Gestão Sustentabilidade Ambiental*, 4(1), 448–473.
- Sadek, D. M., & El-Attar, M. M. (2015). Structural behavior of rubberized masonry walls. *Journal of Cleaner Production*, 89(July), 174–186. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.10.098>
- Savio, S., & Macena, A. (2011). O caso dos pneus perante a OMC e o Mercosul. *Universitas: Relações Internacionais*, 9, 349–370. <https://doi.org/10.5102/uri.v9i1.1361>
- Sellitto, M. A., Kadel Jr., N., Borchardt, M., Pereira, G. M., & Domingues, J. (2013). Coprocessamento de cascas de arroz e pneus inservíveis e logística reversa na fabricação de cimento. *Ambiente & Sociedade*, 16(1), 141–162. <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2013000100009>
- Su, H., Yang, J., Ling, T. C., Ghataora, G. S., & Dirar, S. (2015). Properties of concrete prepared with waste tyre rubber particles of uniform and varying sizes. *Journal of Cleaner Production*, 91, 288–296. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.022>
- Thomas, B. S., Gupta, R. C., & Panicker, V. J. (2016). Recycling of waste tire rubber as aggregate in concrete: Durability-related performance. *Journal of Cleaner Production*, 112(February), 504–513. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.046>
- Torretta, V., Rada, E. C., Ragazzi, M., Trulli, E., Istrate, I. A., & Cioca, L. I. (2015). Treatment and disposal of tyres: Two EU approaches. A review. *Waste Management*, 45(May). <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.04.018>
- Uruburu, Á., Ponce-Cueto, E., Cobo-Benita, J. R., & Ordieres-Meré, J. (2013). The new challenges of end of life tyres management systems A Spanish case study. *Waste Management*, 33(3), 679–688. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X12004187>
- Vieira, V. A. (2002). As tipologias , variações e características da pesquisa de marketing. *Revista Da FAE*, 5, 61–70.
- Zanetti, M. C., Fiore, S., Ruffino, B., Santagata, E., Dalmazzo, D., & Lanotte, M. (2015). Characterization of crumb rubber from end-of-life tyres for paving applications. *Waste Management*, 45(July). <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.05.003>