

# **Análise dos custos incorridos na reciclagem de resíduos de elastômeros: um estudo em empresa de autopeças do Grande ABC**

**Lucimara Soares** (USCS) - soares\_lucimara@yahoo.com.br

**Ana Cristina de Faria** (USCS) - anacfaria@uol.com.br

**Fábio Gonçalves** (USCS) - fabio\_goncalves90@yahoo.com.br

**Fábio Hiroshi Tomoyose** (USCS) - hiroshi\_fabio@hotmail.com

## **Resumo:**

*O objetivo de qualquer empresa é manter seu negócio obtendo o lucro, mas reciclando os resíduos, reduzirá custos e atenderá à legislação, além de preservar o meio-ambiente, que é prática indispensável. É preciso por em prática e não ficar só nos projetos ambientais. O objetivo deste artigo é identificar e analisar as vantagens econômicas que a reciclagem dos resíduos gera nas indústrias de artefatos de borracha (elastômeros). Como se constatou, por meio de estudo de caso único, é possível reciclar polímeros (borracha) e manter características físicas e químicas do material, devido ao investimento em tecnologia. A redução de custo de 10,81% no produto analisado coloca a empresa com uma boa margem para absorver qualquer oscilação de mercado, sem comprometer sua rentabilidade. Fora isso, o desenvolvimento de novos produtos feitos a partir dos materiais reciclados, como o piso supracitado, gera novas receitas para a empresa. Além das vantagens econômicas, constatou-se que, também é possível reduzir a utilização de uso dos recursos naturais e o aproveitamento dos resíduos, por meio da Logística Reversa e da reciclagem, o que contribui para o desenvolvimento sustentável.*

**Palavras-chave:** Custos. Elastômeros. Reciclagem

**Área temática:** Abordagens contemporâneas de custos

## **Análise dos custos incorridos na reciclagem de resíduos de elastômeros: um estudo em empresa de autopeças do Grande ABC**

### **Resumo**

O objetivo de qualquer empresa é manter seu negócio obtendo o lucro, mas reciclando os resíduos, reduzirá custos e atenderá à legislação, além de preservar o meio-ambiente, que é prática indispensável. É preciso por em prática e não ficar só nos projetos ambientais. O objetivo deste artigo é identificar e analisar as vantagens econômicas que a reciclagem dos resíduos gera nas indústrias de artefatos de borracha (elastômeros). Como se constatou, por meio de estudo de caso único, é possível reciclar polímeros (borracha) e manter características físicas e químicas do material, devido ao investimento em tecnologia. A redução de custo de 10,81% no produto analisado coloca a empresa com uma boa margem para absorver qualquer oscilação de mercado, sem comprometer sua rentabilidade. Fora isso, o desenvolvimento de novos produtos feitos a partir dos materiais reciclados, como o piso supracitado, gera novas receitas para a empresa. Além das vantagens econômicas, constatou-se que, também é possível reduzir a utilização de uso dos recursos naturais e o aproveitamento dos resíduos, por meio da Logística Reversa e da reciclagem, o que contribui para o desenvolvimento sustentável.

**Palavras-chave:** Custos. Elastômeros. Reciclagem.

**Área Temática:** 7. Abordagens contemporâneas de custos

### **1. Introdução**

A sustentabilidade deve ser um marco para toda a inovação. No futuro, apenas as empresas que fazem da sustentabilidade a sua principal meta irão alcançar uma vantagem competitiva. Isso significa que devem ser repensados os modelos de negócio, bem como produtos, tecnologias e processos (NIDUMOLU; PRAHALAD; RANGASWAMI, 2009).

Não é de hoje que o planeta Terra vem dando sinais catastróficos para as empresas e toda a sociedade que, medidas sustentáveis, também conhecidos como desenvolvimento sustentável têm que ser tomadas de imediato, para que os seres humanos continuem a usufruir dos recursos naturais para as suas necessidades num período de longo prazo sem que não acabe com os mesmos recursos para as próximas gerações (BORON; MURRAY, 2004).

A eliminação de perdas seja na forma de resíduos, no consumo de água e energia, ou ainda nos processos de trabalho, contribui para a melhoria da competitividade empresarial e pode até mesmo gerar novas oportunidades de negócios. Nesse contexto, a Logística Reversa torna-se fundamental e estratégica (WILLARD, 2005).

Questões sobre sustentabilidade e reciclagem de resíduos têm gerado cada vez mais discussões de como não desperdiçar e sim aproveitar os mesmos e preservando o meio ambiente no segmento na produção de polímeros (borracha). Seu descarte tem que ser feito corretamente, pois seu tratamento é diferente dos demais resíduos, devido a sua decomposição e emissões de dióxido de carbônico (CO<sub>2</sub>) que interfere no efeito estufa, entre outros como problemas respiratórios devido à poluição (ALMEIDA, 2007).

As empresas precisam desenvolver projetos para a redução do uso de insumos, reaproveitar os mesmos e transformar em novos produtos. Reciclar os seus refugos e outros

resíduos, sem agredir o meio ambiente, e os órgãos governamentais devem ser mais rígidos nas multas e fazer cumprir as leis ambientais.

No momento atual, após a Lei 12.305/10, que introduziu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a Logística Reversa ocupa espaço significativo na operação logística das empresas, seja por seu potencial econômico ou por sua importância para a preservação do meio ambiente e dos recursos, visando à imagem institucional ecologicamente correta da empresa. Felizardo e Hatakeyama (2005) destacam na Logística Reversa os aspectos da reciclagem e suas vantagens para o meio ambiente.

Todas as empresas, governos, organizações e consumidores têm que trabalhar juntos nas práticas das atitudes sustentáveis, mantendo-se economicamente viáveis no mercado. Cada um fazendo a sua parte, para que isso venha se realizar, todos têm que ter conhecimento de suas responsabilidades, pois um precisa do outro. Tudo é uma cadeia, isto é, um atrai o outro. Se as empresas continuarem a emitir poluentes na atmosfera, descartes incorretos, jogando seus dejetos nos rios, vão acabar os recursos naturais e haverá a extinção de espécies animais e vegetais.

O desperdício de refugo dentro das empresas em alguns segmentos é muito grande e impacta diretamente a todos e ao meio ambiente. As empresas devem mudar a política da empresa e, também realizar programas e treinamentos sustentáveis para os funcionários. Planejamentos de produção, investimentos em tecnologias, desenvolvimentos sustentáveis devem ser primordiais para minimizar a utilização dos recursos naturais, aproveitando os resíduos sólidos.

Enquanto todos tiverem como objetivo o lucro, dinheiro, classe social e poder, sem pensar na auto-sustentação, as chances de sobrevivência da sociedade diminuirão gradativamente e serão irreversíveis. Projetos de reciclagem, reutilização e redução dos resíduos são práticas comuns em empresas para permanecer no mercado que cada vez mais globalizado e competitivo, uma das alternativas é a da conscientização que a exploração dos recursos naturais está impactando no nosso ambiente e uma das ferramentas que pode ser implantada é a Gestão Ambiental. O planejamento, também é importante, pois os objetivos das empresas são os lucros e conquistar o mercado.

No segmento de vedações, peças e artefatos de borracha, já existem trabalhos como reciclagem de refugos, transformados em matéria prima. Com novas tecnologias, parcerias e incentivos disponíveis em nível global, fica fácil implementar melhorias em processos de produtos com ênfase no auxílio que o tratamento dado aos resíduos pode gerar redução de custos, novos negócios e benefícios financeiros.

Tratando o resíduo, a empresa diminui os gastos com o descarte e deve atender à Lei da PNRS para a destinação ambientalmente adequada, pois o descarte de elastômeros (borracha) não pode ser alocado em aterros sanitários. E qual as vantagens econômicas de uma indústria de artefatos de borracha reciclar seus resíduos? Para responder a esta questão, o objetivo é identificar e analisar as vantagens econômicas que a reciclagem dos resíduos gera nas indústrias de artefatos de borracha (elastômeros).

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

Neste tópico, será tratado sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos, bem como sobre a Logística Reversa e a Reciclagem de Resíduos.

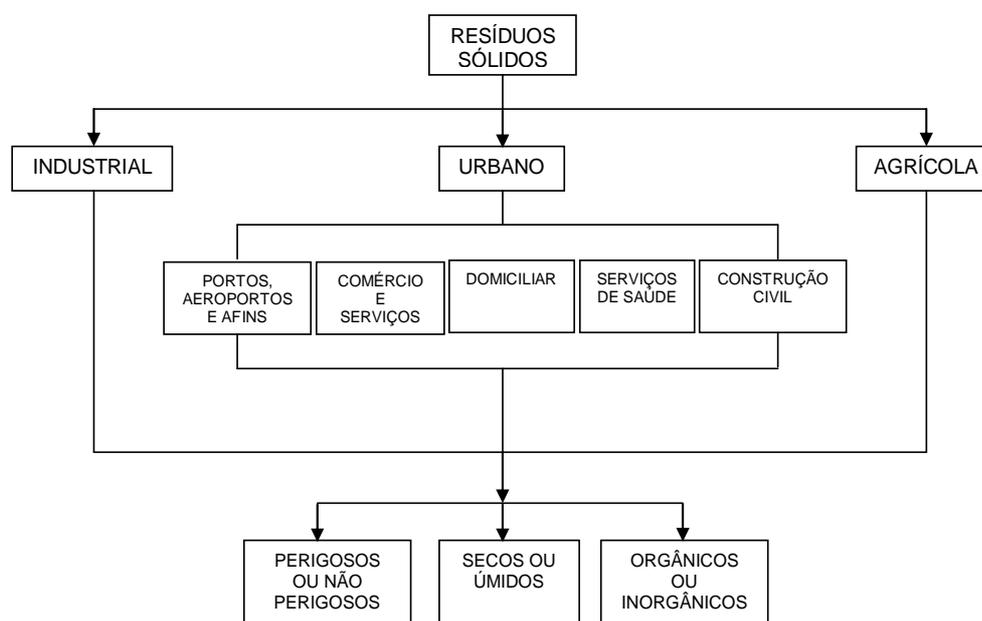
### **2.1. Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)**

Legislações rigorosas e pressões originadas de consumidores têm levado empresas a modificarem suas estratégias de operações, fixando objetivos relacionados às consequências ambientais de suas operações (GONZÁLEZ-TORRE *et al.*, 2004; BERNON; CULLEN,

2007). As empresas devem ser penalizadas se cometerem crimes ambientais, conforme a Lei 9605/98 - Lei de Crimes Ambientais (MANO; PACHECO; BONELLI, 2005).

Recentemente, foi instituída a Lei 12.305/10, conhecida nacionalmente como Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que dita regras, critérios aos geradores de resíduos, bem como prevê a responsabilidade, também aos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e todo indivíduo que realize atividades com o resíduo sólido. Reuso e reciclagens de resíduos sólidos são umas das alternativas e metas para reduzir os aterros e lixões e a Lei prevê metas e traz instrumentos para todos os níveis nacionais para elaborarem planos para os tratamentos dos mesmos.

Os resíduos sólidos, também conhecidos como lixos, são restos de materiais que foram utilizados na produção industrial ou residual. É possível fazer um diagrama que integre as informações sobre os resíduos, a partir de sua fonte de origem:



Fonte: Adaptada de Gripp (2004)

Figura 1: Diversas classificações dos resíduos sólidos, a partir de sua fonte de origem.

Resíduos de atividades industriais podem ser aproveitados como matéria-prima de baixo custo na mesma ou em outras indústrias, formando canais logísticos reversos, por meio dos quais, a indústria pode recuperar materiais que ainda possuam valor, mesmo após o uso (DOWLATSHAHI, 2000).

A coleta dos resíduos pode ser feita porta a porta ou em posto de entrega voluntária (MANO; PACHECO; BONELLI, 2005). Seu descarte, às vezes, não é feito de forma adequada e nem realizado o seu tratamento correto, prejudicando o meio ambiente e a população. Esta política incentiva que as empresas do Brasil aumentem o uso de reciclagem de resíduos e, também a coleta de resíduos reutilizáveis.

As empresas devem adotar métodos de reuso e reciclagem de seus resíduos para diminuir seus custos de descartes e adequarem-se a Lei da PNRS, principalmente se os descartes forem feitos de formas incorretas. Em seu Artigo 17, a referida Lei diz que, “compete ao gerador de resíduos sólidos a responsabilidade de compreender as etapas de acondicionamento, disponibilização para coleta, tratamento e disposição final ambientalmente adequada de rejeitos” (BRASIL, 2013).

A grande quantidade de lixos descartados de forma incorreta pode trazer vários problemas à sociedade, tais como doenças, devido a sua decomposição, contaminação do solo

e atraem insetos como ratos, baratas e moscas. Se depositado perto de rios, pode causar enchentes. Onde não há retirada de lixo feita por meio da coleta de caminhões, a situação pode ser mais crítica; pois em locais onde não há coleta, podem existir empresas, e com isso a quantidade de resíduos é muito maior.

Os problemas ocorrem se as empresas não reutilizam, nem reciclam os seus rejeitos e nem pagam pela retirada, e com isso, têm que solicitar às Prefeituras soluções para estes problemas sobre a coleta. Órgãos Governamentais, Prefeituras, ONG's e Empresas devem fazer campanhas sustentáveis e incentivar à população sobre a importância de separar os materiais que vão para o lixo. A educação ambiental, também é muito importante, pois ainda é grande a quantidade de pessoas que prejudicam o meio ambiente e não reconhece que são eles mesmos que estão fazendo isso. O Quadro 1 identifica a classificação dos lixos recolhidos:

Domiciliar	Restos de alimentos, jornais, revistas, fraldas descartáveis.
Comercial	Papéis, plásticos, embalagens diversos.
Público	Limpeza urbana e feiras livres.
Hospitalar	Resíduos sépticos, como seringas, algodões, tecidos removidos, cadáveres de animais usados em testes.
<sup>1</sup> Industrial	Cinzas, lodo, escórias, papéis, metais, vidros.
Agrícola	Embalagens de adubos, ração, restos de colheitas.
Entulho	Pedras, ladrilhos, tábuas.

<sup>1</sup> Se produzido em instalações industriais.

Fonte: Mano, Pacheco e Bonelli (2005)

Quadro 1 – Classificação dos Resíduos Sólidos

Os lixos orgânicos e inorgânicos devem ser separados, devido ao seu tratamento e destino ao ser descartado, conforme o Quadro 2:

Orgânico	Papel, jornais, revistas, plásticos, borracha, pneus, restos de alimentos.
Inorgânico	Metais, vidros, cerâmicas, areia, pedras.

Fonte: Mano, Pacheco e Bonelli (2005).

Quadro 2 - Composição química dos Resíduos Sólidos

Para que isso ocorra, é necessário que as empresas tenham conscientização ambiental. Na opinião de Robles Jr (2003), a conscientização ambiental por parte da gerência pode causar grandes mudanças nas estratégias das empresas, considerando que essas mudanças ocorrem, também em todos os que fazem parte da empresa. A Figura 2 evidencia as mudanças provocadas na empresa por meio da conscientização ambiental:



Fonte: Valle (2000 *apud* Robles Jr., 2003, p. 132).

Figura 2: Conscientização Ambiental

As empresas têm que se conscientizar de que investir, planejar em melhorias e a valorização dos seus resíduos e reciclagem, dentro das leis ambientais, auxiliam-nas a atingir seu objetivo principal, isto é, obter lucro. E, além disso, estarão colaborando com o desenvolvimento sustentável.

## 2.2. Logística Reversa e Reciclagem de Resíduos

O retorno de embalagens, programas de reciclagem de resíduos industriais, a destinação segura de materiais perigosos, a desmontagem e disposição final de equipamentos obsoletos, a recuperação de equipamentos e a conservação de energia em transporte e armazenagem de bens fazem parte de operações de Logística Reversa (KORCHI; MILLET, 2011).

O processo de Logística Reversa gera matérias reaproveitadas que retornam ao processo tradicional de suprimentos, produção e distribuição. Esse processo é, geralmente, composto por um conjunto de atividades que uma empresa realiza para coletar, separar, embalar e expedir itens usados, danificados ou obsoletos, dos pontos de consumo até os locais de reprocessamento, revenda ou de descarte (LEITE, 2003).

Por tratar de bens de pós-consumo, desde a identificação de sua origem e sua classificação sob o ponto de vista de vida útil é que a Logística Reversa justifica o tratamento diferenciado de seus respectivos canais de distribuição reversos dos bens duráveis e dos descartáveis. Para cada classe de produtos de pós-consumo há a necessidade de uma análise das diversas etapas características do retorno ao ciclo produtivo ou de negócios. O acelerado desenvolvimento tecnológico e as tendências à descartabilidade desses produtos oferecem uma visão do crescimento da Logística Reversa (DE BRITO, 2004).

A classificação dos bens de pós-consumo refere-se à duração de sua vida útil, por ser mais adequada, na medida em que a preocupação principal da Logística Reversa é o equacionamento dos processos e caminhos percorridos por esses bens ou por seus materiais constituintes após o término de sua vida útil. Esses bens ou seus materiais constituintes transformam-se em produtos denominados de pós-consumo, e podem ser enviados a destinos finais tradicionais, como a incineração ou os aterros sanitários, considerados meios seguros de estocagem e eliminação, ou retornar ao ciclo produtivo por meio dos canais de desmanche,

reciclagem ou reuso, em uma extensão de sua vida útil (RODRIGUE; SLACK; COMTOIS, 2001).

A Logística Reversa de pós-consumo, contrariamente à de pós-venda, na qual o fluxo reverso se processa por meio de parte da cadeia de distribuição direta, possui uma estrutura própria de canal formada por empresas especializadas em suas diversas etapas reversas (BLACKBURN *et al.*, 2004). Essa especialização refere-se tanto ao tipo de atividade desempenhada quanto à natureza do material ou produto de pós-consumo trabalhado.

Existem atividades na Logística Reversa que são desenvolvidas pelas empresas como: a coleta, separação, embalagem e expedição de itens usados, danificados ou obsoletos dos pontos de venda (ou consumo) até os locais de reprocessamento, reciclagem, revenda ou descarte. Com o surgimento da Logística Reversa, houve, também aumento de sucateiros e catadores, pois é um meio de obter algum recurso para a própria sobrevivência, mesmo sendo com um valor bem inferior.

Se a empresa não descarta dos resíduos industriais, estes podem ser reciclados e transformados em novos produtos ou em matéria prima, podendo ser vendidos no mercado secundário, isto é, volta ao ciclo produtivo. O pós-venda retorna ao ciclo de negócios, por meio de redistribuição. E o pós-consumo, pode ter tratado como materiais que podem reutilizados (trabalhando com o mercado de segunda mão) e reciclagem (devido à vida útil dos produtos), podendo ser remanufaturados e, também trabalhando com o mercado secundário. Este artigo foca no pós-consumo.

A Logística Reversa acaba trazendo uma boa imagem e diminuição dos custos para a empresa. Não esquecendo que, também há custos para estruturar a mesma. No que tange à questão da Reciclagem dos Resíduos, o incentivo para o aproveitamento de fontes renováveis, iniciou em 1973, devido à crise da energia mundial e mostrou a importância da reciclagem de resíduos de processamento e sucatas (MANO; PACHECO; BONELLI, 2005).

As empresas devem planejar e gerenciar melhor seus resíduos, transformando em reciclagem, de tal forma que conseguem utilizar menos recurso natural e obter benefícios econômicos. As empresas devem investir em tecnologia em prol da sustentabilidade para alcançar o sucesso ou até mesmo permanecer no mercado.

Todo processo de produção está associado ao meio ambiente que engloba os insumos e matérias primas novos ou de reuso e reciclados. As empresas têm que ter esta conscientização, pois colocando em prática esta atividade, as empresas conseguem desenvolver novos produtos, reduzindo o uso dos recursos naturais e aumentando o uso de seus reciclados.

As responsabilidades da reciclagem e do armazenamento dos resíduos sólidos são das próprias empresas. As mesmas procuram incentivos para a reciclagem, devido ao custo elevado do tratamento e aterramento. Infelizmente, ainda existem empresas que descartam seus resíduos clandestinamente em locais impróprios, devido seu espaço de armazenagem e colaboram no desastre ambiental.

As empresas podem criar alternativas de como comprar ou até mesmo vender os seus resíduos e reduzindo os custos, por meio da divulgação e sem despesas das mesmas; por isso, são importantes os incentivos e parcerias. O Quadro 3 é um dos incentivos que a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP), por exemplo, incentiva às empresas, por meio de uma Bolsa Resíduos:

Código do Produto	Nome	Quantidade	Preço	Condição de Pagamento	Data do Cadastro
1146	Rebarbas de Borracha poliacrílica semivulcanizada	600 Kg / mês	US 0,5 / Kg	A negociar	8/9/2011

Fonte: FIESP (2013)

Quadro 3: Modelo de negociação de resíduos.

Por meio dessa Bolsa, as empresas podem anunciar seus resíduos para vender e, também podem comprar produtos com preços inferiores e a quantidade desejada. Em vez de descartar seus resíduos de forma incorreta e, até mesmo, pagar para retirá-los, é uma forma de diminuir o impacto ambiental e reduzir os custos. Na sequência, serão descritos os aspectos metodológicos deste trabalho.

### **3. METODOLOGIA DE PESQUISA**

Para o desenvolvimento desse artigo, foi, inicialmente, desenvolvida Pesquisa Bibliográfica, em que foram utilizados livros, legislação e artigos científicos. Este trabalho teve como base uma pesquisa exploratória que, segundo Gil (2010), visa a proporcionar familiaridade com a questão, de forma a deixá-la mais clara ou constituir hipóteses. Ainda segundo o autor, o principal objetivo da pesquisa exploratória é aperfeiçoar idéias ou constatar intuições. Sua organização é bastante flexível, com vista que torne possível considerar os mais diversos aspectos referentes ao objeto em estudo. De acordo com Richardson (2007), trata-se de um estudo de natureza descritiva, já que pretende, por meio do Estudo de Caso, é identificar e analisar as vantagens econômicas que a reciclagem dos resíduos gera nas indústrias de artefatos de borracha (elastômeros).

A pesquisa, também é caracterizada pelo levantamento e estudo de caso, que são definidos como interrogação direta de pessoas, aprofundamento de questões propostas e análise ampla do objetivo proposto, respectivamente (GIL, 2010). Foi utilizada a pesquisa qualitativa para validar o estudo de caso realizado. A pesquisa qualitativa consiste de um estudo empírico que visa a investigar uma situação atual dentro do contexto de realidade, utilizando diversas fontes de evidência (YIN, 2004).

Trata-se de uma pesquisa qualitativa e exploratória, em que foi desenvolvido estudo de caso único, com a finalidade de buscar conhecimentos sobre a prática da reciclagem de resíduos sólidos de elastômeros. Para Yin (2004), há vários fundamentos para justificar a escolha de Estudo de Caso Único. Dentre eles, quando é um caso revelador, em que o pesquisador tem a oportunidade de estudar e analisar um fenômeno pouco acessível à investigação científica. No caso desta pesquisa, por mais que o assunto Custos com Reciclagem não tenha muitas referências recentes, já há muitas empresas precisando apurar esses custos, sendo, portanto, um fenômeno ainda pouco acessível à investigação científica.

Como limitação, pode-se considerar que o Estudo de Caso único desenvolvido neste trabalho, apesar da profundidade, tal como comenta Yin (2004), pode impossibilitar a generalização dos resultados, pois não reflete o que ocorre em todos os processos logísticos reversos, mas pode cooperar para sistematizar conhecimentos sobre os custos das atividades executadas por determinada instituição.

No próximo tópico, será descrito um caso de uma indústria de elastômeros que passou a reciclar seus resíduos para reutilização no processo produtivo. No desenvolvimento do estudo de caso, que ocorreu nos meses de agosto a novembro de 2013, foi feita observação direta e participante, por meio de visita técnica para verificar quais os processos existentes na o processo de fabricação da matéria-prima para os itens de vedação da linha automotiva, na reciclagem e o aproveitamento dos resíduos reciclados.

Foram fornecidos documentos e planilhas com todas as informações operacionais e de custos necessárias para obter o conhecimento sobre os processos. Realizaram-se entrevistas com 2 gerentes, sendo um responsável pela manufatura e o outro pela área técnica de desenvolvimento de materiais, bem como com os funcionários das áreas produtivas para entender os processos.

#### 4. ESTUDO DE CASO – EMPRESA DE AUTOPEÇAS

Borchardt *et al.* (2008) estudaram reaproveitamentos na indústria automotiva, bem como Motta (2008) e Lagarinhos e Tenório (2009) estudaram os retornos da indústria de pneus. A empresa pesquisada, que não autorizou a divulgação de seu nome, foi fundada em 1979 com a visão de ser um dos principais fornecedores de vedações para o mercado automotivo, e situada no Grande ABC (SP), em que está a maioria das montadoras de automóveis da linha leve e pesada. A empresa tem um faturamento mensal entre R\$ 2,3 a 2,6 milhões e não trabalha com estoque de peças, já que o que se fabrica se vende.

Cada produto produzido tem suas características, formas e objetivos, e contemplam uma fórmula específica para atender a uma necessidade de aplicação e desempenho. Os itens de elastômeros fabricados são de vários tipos: NBR – Borracha Nítrica; HNBR – Borracha Nítrica Hidrogenada; ACM – Borracha Poliacrílica; MVQ – Silicone; FKM – Flúorelastômero; EPDM e Borracha Natural.

Um dos principais setores desta empresa é a Engenharia, pois a equipe está qualificada para os planejamentos e desenvolvimentos de projetos de produtos e processos, com qualidade e requisitos dentro dos padrões exigidos dos seus clientes. Seus principais clientes são: GM; Fiat; Renault; Volkswagen; CNH; Mercedes-Benz; Nissan; Yanmar; Daimler; TRW; Mahle; Dana; AGCO; Ford; MWM; Siemens; Valtra e ABB.

A empresa processa cerca de 4.000 kg de massa de borracha para a fabricação de variedades de peças e elementos de vedação para a linha automotiva; dos quais, aproximadamente, 1.700 / kg de massa (42,5%) tornam-se resíduos (rebarbas) de processo das mais diversas cores e tipos de elastômeros. Isto representa 42,50% da massa processada. Devido a este percentual alto de resíduos, a mesma decidiu por reciclar este material para seu próprio benefício.

Visto que este processo gera o resíduo e, conseqüentemente, incorre em custo para o descarte, torna-se eminente a necessidade do reaproveitamento do mesmo. A empresa não estava fazendo corretamente os procedimentos dos descartes, e para adequar-se às normas da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), mudou a sua política e começou a investir em pesquisas tecnológicas, contratação e treinamento de funcionários. Técnicas implantadas para atenderem às Normas ISO 9001, 14000, 14040 e 14044 junto aos Órgãos Certificadores.

Conforme Crosby (1979 *apud* Robles Jr., 2003, p. 22), “qualidade está em conformidade com os requisitos”. Essa preocupação está voltada para o desenvolvimento de melhoria contínua (*kaizen*) com foco na redução de custo e qualidade nos seus produtos. Criou-se um canal aberto para todos os seus colaboradores para darem sugestões de como aproveitar todos os seus resíduos. A reciclagem de resíduos de elastômeros pode ser utilizada para a geração de energia ou matéria-prima. Para se reaproveitar os resíduos de elastômeros, são utilizados novos insumos no seu processamento.

Tabela 1: Matéria Prima – Sem Reciclado

Componente	Quantidade	Produto
19124020	15000	Borracha DHO 201 NC
19805001	900	Oxido de Magnésio Oximag-a
19210007	60	Polymist XPP 535
19206002	75	Óleo Plastificante WS 280
19308000	2250	Wollastocoat 10 ES
19004003	15	Corante Verde Color Tap GG
19210008	30	Crodamite ER
19908000	360	Hidroxido de Cálcio
Quantidade total dos produtos = 18.690 / Kg.		Fonte: Empresa de Autopeças.

A Tabela 1 demonstra os componentes e suas quantidades para gerar o custo da matéria prima sem reciclado que é R\$ 52,51 / Kg. Se fabrica 18.690 / Kg por vez, devido à capacidade da máquina. O lote mensal produzido é de 12.390 peças. Na Tabela 2 pode ser observado o consumo de matéria prima por milheiro de peça:

Tabela 2: Consumo de Matéria Prima

Componente	Quantidade	Divisor Padrão	Unidade	Descrição
16321095 A	9,051	1.000	Kg	Bofe 125 - Flúor Elastômero

Fonte: Empresa de Autopeças

São necessários 9,051/kg para fabricar 1.000 peças e o componente (16321095 A: Bofe 125), possui densidade de 1,91G/CM<sup>3</sup>. A Tabela 3 mostra as operações e o tempo de processo para a fabricação do item Junta tubo dreno de óleo turbina – motor GM:

Tabela 3: Roteiro de Fabricação do Produto

Trabalho	Preparo	Atividades
0,3692	0,00	Destacar borracha para alimentar a injetora.
1,2154	2,50	Vulcanizar, usar programa de injeção.
3,0380	0,00	Remover as rebarbas manualmente.
0,8889	0,10	Separar e lavar as peças em água.
0,1666	0,00	Acondicionar peças para colocar na estufa.
0,5000	0,75	Pós curar.
2,2222	0,00	Inspeção visual 100%.
0,1670	0,00	Inspeção final.
0,2500	0,00	Embalar.

Peça: Junta tubo dreno.

Fonte: Empresa de Autopeças.

O tempo de trabalho e preparo é para 1.000 peças, a empresa usa este divisor de milhar em toda a sua estrutura de custo, preço e ordens de fabricação. Nota-se que as atividades seguem uma sequencia lógica do processo. A Tabela 4, a seguir, evidencia os custos totais (por milheiro – 1.000 peças) do produto normal, isto é, matéria prima sem o resíduo reciclado:

Tabela 4: Custos do Produto Normal

Custos Analisados	Preço Milheiro	Percentual
Matéria Prima	475,26	62,96%
Mão de Obra	91,12	12,07%
Máquina	9,94	1,32%
Custos Indiretos	178,49	23,65%
Total Milheiro	754,81	100,00%
Preço por Unidade	0,75	

Fonte: Empresa de Autopeças

Pode-se observar que a matéria-prima representa 62,96% do custo do produto. Por características e especificações deste produto, a empresa não utiliza todo o material reciclado

como matéria-prima, somente parte dele será aplicada, isto é, 20% à nova massa, gerando uma redução de custo do material. Na sequência, a evidenciação dos cálculos:

$$9,051 \text{ Kg} * 42,54\% = 3,85 \text{ Kg (rebarba para reciclar)}$$

$$*3 \text{ Kg} / 7,95 \text{ Kg} = 37,74\%$$

$$3,85 \text{ kg} * 37,74\% = 1,453 \text{ kg (rebarba reciclada usada no mesmo produto)}$$

\* 3 Kg é o componente 19106019 – Reciclado do Bofe 125 (Tabela 6).

Da quantidade de 9,051 kg / 1.000 peças, somente 5,201 kg (57,46%) são produtos e 3,85 kg (42,54%) são rebarbas, que serão recicladas. O custo com a rebarba (*scrap*) é de R\$ 202,18 (52,51/kg \* 3,85 kg). Dos 3,85 kg de resíduos, apenas 37,74%, ou seja, 1,453 kg retornam ao produto, e este item não absorve mais resíduo sem comprometer suas especificações. Na Figura 3 pode-se observar o produto e as rebarbas que serão recicladas, que terá o código 19106019:



Fonte: Empresa de Autopeças

Figura 3 – Produtos e rebarbas do Bofe 125

O restante das rebarbas que não são utilizadas pode ser utilizado em outras linhas de produto, como é o caso do piso que será citado posteriormente. O processo de reciclagem dos resíduos é similar ao de qualquer produto na linha de fabricação. Envolve matéria prima, equipamentos, mão-de-obra e custos indiretos dentro do contexto da empresa. A Tabela 5 evidencia a composição do custo para processar as rebarbas a reciclar e gerar um componente para a nova matéria-prima:

Tabela 5: Custo das Rebarbas Recicladas

Custos Analisados	Custo (R\$)	Percentual
Matéria Prima	0,31	12%
Mão de Obra	1,08	43%
Máquina	0,04	2%
Custos Indiretos	1,10	43%
<b>Total do Custo / Kg</b>	<b>2,53</b>	<b>100%</b>

Fonte: Empresa de Autopeças

O custo da rebarba R\$ 0,01 / Kg é usado pela empresa para o processamento no sistema e, somando mais R\$ 0,30 / Kg do pepetizante que é o agente químico que degrada a

rebarba durante a fabricação do reciclado; portanto, o custo da matéria prima é de R\$ 0,31. O custo da reciclagem total fornecido pela empresa é de R\$ 2,53 / kg, que envolve o processamento do resíduo, estando incluso os custos da matéria-prima, mão-de-obra, depreciação e outros custos indiretos. A Tabela 6 demonstra a composição de itens e quantidades para gerar o custo da matéria-prima com reciclado:

Tabela 6: Matéria-Prima com Reciclagem – 18,690/Kg

Componente	Quantidade	Produto
19124020	12000	Borracha DHO 201 NC
19805001	900	Oxido de Magnésio Oximag-a
19210007	60	Polymist XPP 535
19206002	75	Óleo Plastificante WS 280
19308000	2250	Wollastocoat 10 ES
19004003	15	Corante Verde Color Tap GG
19210008	30	Crodamite ER
19908000	360	Hidroxido de Cálcio
<b>19106019</b>	<sup>2</sup> 3000	Reciclado do Bofe 125

<sup>2</sup> Percentual de 20% do reciclado do Bofe 125 sobre o componente 19124020.

Fonte: Empresa de Autopeças

A empresa pesquisada forneceu o custo de R\$ 43,49/Kg. Nota-se que o custo inicial da matéria prima é R\$ 52,51/Kg e do material reciclado é de R\$ 43,49/Kg. Há, então, uma redução de custo de R\$ 9,02/Kg (17,18%). Aplicando este componente 19106019 que é o reciclado (BOFE 125) na matéria-prima original, na proporção de 20% sobre o polímero base (componente 19124020), constatou-se a seguinte redução de custo para o produto acabado:

Tabela 7: Custos do Produto com reciclado

Custos Analisados	Preço Milheiro	Percentual
Matéria Prima	393,63	58,47%
Mão de Obra	91,12	13,54%
Máquina	9,94	1,48%
Custos Indiretos	178,49	26,51%
Total Milheiro	673,18	100,00%
Preço por Unidade	0,67	

Fonte: Empresa de Autopeças.

Na composição do custo apresentada na Tabela 4, em que se utilizando a matéria-prima sem o reciclado, tem-se o custo por milheiro de R\$ 754,81, e na Tabela 7, utilizando-se o material reciclado, o custo por milheiro é de R\$ 673,18, o que denota que ocorre uma redução de 10,8146% no referido custo, como se pode verificar na Tabela 8, a seguir:

Tabela 8: Cálculo do Custo Final

Produto	Total do Milheiro	Custo Final em R\$
Sem reciclagem	754,81	9.352,10
Com reciclagem	673,18	8.340,70
	81,63	1.011,40
	10,8146%	10,8146%

Fonte: Empresa de Autopeças.

A Tabela 8 evidencia a redução de R\$ 81,63 (10,8146%), referente às peças feito com reciclagem e sem reciclagem “por milheiro“. Realizando uma redução final de R\$ 1.011,40, devido à venda mensal de 12.390 peças, o que equivale a uma redução de 10,8146%. Nota-se que essa redução no custo, coloca a empresa com uma boa margem para absorver qualquer oscilação de mercado, sem comprometer sua rentabilidade. O excedente da rebarba reciclada que se transforma em matéria-prima é processado e aproveitado para a fabricação de um novo produto (piso):

1ª etapa: O processo é a moagem das rebarbas de borracha, feito em moinhos de faca que é um trabalho mais básico ou moinhos com sistema criogênico para gerar uma granulometria mais fina, ou seja, pó;

2ª etapa: É promover a mistura com resina aglomerante para transformar a massa, este processo é rápido e feito na linha de produção, pois uma vez adicionado à resina, a massa passa a se solidificar; e

Etapa final: Dar forma, usar esta massa em moldes, placas e pisos, tal como o que pode ser visto na Figura 4:



Fonte: Empresa de Autopeças

Figura 4 – Novo produto – piso

Esses pisos são utilizados em escolas infantis, parques municipais, *playground* e áreas esportivas como nos tatames. O consumo deste resíduo é tão grande em nível nacional, que já existem empresas especializadas na moagem de pneus. O que antes era facilmente encontrado nos aterros municipais, agora é coletado.

O mercado vende a raspa ou moído de pneu por cerca de R\$ 0,50/Kg. Para que se misture a rebarba excedente e transforme-a em piso, esta massa terá um custo bem inferior ao da Junta tubo dreno de óleo turbina citado anteriormente que é de R\$ 43,49/Kg, sendo este valor fornecido diretamente pela empresa. A Tabela 9, a seguir, apresenta o custo do novo produto, gerado pela empresa pesquisada, a partir do material reciclado:

Tabela 9: Custo do novo produto com o reciclado

Custos Analisados	Preço	Percentual
Matéria Prima	12,75	92%
Mão de Obra	0,38	3%
Máquina	0,26	2%
Custos Indiretos	0,41	3%
<b>Total do Custo</b>	<b>13,80</b>	<b>100%</b>

Fonte: Empresa de Autopeças.

A Tabela 9 mostra a nova matéria prima com o reciclado tem o custo de R\$ 13,80. Lembrando que a composição da matéria prima contém: raspas de pneu que custa R\$ 0,50/Kg e a resina poliuretano R\$ 12,25/Kg, totalizando o custo do mesmo de R\$ 12,75/Kg. Este novo produto (piso) agregou um aumento de 1,5 % no faturamento, devido à empresa estar neste ramo a pouco tempo.

Por meio deste estudo de caso na empresa de autopeças, pode concluir-se que é possível reciclar os resíduos de elastômeros, diminuir o custo dos produtos finais a partir da utilização de materiais reciclados e, também desenvolver novos produtos com os materiais reciclados, o que pode gerar, além de reduções de custos, novas receitas para a empresa.

## 5. CONCLUSÕES

A consequência principal para a sociedade da poluição gerada por excesso de resíduos pós-consumo que não retornam ao ciclo produtivo é o custo de destinação final desses desperdícios. Pode acontecer para as empresas, também o custo da repercussão negativa em sua imagem corporativa. Aprofundando a análise, os custos ultrapassam essas duas dimensões, tanto para sociedade quanto para as empresas, constituindo os denominados “custos ecológicos”, provocados pelo impacto dos resíduos no meio ambiente. O valor ecológico ao bem de pós-consumo pode ser agregado por meio do equacionamento de sua Logística Reversa, de maneira que seja recapturado o valor desses custos.

Os clientes globais estão, cada vez mais, exigindo políticas ambientais, como certificações em normas que tratam o meio-ambiente e a destinação dos resíduos, ou seja, a preservação sustentável. Atualmente, observa-se que os trabalhos de reciclagens, não são só de rebarbas, mas de todos os materiais que possam ser reutilizados e reciclados. É uma forma inteligente e lucrativa de ter compromisso com os clientes, meio ambiente e com a sociedade.

Como se viu no estudo de caso em uma empresa de vedações de borracha para o segmento automotivo, e que implantou a Logística Reversa e o reaproveitamento do material e a produção de um novo piso de borracha com as rebarbas, é possível reciclar polímeros (borracha) e manter características físicas e químicas do material, devido ao investimento em tecnologia. O objetivo de qualquer empresa é manter seu negócio obtendo o lucro, mas reciclando os resíduos, reduzirá custos e atenderá à legislação, além de preservar o meio-ambiente, que é prática indispensável. É preciso por em prática e não ficar só nos projetos ambientais.

Esta pesquisa teve seu objetivo atingido, já que foram identificadas e analisadas as vantagens econômicas que a reciclagem dos resíduos proporcionou a uma indústria de artefatos de borracha (elastômeros). Com a reciclagem houve uma redução dos custos com descartes da rebarba de 10,81% no produto analisado, o que gera para a empresa uma boa margem para absorver qualquer oscilação de mercado, sem comprometer sua rentabilidade. Fora isso, o desenvolvimento de novos produtos feitos a partir dos materiais reciclados, como o piso supracitado, para atender novos clientes, tais como: escolas infantis, parques e áreas

esportivas, gera novas receitas para a empresa. Além das vantagens econômicas, constatou-se que, também é possível reduzir a utilização de uso dos recursos naturais e o aproveitamento dos resíduos, por meio da Logística Reversa e da reciclagem, o que contribui para o desenvolvimento sustentável, de maneira semelhante às pesquisas de Janse, Schuur e Brito (2009) e Lau e Wang (2009).

Em função das incertezas envolvidas e da capilaridade de pontos de geração, apenas parte dos resíduos sólidos residenciais ou industriais retorna ao ciclo produtivo (BEULLENS, 2004). Constatou-se neste estudo que, investir em reciclagem é um investimento que permite a empresa a continuar no mercado, mesmo com um aumento de 1,5% no faturamento. Além de que a empresa passou a respeitar o meio-ambiente e trabalhar corretamente obedecendo a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS.

Espera-se que futuros trabalhos tratem sobre a reciclagem de resíduos em outros segmentos, destacando novos produtos que podem ser desenvolvidos a partir de materiais reciclados, destacando vantagens competitivas sustentáveis. Considera-se que este artigo poderá contribuir para conscientizar as empresas de que, tratando os seus resíduos, podem trazer vários benefícios ao meio ambiente e ao próprio negócio.

O trabalho contribui, também para mostrar que é possível para as empresas que querem se destacar no mercado e sobreviver no mundo globalizado e competitivo, podem desenvolver alternativas para diminuir seus custos, reciclar seus resíduos, respeitar e seguir as leis ambientais, no que diz respeito ao desenvolvimento sustentável, bem como aumentar suas receitas.

## REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14040:2009**. Disponível em: <<http://social.stoa.usp.br/adequacao-ambiental-de-empresas/arquivos/abnt-nbr-iso-14040-parte-2.pdf>>. Acesso em: 04 out. 2013.

ALMEIDA, F. **Os Desafios da Sustentabilidade**. Uma Ruptura Urgente. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CICLO DE VIDA. **O Conceito de Ciclo de Vida e Definição de ACV**. Disponível em: <<http://www.abcvbrasil.org.br/index.php/o-que-e-acv>>. Acesso em: 04 out. 2013.

BERNON, M.; CULLEN, J. An integrated approach to managing reverse logistics. **International Journal of Logistics: Research and Applications**, v.10, n.1, p.41-56, 2007.

BEULLENS, P. Reverse logistics in effective recovery of products from waste materials. **Environmental Science & Bio/Technology**, v.3, n.2, p.283–306, 2004.

BLACKBURN, J. D. et al. Reverse supply chains for commercial returns. **California Management Review**, Davis, v. 46, n. 2, p. 421-430, 2004.

BORCHARDT, M.; POLTOSI, L.; SELLITTO, M.; PEREIRA, G. Considerações sobre ecodesign: um estudo de caso na indústria eletrônica automotiva. **Ambiente & Sociedade**, v.11, n.2, p.341-353, 2008.

BRASIL. **LEI Nº 12.305/10**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 24 set. 2013.

DE BRITO, M. P. **Managing Reverse Logistics or Reversing Logistics Management?** Rotterdam: Erasmus University Rotterdam, 2004.

DOWLATSHAHI, S. Developing a theory of reverse logistics. **Interfaces**, v.30, n.3, p.143-155, 2000.

FELIZARDO, J. M.; HATAKEYAMA, K. A logística reversa nas operações industriais no setor de material plástico: um estudo de caso na cidade de Curitiba. **Anais...** In: XXIX EnANPAD, Brasília, 2005.

FIESP – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - **Bolsa de Resíduos – Negócios e Meio Ambiente**. Disponível em: <<http://apps.fiesp.com.br/bolsaresiduos/residuos.asp?tipo=D>>. Acesso em: 23 set. 2013.

GONZÁLEZ-TORRE, P.; ADENSO-DÍAZ, B.; ARTIBA, H. Environmental and reverse logistics policies in European bottling and packing firms. **International Journal of Production Economics**, v.88, n.1, p.95-104, 2004.

GRIPP, W. G. **Gerenciamento de resíduos sólidos municipais e os sistemas complexos: a busca da sustentabilidade e a proposta de cobrança da coleta em Santo André-SP**. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2004.

JANSE, B.; SCHUUR, P.; BRITO, M. A reverse logistics diagnostic tool: the case of the consumer electronics industry. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v.14, n.5-8, p.495-513, 2009.

KORCHI, A.; MILLET, D. Designing a sustainable reverse logistics channel: The 18 generic structures framework. **Journal of Cleaner Production**, v.19, n.6-7, p.588-597, 2011.

LAGARINHOS, C.; TENÓRIO, J. Reciclagem de pneus: discussão do impacto da política brasileira, **Engvista**, v.11, n.1, p.32-49, 2009.

LAU, K.; WANG, Y. Reverse logistics in the electronic industry of China: a case study; **Supply Chain Management: An International Journal**, v.14, n.6, p.447-465, 2009.

LEITE, P. R. **Logística Reversa**. Meio Ambiente e Competitividade. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003.

MANO, E. B; PACHECO, E. B. A. V.; BONELLI, C. M. C. **Meio Ambiente, Poluição e Reciclagem**. São Paulo: Edgar Blucher, 2005.

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.

NIDUMOLU, R.; PRAHALAD, C.K; RANGASWAMI,M.R. **Why Sustainability Is Now the Key Driver of Innovation**. Harvard Business Review, 2009.

ROBLES JR., A. **Custo da Qualidade**. Aspectos Econômicos da Gestão da Qualidade e da Gestão Ambiental. 2a. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

RODRIGUE, J.P.; SLACK, B.; COMTOIS, C. - Green logistics. In BREWER, Ann M.; BUTTON, K. J.; HENSHER, D. A. (eds.) - **Handbook of logistics and supply-chain management**. Oxford: Elsevier Science, 2001.

SANTOS, C. A. F.; OLIVEIRA, T. S.; LOUREIRO, M. G. **A Logística Reversa e suas Implicações na Sustentabilidade: Um Estudo de Caso de Uma Organização Intermediária da Cadeia Reversa do Ramo de Sucatas**. 2012. Disponível em: <<http://ecoinovar.com.br/cd/artigos/ECO082.pdf>> Acesso em: 10 nov. 2013.

WILLARD, B. **The next sustainability wave**. Gabriola Island: New Society, 2005.