



Encontro Internacional sobre Gestão
Empresarial e Meio Ambiente

ISSN: 2359-1048
Dezembro 2016

A NANOTECNOLOGIA E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA A RASTREABILIDADE DE PEÇAS REMANUFATURADAS DE VEÍCULOS

DAVID TIMOTEO CARRILHO LEITE

dvcarrilho@gmail.com

FÁBIO YTOSHI SHIBAO

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO - UNINOVE

fabio.shibao@gmail.com

A NANOTECNOLOGIA E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA A RASTREABILIDADE DE PEÇAS REMANUFATURADAS DE VEÍCULOS

Resumo

As empresas inovam em seus processos, produtos e negócios por meio da tecnologia, alterando o modo de relacionamento entre as organizações, funcionários e clientes.

No mercado automotivo, as empresas também buscam inovações por meio da tecnologia para o desenvolvimento de sistemas de produção que consomem menos recursos, de processos para o tratamento de resíduos e também para a destinação correta ao final da vida útil do veículo (*End of Life Vehicles* - ELV). O objetivo deste artigo foi avaliar o processo de rastreabilidade de peças remanufaturadas em uma empresa, a Renova Ecopeças, do setor de desmonte e venda de peças de veículos automotores. A Renova desenvolveu um processo de marcação para identificação das autopeças, que consiste na aplicação de *microdots*, com as informações exigidas pelos órgãos regulamentadores. A empresa foi a primeira a desenvolver esse processo por meio de nanotecnologia no seu setor. O que motivou a Renova a desenvolver essa marcação foi a preservação da marca diante dos problemas que ocorrem no comércio e venda de peças. As informações dos *microdots* foram inseridas nos documentos fiscais dos produtos impossibilitando a movimentação de peças de origem duvidosa com os documentos de venda da Renova.

Palavras-chaves: *End of Life Vehicles* (ELV); *Microdots*; Nanotecnologia; Remanufatura; Rastreabilidade.

THE NANOTECHNOLOGY AND ITS CONTRIBUTION TO TRACEABILITY VEHICLE PARTS REMANUFACTURED

Companies innovate in its processes, products and business through technology, changing the mode of relationship between organizations, employees and customers. In the automotive market, companies also seek innovation through technology to develop new products, processes that consume fewer resources and waste treatment from the manufacture of cars and for the disposal at the End of Life vehicles (ELV). The aim of this paper was to evaluate the remanufactured parts traceability process in the Renova Ecopeças Company, the dismantling of industry and sales of parts of automotive vehicles. Renova has developed a marking process for identification of car parts, which is the application of microdots with the information required by regulatory agencies. The company was the first to develop such process through nanotechnology in its market sector. What motivated Renova to develop this marking was the preservation of the brand on the problems that occur in trade miscarriages and selling parts. The information of microdots were inserted in the tax documents of the sale preventing the movement of dubious origin parts with the Renova sales documents.

Key words: *End of Life Vehicles* (ELV); *Microdots*; Nanotechnology; Remanufacturing; Traceability.

1 Introdução

Para habilitar novas formas de desenvolvimento sustentável no ambiente empresarial, as empresas inovam em seus processos, produtos e negócios por meio da tecnologia, alterando o modo de relacionamento entre organizações, funcionários e clientes em um ambiente dinâmico que necessita de maior flexibilidade, agilidade e também de menores custos e pegada ambiental.

No mercado automotivo essa realidade não é diferente, as empresas buscam inovações por meio da tecnologia para o desenvolvimento de novos produtos, processos que consomem menos recursos e tratamento dos resíduos provenientes tanto da fabricação dos automóveis quanto para a destinação correta dos veículos ao final da vida útil (*End of Life Vehicles - ELV*).

Na literatura encontram-se estudos recentes sobre tratamentos de ELV em países desenvolvidos como Coréia do Sul e Japão e em países em desenvolvimento como Argentina, México, Colômbia, Brasil e China.

No entanto, os processos de tratamento desses veículos nos países em desenvolvimento como o Brasil ainda não são satisfatórios, causando problemas a sociedade diante da impossibilidade de diferenciar peças remanufaturadas de boa procedência das provenientes dos desmanches ilegais, em função de problemas de rastreabilidade, além dos problemas gerados ao meio ambiente, pois os resíduos não são destinados corretamente.

Diante do contexto apresentado, surge a questão de pesquisa:

Como uma empresa com um processo de tratamento de ELV sustentável melhorou o rastreamento de peças remanufaturadas, por meio da aplicação da nanotecnologia?

Após essa breve introdução, na seção dois apresenta-se a fundamentação teórica, na seção três o método de pesquisa empregado, na seção quatro a empresa pesquisada e os resultados e na seção cinco as considerações finais.

2 Fundamentação teórica

Nesta seção serão articulados os temas referentes a inovação tecnológica, em seguida descreve-se o processo *End of life vehicles* (ELV) e posteriormente a nanotecnologia.

2.1 Inovação tecnológica

Atualmente a tecnologia está proporcionando para os negócios em geral um ambiente disruptivo e inovador, na qual os setores empresariais são puxados para o centro de um vortex de forma caótica, no qual podem se colidir, desagregar e serem combinados para a criação de novos negócios totalmente diferentes dos atuais (Bradley, Loucks, Macaulay, Noronha & Wade, 2015).

Nesse cenário, produtos e serviços são destruídos e reconstruídos utilizando conceitos revolucionários como a *Internet de Tudo* ou *Internet of Everything* (IoE) que busca conectar pessoas, processos, informações e coisas. Tal mercado, por exemplo, promete movimentar U\$ 19 trilhões até 2022 (Bradley et al., 2015), tendo grandes players investindo para o desenvolvimento desse setor, como a empresa Samsung, que divulgou U\$ 1.2 Bilhões em investimentos nos próximos 4 anos (Samsung, 2016).

Essas soluções também geram grandes impactos nos modelos de negócios das empresas e consequentemente para toda a sociedade, como a eliminação de postos de trabalho, não só de atividades manuais como também de atividades cognitivas e de conhecimento. Essas inovações geram questionamentos como até que ponto o ganho de produtividade e a geração de valor por meio da tecnologia é vantajosa, pois muitas pessoas podem perder o emprego pela substituição desses postos de trabalho por atividades automatizadas (Loebbecke & Picot, 2015).

Pode-se relacionar esse conceito de inovação disruptiva por meio da tecnologia com a definição de inovação de Schumpeter em 1912, na qual ressaltou que inovação pode ser entendida como destruição criadora, que seria a substituição de antigos produtos por novos (Schumpeter, 1997). Entretanto, na visão de Schumpeter é o empreendedor que inicia a inovação e os consumidores são por ele educados a desejar esses novos produtos. Nessa nova onda de inovação trazida pela tecnologia, o processo é diferente, a inovação orbita a jornada do cliente, pois o cliente sabe o que quer, quando quer e como quer, forçando as organizações flexibilizarem suas operações a fim de atendê-lo de modo singular, ou então outras empresas irão atendê-lo (Furlan, 2015).

Com essa nova realidade, competidores que identificam necessidades latentes de potenciais clientes podem entrar nos mais variados segmentos de modo rápido, sem restrições e sem nem mesmo ter experiência no setor. O Uber, por exemplo, não foi criado por experts da indústria de taxis, mas seu conceito transformou a forma de transporte pelo mundo, por meio de um conceito de compartilhamento de recursos e aproveitamento de ativos subutilizados, andando paralelamente com a crescente consciência ambiental da sociedade (Furlan, 2015).

Esse novo ambiente também auxilia as empresas mitigarem os efeitos de externalidades negativas por meio de novos produtos ou negócios que eliminem os fatores prejudiciais identificados, gerando novos negócios. Externalidades podem ser definidas como efeitos colaterais de uma decisão sobre aqueles que não participaram dela, são externalidades negativas quando agentes econômicos interagem no mercado, gerando problemas de forma não intencional para indivíduos alheios ao processo (Soares, 1999).

Para abordar essas externalidades, as empresas criam inovações que são classificadas, segundo a Pesquisa de Inovação (PINTEC) realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), como inovações de produto ou de processo, de caráter tecnológico, organizacional, de marketing ou referentes à ações inovativas (IBGE, 2015).

A inovação possui várias formas, não sendo padronizável tampouco aplicada do mesmo modo nos vários tipos de negócios. Em razão desse aspecto, Souza e Bruno-Faria (2013) concluíram que a inovação corresponde a um processo complexo que pode ser bem sucedido ou não, em razão do alto grau de incertezas e da constante necessidade de interações coletivas entre as partes interessadas.

Diante do que foi exposto, pode-se inferir que processos inovadores serão desenvolvidos para a resolução de vários problemas na sociedade contemporânea. Não será diferente quando se trata dos problemas provenientes dos resíduos gerados na ELV, resíduos esses, vem aumentando progressivamente.

2.2 End of life vehicles (ELV)

Avaliando o impacto físico dos veículos ao redor do globo, notou-se que o setor automobilístico insere no mercado ano após ano, milhões de veículos das mais variadas aplicações, como veículos agrícolas, de carga e principalmente de uso pessoal. Segundo a

Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA, 2015), somando-se a frota ativa de automotores em 2013 dos Estados Unidos da América (EUA), China, Japão e Alemanha, ultrapassa-se a marca de meio bilhão de veículos. A China se destacou neste contexto, pois sua frota saltou de 31 milhões de veículos em 2005 para mais de 126 milhões em 2013, representando um aumento de aproximadamente 300% (ANFAVEA, 2015). Além do aumento da frota de veículos, a China também aumentou sua produção que passou de um milhão de veículos em 2002 para mais de 13 milhões em 2010, representando um aumento de 1200% no período (Castro, 2012).

No mercado automotivo brasileiro, pode-se também notar um aumento considerável da frota de veículos, passando de 23 milhões de unidades em 2005 para mais de 39 milhões em 2013, representando um aumento em torno de 70% (ANFAVEA, 2015). Esse crescimento tanto na China quanto no Brasil pode ser em parte explicado pelo aumento da renda *per capita* dos países, pela necessidade de um transporte rápido e confiável principalmente nas grandes metrópoles e pelo simbolismo de *status* que o bem exerce na sociedade. Pode-se considerar o crescimento da utilização de veículos como consequência do desenvolvimento econômico desses países emergentes (Castro, 2012).

Em consequência do aumento de veículos utilizados ao redor do globo, milhares deles deixam as ruas por fatores como tempo de uso, acidentes, furtos ou roubos, trazendo algumas questões que estão sendo debatidas tanto na área acadêmica quanto na sociedade e governo: para onde esses veículos vão após saírem de circulação? Como reaproveitar ou destinar de forma correta os componentes e materiais diversos que constituem esses bens? Como mensurar o custo x benefício do tratamento desses resíduos?

Países como a Coreia do Sul e Japão estão tentando resolver essas questões desenvolvendo tratamentos sofisticados de ELV, integrando nos processos de desmontagem tecnologias de ponta, por exemplo com os conceitos da internet das coisas ou *Internet of Things* (IoT). Nesses países os cuidados com os requisitos ambientais são evidentes (Despeisse, Kishita, Nakano, & Barwood, 2015; Yi & Park, 2015). Segundo Yi e Park (2015), IoT pode ser entendida como uma rede de comunicações composta por um sistema de identificação independente, sensores para recolher as informações, conexões (a rede propriamente dita) e funções adicionais para controle dos dispositivos ou para usar as informações remotamente. As “coisas” são os vários dispositivos de monitoramento, como, por exemplo, implantes de coração, sensores de veículos, sensores de incêndio etc.

Na Argentina existem desmanches regulamentados que buscam prioritariamente metas econômicas. O Centro de Experimentação e Segurança viária argentino mantém, desde 2005, um local para reciclagem de veículos, em parceria com as seguradoras que enviam os carros que se envolveram em acidentes para serem desmontados. Tal operação não possui regras específicas para a destinação dos resíduos, até em razão da falta de legislação específica para a reciclagem. Essa operação objetiva a venda de peças reconcondicionadas ao mercado, visando baixar a sinistralidade das operações por meio da oferta de peças a preços vantajosos aos clientes, para que não busquem peças no mercado ilegal, não tendo preocupações com os resíduos provenientes do processo (Monteiro, Glycério, Santos, Arruda, & Fonseca, 2015).

Nos países como o Brasil e a China, encontram-se trabalhos focando o tratamento de ELV de grande porte ou de carga, como ônibus e caminhões. Nesses estudos, tanto no Brasil quanto na China, notou-se que o processo de desmontagem dos automóveis ainda sofre com o mercado ilegal pela falta de legislações efetivas que reprimam os desmanches ilegais e de processos maduros de desmontagem de ELV, que garantam a qualidade das peças reconcondicionadas e o descarte correto de todas as sobras provenientes desse processo (Hu & Wen, 2015; Monteiro et al., 2015).

Em termos de legislação, o Brasil tem a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelecida pelo decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010, que regulamenta a

destinação dos resíduos sólidos no país (PNRS, 2010) e o Estado de São Paulo (SP), tem uma legislação específica para o setor, por meio da Lei nº 15.276/2014 de 2 de janeiro de 2014, que dispõe sobre a destinação de veículos em fim de vida útil. A lei estadual estabelece mecanismos rígidos para as empresas que desejarem exercer a atividade de desmanche. Essa lei exige uma série de documentação que comprove que os sócios não estão respondendo ações criminais; instalações e equipamentos que permitam o atendimento criterioso das legislações ambientais vigentes; sistema operacional informatizado que permita rastrear as peças em todas as etapas de desmontagem, identificando a origem das peças e a movimentação do estoque até a saída, entre outras exigências (Lei 15.276, 2014).

Essas legislações ainda não estão sendo seguidas de forma plena, sendo necessário um amplo plano para o desenvolvimento de ações que facilitem o reuso e a reciclagem de ELV de forma sustentável em todo o território nacional (Monteiro et al., 2015).

2.3 Nanotecnologia e a rastreabilidade de peças

Segundo Piscopo, Kniess, Biancolino e Teixeira (2014, p. 49) “[...] a nanotecnologia pode ser considerada como um conjunto de ações de pesquisa, desenvolvimento e inovação que são obtidas graças às especiais propriedades da matéria organizada a partir de estruturas de dimensões nanométricas”.

A criação ou uso da nanotecnologia também é considerada uma inovação, conforme preconizado pelo IBGE (2015, p. 31):

“[...] o estudo, *design*, criação, síntese, manipulação e aplicação de materiais funcionais, dispositivos e sistemas através do controle da matéria em nível nanométrico (1 – 100 nanômetros), isto é, em nível atômico e molecular, e a exploração de novos fenômenos e propriedades da matéria nesta escala. Envolve um conjunto de técnicas usadas para manipular a matéria até os limites do átomo, com vistas a incorporar materiais nanoestruturados ou nanopartículas em produtos existentes para melhorar seu desempenho, ou criar novos materiais e desenvolver novos produtos.”

Piscopo, Kniess, Biancolino e Teixeira (2014, p.44), relataram que “[...] a literatura sobre nanotecnologia ainda se encontra em crescimento, com destaque para os pontos positivos e negativos com relação à sua aplicação”. Destacaram que diversos autores defendem a sua aplicação em várias áreas, entre os quais podem ser destacadas: agricultura, alimentos, embalagens para alimentos, cimento e concreto, eletrônicos, inovação, comercialização, políticas de desenvolvimento.

Segundo Bowman e Hodge, (2007), essa tecnologia está sendo protagonista de inúmeros avanços, incluindo melhorias em diagnósticos médicos e tratamentos de saúde, fontes de energias mais eficientes, materiais mais leves e eletroeletrônicos mais rápidos, além de melhorias na segurança e rastreabilidade de produtos.

As nanopartículas podem apresentar propriedades mecânicas, ópticas, magnéticas ou químicas distintas de estruturas macroscópicas, em grande parte, devido ao fato de terem uma grande área superficial. O aproveitamento dessas propriedades distintas é a base da nanotecnologia de materiais (Quina, 2004).

Quina (2004) também ressaltou os benefícios que as nanopartículas podem trazer para a área de meio ambiente como a prevenção de poluição ou danos indiretos ao meio ambiente como o aproveitamento mais eficiente de matérias-primas, desenvolvimento de sistemas de iluminação com baixo consumo energético e desenvolvimento de displays eletrônicos finos

como folhas de papel, sendo leves, livres de metais pesados e com menores consumos energéticos.

Porém, a nanotecnologia não possui somente benefícios. Dentre os problemas está o desconhecimento quanto ao comportamento dos compostos nanoestruturados quando são dispersos ou dispostos no meio ambiente pois, podem ser absorvidos pelos seres vivos e interferirem em ecossistemas, justamente por suas propriedades distintas dos materiais macroestruturados (Quina, 2004). Para mensurar os problemas das nanopartículas, foi criada a disciplina de nanotoxicologia, que estuda os riscos, toxicidade e proliferação desses materiais no meio ambiente (Ladikas, Chaturvedi, Zhao, & Stemerding, 2015). Corroborando com essa visão, Piscopo et al. (2014) citaram que muitos autores criticaram a aplicação da nanotecnologia em, por exemplo: consumo de produtos à base de nanotecnologia; emprego de nanomateriais; registro de patentes; riscos associados à comunicação e opinião pública; difusão do conhecimento; investimentos; aspectos éticos; responsabilidade social corporativa; segurança do paciente; aspectos regulatórios.

Nas aplicações referentes à rastreabilidade de peças, a nanotecnologia é utilizada para realizar uma marcação única, inviolável através de chapas metálicas nanométricas com códigos identificadores, chamados de *microdots*. Essa tecnologia é utilizada em várias partes do mundo por empresas especializadas em segurança patrimonial e por empresas que necessitam de selos de garantia que assegurem suas marcas. Os produtos marcados geralmente são bens de alto valor agregado como automóveis, peça de automóveis, documentos e itens de consumo de alto valor como utensílios de luxo. Atualmente essa tecnologia vem se popularizando e sendo disseminada para outros produtos como produtos farmacêuticos e eletroeletrônicos, conforme descreve a empresa NanoTag Technology em seu site (<http://www.nanotag.com.au/>).

3 Procedimentos metodológicos

Este trabalho é descrito como qualitativo, de caráter exploratório. Para a realização da pesquisa foi desenvolvido um estudo de caso, pois segundo Yin (2010) o estudo pode ser definido tendo um enfoque contemporâneo da realidade, em razão de a empresa ser a primeira a desenvolver um processo por meio de nanotecnologia em seu segmento.

Segundo Yin (2010) cada estratégia de pesquisa possui suas vantagens e desvantagens, sendo importante a análise do tipo de questão de pesquisa, o controle que o pesquisador possui sobre os eventos comportamentais que serão estudados e se o foco do trabalho será evidências históricas ou eventos contemporâneos.

O estudo de caso é recomendado quando a questão de pesquisa visa responder como e porque algo ocorreu, quando o estudo não exige o controle sobre eventos comportamentais e quando são analisados eventos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real (Yin, 2010).

Uma das vantagens do uso dos estudos de caso é a preservação das características holísticas e significativas dos eventos da vida real, sendo recomendado para a análise de processos organizacionais, processos administrativos e análise da maturidade de setores, ou quando se busca entender profundamente alguma situação, sendo necessários vários níveis de análise (Yin, 2010; Eisenhardt, 1989).

Outro fator importante para a seleção do estudo de caso é que, conforme relataram Moreira e Queiroz (2007), geralmente o processo de inovação é complexo e multidimensional, sendo necessárias metodologias qualitativas para o detalhamento pleno do processo de inovação.

Para se executar o estudo de caso, foram realizadas observações diretas ao processo estudado por meio de duas visitas na unidade fabril da empresa, análise documental da empresa por meio do seu site corporativo e documentos internos e duas entrevistas semiestruturadas com os gestores da operação.

4 Resultados

A empresa objeto do estudo de caso, Renova Ecopeças, aqui denominada de Renova, possui uma operação comercial de desmanche legal na cidade de São Paulo – SP. A empresa atua em conformidade com a legislação vigente, possuindo toda a documentação e infraestrutura fabril necessária para atender os requisitos de segurança, ambiental e de rastreabilidade de peças em toda a operação.

A empresa divulga em seu site (<http://www.renovaecopecas.com.br/>) a destinação de alguns itens originados da desmontagem dos veículos, como, por exemplo: (i) vidros são usados na fabricação de garrafas; (ii) peças plásticas para a fabricação de partes plásticas de outros veículos; (iii) pneus para a fabricação de asfalto, piso de quadra e solado de borracha; (iv) óleo para a produção de óleo mineral básico refinado; (v) peças de metal avariadas são prensada e usadas na fabricação de vergalhões para a construção civil.

A Renova vem ganhando prêmios nacionais como modelo de empresa responsável com o planeta e está sendo apresentada como exemplo para países como a China, evidenciando novas formas para modelos de seguros verdes (Hererro, 2015; Seguro, 2015).

Além de ser pioneira na reciclagem e reaproveitamento de ELV, todos os processos e parceiros envolvidos seguem um rígido padrão de responsabilidade ambiental e compromisso social (Seguro, 2015), caracterizando como um exemplo de processo no qual a sustentabilidade foi incorporada nas dimensões de tempo, custo, qualidade e flexibilidade das operações, fator ressaltado como essencial por Seidel, Brocke e Recker, (2011).

4.1 Processo operacional da Renova

Todo o processo de reciclagem e reaproveitamento de carros é baseado em oito etapas que garantem um processo sustentável, respeitando o meio ambiente e a sociedade na qual a empresa está inserida. Como somente a marcação nanotecnológica das peças é o foco do trabalho, segue uma breve descrição do processo.

A primeira etapa do processo é a verificação da documentação e procedência do veículo que será desmontado. Veículos que possuem origem duvidosa ou não possuem a documentação completa são descartados automaticamente. A segunda etapa é a baixa das documentações do carro no órgão responsável, o Departamento Estadual de Trânsito (DETRAN). Essa baixa define que o automóvel deixa de ser um objeto único, sendo classificado como um conjunto de peças que podem ser desmontadas.

A terceira fase se caracteriza como descontaminação e preparação, na qual todos os fluidos, óleos e gases são retirados de forma segura, sem contaminar o meio ambiente. Tais fluidos são destinados a empresas especializadas de reciclagem possuidoras de licença de operação para tal atividade devidamente aprovada pelos órgãos competentes, como a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB).

Na quarta etapa acontece a desmontagem, atualmente esse processo ocorre em 2,5 horas em média. São desmontadas as peças móveis de lataria, tapeçaria, vidros, componentes mecânicos, itens de segurança, eletrônicos e o monobloco. A carcaça é direcionada para uma

prensa que amassa cinco carros em blocos de aço de 1 metro cúbico e esse material é destinado a siderúrgicas parceiras.

A quinta etapa é a realização da classificação e distinção das peças desmontadas: peças em ótimas condições são classificadas na categoria A, as peças que necessitam de algum reparo são classificadas como B e as peças sem condições de reaproveitamento são classificadas como C. Todas as peças que não podem ser recicladas em razão de legislações específicas também são classificadas como C, como itens de segurança e baterias. Tais peças são enviadas aos seus fabricantes para que sejam recicladas.

Para garantir a rastreabilidade e procedência das peças, são incorporadas duas etiquetas com QR CODES, um tipo de código de barras bidimensional que carrega informações sobre a procedência do veículo que originou aquela peça, toda documentação proveniente do processo e fotos do veículo original. Todos esses dados são acessados por meio da leitura do QR CODE por intermédio de um aplicativo que pode ser instalado em qualquer smartphone.

A primeira etiqueta é referente ao processo produtivo da Renova, sendo utilizada tanto para o rastreamento interno da peça no ambiente fabril, por meio do sistema operacional informatizado, quanto para a consulta das informações após a venda. A segunda etiqueta se refere ao processo do órgão regulamentador, na qual os dados são semelhantes aos apresentados na primeira etiqueta. Após a inserção das etiquetas, a marcação nanotecnológica é realizada, o processo e os motivos para essa marcação diferenciada serão descritos detalhadamente mais adiante.

Após a marcação, ocorre no sétimo passo a armazenagem das peças no estoque de vendas. As peças são separadas e catalogadas de acordo com a marca, modelo, ano do veículo e tipo de peça, que pode ser A ou B, conforme visto no quinto passo. Já as peças C são descaracterizadas e armazenadas em contêineres, para serem destinadas aos fabricantes ou empresas especializadas na reciclagem desses componentes.

No oitavo passo, as peças são expedidas para o público por meio de vendas via *site* da empresa. Quando uma venda é efetuada, a peça é separada, é gerado um certificado de qualidade e emitida a nota fiscal com os mesmos dados das etiquetas de controle e marcações nanotecnológicas, a fim de fechar o ciclo de rastreabilidade das peças e seu documento fiscal. A Figura 2 retrata o processo de forma simples.

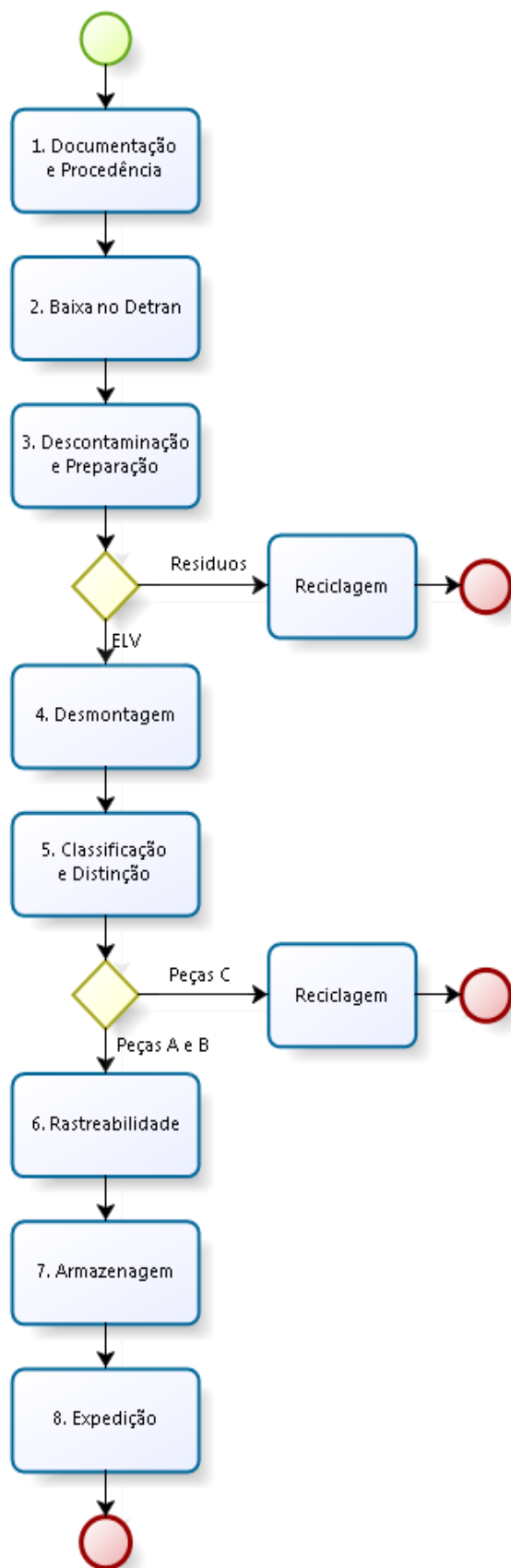


Figura 2 – Fluxo do processo operacional
Fonte: Elaborado pelos autores.

A seguir são relatados os motivos que levaram o desenvolvimento da marcação nanotecnológica e o processo de leitura dessas marcações.

4.2 Marcação com *microdots*

O que motivou a Renova a desenvolver essa marcação diferenciada de suas peças foi a preservação da marca diante dos problemas que ocorrem no comércio de desmanches e venda de peças no mercado brasileiro. Por não existir uma fiscalização efetiva de todas as operações de desmanches do território nacional, haviam intermediadores que efetuavam compras de peças legalmente da empresa e utilizavam os documentos fiscais para movimentar no mercado ilegal, pois não possuía um vínculo entre a nota fiscal e as peças que foram vendidas, apesar das etiquetas de controle, pois os intermediadores poderiam alegar que tiravam as etiquetas no momento de compra. Sendo assim, peças de origem duvidosa poderiam ser movimentadas com as notas fiscais da empresa.

Para resolver esse problema, a empresa desenvolveu uma marcação que consiste na aplicação de *microdots*, com as mesmas informações das etiquetas exigidas pelos órgãos regulamentadores. Para fechar o ciclo de rastreabilidade, as informações dos *microdots* também foram inseridas nos documentos fiscais da venda dos produtos, não sendo possíveis movimentações de peças de origem duvidosa com os documentos de venda de peças originadas dos processos da Renova.

Para a leitura dessa marcação, a empresa conta com a tecnologia de um microscópio portátil, utilizados por uma equipe de fiscais da empresa que são acionados quando os órgãos legais necessitam verificar a procedência das peças no mercado.

4.3 Discussão dos resultados

Com o processo de marcação nanotecnológica utilizada, a Renova resolveu o problema de rastreabilidade de suas peças após a saída do complexo fabril. Esse mecanismo de rastreamento auxilia na inibição de roubo de veículos com o objetivo de desmanche e venda de peças e também na utilização dos documentos fiscais verdadeiros de um modo ilegal. Pode-se concluir que a empresa eliminou uma externalidade de seu processo de produção, pois não possibilita a utilização de documentos fiscais originados de uma compra lícita, no comércio de peças de origens duvidosas.

Em países desenvolvidos como o Japão e Coreia do Sul, por exemplo, esse tipo de problema não é abordado nos estudos, o foco nesses países é a rastreabilidade e mensuração do índice de reciclagem dentro dos complexos fabris, onde as tecnologias utilizadas mensuram o peso do ELV quando é desmontado, e toda a movimentação é controlada por meio de etiquetas de identificação por rádio frequência ou *Radio Frequency Identification* (RFID), que transmitem as informações conforme o ELV é deslocado pela linha de montagem (Despeisse et al., 2015; Yi & Park, 2015).

Outro ponto que deve ser ressaltado é o processo de tratamento de resíduos sólidos utilizado pela Renova, que atende todos os pontos da legislação de descarte desse tipo de resíduo, tanto na esfera federal quanto estadual (Lei 15.276, 2014; PNRS, 2010).

Comparando-se o processo de tratamento dos resíduos ELV da Renova com outras operações encontradas no Brasil e em outros países em desenvolvimento, pode-se notar que houve aprimoramento tanto na qualidade do processo e quanto na gestão de resíduos (Hu & Wen, 2015; Monteiro et al., 2015).

Em relação ao problema dos compostos nanoestruturados dispersos ou dispostos no meio ambiente relatado por Quina (2004), a empresa não possui problemas no descarte desses materiais, pois a utilização não é em grande escala. É utilizado um pequeno jato para a marcação dos componentes.

5 Considerações finais

A produção de veículos automotores vem crescendo independentemente das crises, as empresas continuam produzindo e vendendo mesmo que seja em menor volume. Esses veículos têm uma determinada vida útil, sujeita a muitas variáveis, mas um dia terão que ser descartados e com isso surgem diversos problemas como, por exemplo, a indagação de Monteiro et al. (2015, p. 415): “o que fazer com esses veículos depois que atingem o final da vida útil?”.

Muitos desses veículos são abandonados em lugares públicos, causando uma série de problemas ambientais, outros são encaminhados para empresas de desmanches que nem sempre são idôneas e usam os procedimentos corretos para reuso das peças desses veículos.

Dentro desse escopo, o objetivo deste estudo foi descrever como uma empresa que atua no segmento de desmontagem e reuso de peças automotivas no final da vida útil dos veículos conhecido como *End of Life Vehicles* (ELV), melhorou o rastreamento de peças remanufaturadas, por meio do uso da nanotecnologia.

A empresa desenvolveu um processo que consiste na marcação das peças recuperadas e posteriormente vendidas, por meio do sistema conhecido como *microdots*, que é uma marcação única e tem por objetivo assegurar a procedência do item vendido.

A adoção dessa tecnologia pela Renova possibilitou rastrear as peças recuperadas e vendidas após deixarem as suas dependências. Esse procedimento minimizou a possibilidade de terceiros utilizarem documentos fiscais emitidos pela empresa, resultantes de suas vendas, no comércio de peças de origens duvidosas.

Uma das limitações desse processo de identificação das peças pela marcação por *microdots*, é a dependência de uso de microscópios específicos para a identificação, o que poderá, no futuro, sobrecarregar a operação de auditoria realizada pela Renova, em lotes de procedência duvidosa encontrados no mercado.

Conforme destacaram Piscopo et al. (2014) o mercado brasileiro de nanotecnologia ainda não atraiu grandes empresas multinacionais, em contrapartida o país vem aumentando os investimentos nesse campo. Dentro desse contexto será interessante, em pesquisas futuras, verificar outras empresas que poderiam utilizar a nanotecnologia, seja nos seus processos produtivos ou em sistemas de controle.

Referências

ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos. (2015). Anuário da Indústria Automobilística Brasileira - 2015. Acesso em 18 de Setembro, 2016 de <<http://www.virapagina.com.br/anfavea2015/files/assets/common/downloads/publication.pdf>>

Bowman, D. M., & Hodge, G. A. (2007). A small matter of regulation: An international review of nanotechnology regulation. *The Columbia Science and Technology Law Review*, VIII, 1-36.

Bradley, J., Loucks, J., Macaulay, J., Noronha, A., & Wade, M. (2015). *Digital vortex : how digital disruption is redefining industries*. Global Center for Digital Business Transformation. Lausanne. Acesso em 18 de Setembro, 2016 de <http://global-center-digital-business-transformation.imd.org/globalassets/digital_vortex_full-reportv2.pdf>.

Castro, D. E. (2012). Reciclagem e Sustentabilidade na Indústria Automobilística. Belo Horizonte.

Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010. (2010). Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS. Acesso em 18 de Setembro, 2016 de <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/decreto/d7404.htm>.

Despeisse, M., Kishita, Y., Nakano, M., & Barwood, M. (2015). Towards a circular economy for end-of-life vehicles: a comparative study UK – Japan. *Procedia CIRP*, 29, 668–673.

Eisenhardt, K. M. (1989). Building Theories from Case Study Research. *Academy of Management Review*, 14(4), 532–550. <http://doi.org/10.5465/AMR.1989.4308385>

Furlan, J. D. (2015). *Business transformation: construindo organizações para o século 21*. São Paulo: Amazon.

Hererro, T. (2015). As empresas responsáveis com o planeta de 2015. *Revista Época*. Acesso em 18 de Setembro, 2016 de <<http://epoca.globo.com/colunas-e-blogs/blog-do-planeta/noticia/2015/10/empresas-responsaveis-com-o-planeta-de-2015.html>>.

Hu, S., & Wen, Z. (2015). Why does the informal sector of end-of-life vehicle treatment thrive? A case study of China and lessons for developing countries in motorization process. *Resources, Conservation and Recycling*, 95, 91–99.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2015). *Pesquisa de Inovação Tecnológica 2014*. Rio de Janeiro. Acesso em 18 de Setembro, 2016 de <http://www.pintec.ibge.gov.br/downloads/manual_de_instrucoes_pintec_2014.pdf>.

Ladikas, M., Chaturvedi, S., Zhao, Y., & Stemerding, D. (2015). Science and technology governance and ethics. A global perspective from Europe, India and China. Acesso em 18 de Setembro, 2016 de <<http://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-319-14693-5>>

Lei nº 15.276/2014, de 02/01/2014. (2014). Dispõe sobre a destinação de veículos em fim de vida útil e dá outras providências. São Paulo. Acesso em 18 de Setembro, 2016 de <<http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2014/lei-15276-02.01.2014.html>>.

Loebbecke, C., & Picot, A. (2015). Reflections on societal and business model transformation arising from digitization and big data analytics : A research agenda. *Journal of Strategic Information Systems*, 24(3), 149–157.

Monteiro, M. J., Glycério, C. M., Santos, R. C. L., Arruda, F. S., & Fonseca, A. P. (2015). The challenges of reverse logistics management of end-of-life vehicles in Brazil. *Business and Management Review*, 4(Special Issue), 344–352.

Moreira, D. A., & Queiroz, A. C. S. (2007). Inovação: conceitos fundamentais. In Inovação organizacional e tecnológica. D. A. Moreira & A. C. S. Queiroz (Coords). *Inovação organizacional e tecnológica* (p. 1-22). São Paulo: Thomson Learnig.

Piscopo, M. R., Kniess, C. T., Biancolino, C. A., & Teixeira, C. E. (2014). O setor brasileiro de nanotecnologia: oportunidades e desafios. *Revista de Negócios*, 19(4), 43-63.

Quina, F. (2004). Nanotecnologia e o meio ambiente: perspectivas e riscos. *Química Nova*, 27(6), 1028–1029.

Samsung. (2016). Samsung Shows Dedication to IoT with \$1.2 Billion Investment and R&D. Acesso em 18 de Setembro, 2016 de <<https://news.samsung.com/global/samsung-electronics-announces-vision-for-a-human-centered-internet-of-things-planning-1-2-billion-for-u-s-research-and-development-of-iot>>.

Schumpeter, J. A. (1997). *A teoria do Desenvolvimento Econômico*: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e ciclo econômico. Nova Cultural. São Paulo.

Seguro, S. (2015). Líder da UNEP FI levará modelo da Renova Ecopeças, controlada pela Porto Seguro, como modelo de seguro verde para governo da China _ Sonho Seguro. Acesso em 18 de Setembro, 2016 de <<http://www.sonhoseguro.com.br/2015/09/lider-da-unep-fi-levara-modelo-da-renova-ecopecas-controlada-pela-porto-seguro-como-modelo-de-seguro-verde-para-governo-da-china/>>.

Seidel, S., Brocke, J., & Recker, J. C. (2011). Call for action : investigating the role of business process management in green IS. SIGGreen Workshop. Sprouts: Working Papers on Information Systems, 11(4), 1–6. Acesso em 18 de Setembro, 2016 de <<http://sprouts.aisnet.org/11-4>>

Soares, E. S. (1999). *Externalidades negativas e seus impactos no mercado*. Dissertação de mestrado. Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, SP.

Souza, J. C., & Bruno-Faria, M. D. F. (2013). Processo de inovação no contexto organizacional: uma análise de facilitadores e dificultadores. *Brazilian Business Review*, 10(3), 113–136.

Yi, H. C., & Park, J. W. (2015). Design and implementation of an end-of-life vehicle recycling center based on IoT (Internet of Things) in Korea. *Procedia CIRP*, 29, 728–733.

Yin, R. K. (2010). *Estudo de caso: planejamento e métodos* (4a ed.). Porto Alegre: Bookman.