

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO PROFISSIONAL EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Núbia dos Santos Coimbra

**SISTEMA DE RECICLAGEM DE VEÍCULOS EM FINAL
DE VIDA: UMA PROPOSTA AMBIENTALMENTE MAIS
SUSTENTÁVEL PARA O CENÁRIO BRASILEIRO**

Porto Alegre

2017

Núbia dos Santos Coimbra

**SISTEMA DE RECICLAGEM DE VEÍCULOS EM FINAL DE VIDA: UMA
PROPOSTA AMBIENTALMENTE MAIS SUSTENTÁVEL PARA O CENÁRIO
BRASILEIRO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, modalidade Profissional, na área de concentração em Sistemas de Qualidade.

Orientadora: Ângela de Moura Ferreira Danilevicz, Dr^a.

Porto Alegre

2017

Núbia dos Santos Coimbra

Sistema de Reciclagem de Veículos em Final de Vida: Uma proposta ambientalmente mais sustentável para o cenário brasileiro

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção na modalidade Profissional e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Ângela de Moura Ferreira Danilevicz, Dr^a.
Orientador PMPEP/UFRGS

Prof. Ricardo Augusto Cassel
Coordenador PMPEP/UFRGS

Banca Examinadora:

Rejane Maria Candiota Tubino, Dra. (Professora - PPGEM/UFRGS)

José Lesina César, Dr. (Professor - Eng. Mecânica Automotiva/ULBRA)

Eduardo Grijó, Dr. (BRDE)

AGRADECIMENTOS

Em especial ao meu filho, Nicolás, que teve sua atenção dividida com o desenvolvimento dessa dissertação. E que, a cada resposta negativa ao questionamento: Mamãe acabou teu trabalho? Soube compreender e me apoiar.

Ao meu filho, Thales, que no ventre acompanhou de perto a concretização desse trabalho.

Ao meu marido, Thiago, pelo apoio incondicional e incentivo diário para conclusão desta etapa, assim como de tantas outras que já vivenciamos.

Aos meus pais, Rui e Ivone, por terem me proporcionado pleno acesso à educação, sempre acreditando no meu potencial, e que em muitos momentos cuidaram do pequeno Nicolás, pra que eu pudesse me dedicar a essa dissertação.

Aos meus sogros, Laine e Zé, que sempre me apoiaram e cuidaram do pequeno Nicolás, me proporcionando vários sábados de dedicação a este estudo.

A Ângela, minha orientadora, que como um anjo da guarda, esteve sempre me apoiando, iluminando e indicando o caminho para o sucesso desse trabalho.

A minha cunhada Carol, pelas eternas traduções.

Ao meu irmão e demais amigos pelo apoio nesta jornada.

A Madre Paulina e a Deus, por sempre iluminarem meu caminho e estarem presentes em minha vida.

RESUMO

A escassez de sistemas consolidados de reciclagem de veículos no Brasil e o grande volume de veículos em final de vida (VFs) junto aos pátios do Departamento Estadual de Trânsito do Rio Grande do Sul - DETRAN/RS serviram de base para o desenvolvimento desta dissertação. Em face disso, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um sistema de reciclagem de VFs ambientalmente mais sustentável, a partir de exemplos globais de melhores práticas adotadas, atendendo à legislação vigente do país. Para tanto, a presente dissertação é composta por dois estudos fundamentados em revisões sistemáticas e em estudos de caso. Inicialmente, como resultado da primeira revisão sistemática, foi realizada a comparação de sistemas de gestão de reciclagem de veículos, identificados em 25 países. Essa comparação possibilitou ampliar o conhecimento de tecnologias e de procedimentos adotados em diferentes realidades, permitindo a proposição de oito políticas a serem adotadas em âmbito nacional, bem como três ações de melhoria ao atual sistema do DETRAN/RS. Em seguida, a segunda revisão sistemática permitiu a proposição de um sistema ambientalmente adequado para reciclagem de VFs, que sirva de base para a futura padronização de processos de reciclagem, visando a potencial criação de centros especializados em reciclagem de veículos (CERVs). Diante do exposto, os resultados da pesquisa demonstraram que o tema da reciclagem de veículos está inserido num cenário mais amplo, necessitando da participação de todos os *stakeholders* envolvidos no processo, a exemplo: (i) das montadoras e fabricantes de peças, no desenvolvimento de tecnologias automotivas; (ii) dos entes federados, na criação de legislações mais rígidas e específicas, com foco na economia circular; e (iii) da sociedade na busca de produtos eco-amigáveis. Por fim, conclui-se que, associado às políticas e ações de melhoria sugeridas, a adoção do sistema ambientalmente adequado para reciclagem de VFs proposto, poderá acelerar a criação de um ambiente favorável para o desenvolvimento e a consolidação da reciclagem no país.

Palavras-chave: Veículos em final de vida (VFs); Sistema de reciclagem de veículos; Reciclagem de VFs ambientalmente mais sustentável; Desmanche de veículos; Revisão sistemática da literatura.

ABSTRACT

The scarcity of consolidated vehicle recycling systems in Brazil and the huge amounts of end-of-life vehicles (ELVs) at the Transit State Department of Rio Grande do Sul - DETRAN/RS courtyards served as the basis for the development of this Masters dissertation. Therefore, the objective of the work was to develop an environmentally more sustainable ELVs recycling system, based on global adopted best practices, without disregarding the country's current legislation. So, this dissertation is composed of two studies based on systematic reviews and on case studies. Initially, as a result of the first systematic review, a comparison of vehicle recycling management systems was carried out, identified in 25 countries. This comparison allowed the increasing of the knowledge about technologies and procedures adopted in different realities, making possible a proposal of educational policies to be adopted at national level, as well as three improvement actions for the current system of the DETRAN/RS. Subsequently, a second systematic review allowed a proposal for a suitable environmentally recycling system for the ELVs, which serves as the basis for a standardization of recycling processes, aiming the potential creation of specialized centers for such processes (CERVs). Considering this, the research results showed that the theme of product recycling is inserted in a broader scenario, requiring participation of all *stakeholders* involved in the process, such as: (i) the automakers and parts manufacturers, in the automotive technologies development; (ii) the federal entities, in the creation of more rigid and specific legislation, focusing on the circular economy; and (iii) the society in the search for eco-friendly products. Finally, it is concluded that, associated with the suggested policies and improvement actions, the adoption of the proposed environmentally appropriate system for the recycling of the ELVs, may accelerate the creation of a favorable way to the develop and consolidate the recycling in our country.

Keywords: End-of-life vehicles (ELVs); Vehicle recycling system; Environmentally sustainable ELVs recycling; Vehicle dismantling; Systematic review of the literature.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura da dissertação	18
Figura 2 - Composição de materiais de um automóvel e sua destinação	23
Figura 3 - Motivações para implantação dos processos de reciclagem de veículos.....	43
Figura 4 - Envolvidos na gestão do processo de reciclagem de veículos.....	44
Figura 5 - Formas de financiamento do processo de reciclagem de veículos	45
Figura 6 - Legislação associada ao processo de reciclagem de veículos.....	46
Figura 7 - Método de desenvolvimento do artigo.....	64
Figura 8 - Sistema de reciclagem de VFVs do DETRAN/RS.....	74
Figura 9 - Sistema ambientalmente adequado para reciclagem de VFVs.....	82

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Estrutura de estudo para revisão sistemática.....	27
Quadro 2 - Sistema de reciclagem de veículos do DETRAN/RS	39
Quadro 3 - Quadro comparativo dos sistemas de reciclagem de veículos	41
Quadro 4 - Quadro com demais características de análise	47
Quadro 5 - Estrutura de estudo para revisão sistemática.....	65
Quadro 6 - Práticas de reciclagem identificadas na literatura	67
Quadro 7 - Análise qualitativa das práticas de reciclagem identificadas	78
Quadro 8 - Comparação das práticas do Sistema proposto X Sistema atual do DETRAN/RS	85

LISTA DE SIGLAS

ARN	<i>Auto Recycling Nederland</i>
ATF	<i>Authorized Treatment Facilities</i>
CAT	Centros Autorizados de Tratamento
CDV	Centro de Desmanche de Veículos
CEFET	Centro Federal de Educação Tecnológica
CERV	Centro Especializado em Reciclagem de Veículos
CESVI	Centro de Experimentação e Segurança Viária
CESVIMAP	Centro de Experimentação e Segurança Viária da Seguradora MAPFRE
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CNT	Confederação Nacional do Transporte
CRD	Centro de Remoção e Depósito
DENATRAN	Departamento Nacional de Trânsito
DETRAN	Departamento Estadual de Trânsito
DFD	<i>Design For Disassembly</i>
DRS	Sistema de Reembolso – Depósito
FENABRAVE	Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores
FNRV	Fundo Nacional de Reciclagem de Veículos
GNV	Gás Natural Veicular
ICMS	Imposto Sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação
JARC	<i>Japan Car Recycling Center</i>
MG	Estado de Minas Gerais
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PSA	Prestador de Serviços Ambientais
RFMB	<i>Recycling Fund Management Board</i>
RS	Estado do Rio Grande do Sul
SINDINESFA	Sindicato do Comércio atacadista de Sucata Ferrosa e Não Ferrosa
UE	União Européia
VFV	Veículo em Final de Vida

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	Tema e Justificativa	14
1.2	Objetivos	15
1.3	Método	15
1.4	Delimitações do Estudo	16
1.5	Estrutura da Dissertação.....	16
	Referências	19
2	ARTIGO 1: ANÁLISE COMPARATIVA DO SISTEMA DE GESTÃO DE RECICLAGEM DE VEÍCULOS DO DETRAN/RS COM O DE OUTROS PAÍSES	21
2.1	Introdução	21
2.2	Procedimentos Metodológicos	25
2.2.1	Classificação da Pesquisa	26
2.2.2	Método de Pesquisa.....	26
2.3	Resultados e Discussões.....	28
2.3.1	Sistemas de Gestão de Reciclagem de Veículos de Outras Nações	28
2.3.2	Sistema de Reciclagem de Veículos do DETRAN/RS.....	37
2.3.3	Análise Comparativa entre Sistemas	39
2.4	Proposição de Políticas para inclusão no Sistema Nacional de Reciclagem e no Sistema do DETRAN/RS	48
2.5	Conclusões	52
	Referências	55
3	ARTIGO 2: PROPOSTA DE SISTEMA DE RECICLAGEM DE VEÍCULOS EM FINAL DE VIDA: UM ESTUDO APLICADO A EMPRESAS PÚBLICAS E PRIVADAS.....	61
3.1	Introdução	61
3.2	Método	63
3.3	Resultados	64
3.3.1	Revisão Sistemática sobre Processo de Reciclagem de VFVs.....	64
3.3.2	Levantamento das Práticas de Reciclagem de VFVs do DETRAN/RS	72
3.3.3	Análise Qualitativa das Práticas de Reciclagem Identificadas.....	75
3.4	Proposição de Sistema para Reciclagem de VFVs	80
3.4.1	Recebimento do VFV	80
3.4.2	Desmontagem do VFV	81
3.4.3	Trituração dos Resíduos	83
3.4.4	Destinação ambientalmente adequada.....	83
3.5	Análise Comparativa entre o Sistema Proposto e o Sistema Atual do DETRAN/RS	83
3.6	Conclusões	86
	Referências	88

4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	91
4.1	Conclusões	91
4.2	Sugestão de Trabalhos Futuros	94
	Referências	95

1 INTRODUÇÃO

A necessidade de reciclar é evidente em todo o mundo, uma vez que, a cada ano a geração de resíduos aumenta. Paralelamente, cresce a preocupação com a minimização, ou até mesmo eliminação, desses resíduos, de maneira a reduzir os impactos negativos gerados, e a desenvolver uma nova conscientização para a recorrente problemática ambiental.

Para a Ellen MacArthur Foundation (2016), o que se considera atualmente como resíduo é, na verdade, fonte de matéria prima para novos produtos e, logo, uma oportunidade de negócio. Isto ocorre, uma vez que esses itens podem ser reparados para que voltem ao mercado com preço reduzido, outros podem ser diretamente reutilizados, desde que em boas condições, ou como último recurso, a reciclagem deve ser aplicada.

Em face disso, cada vez mais tem sido recorrente a tentativa de transformar o conceito de fluxo linear de produção em um fluxo circular, no qual os materiais retornam ao ciclo produtivo, ao invés de serem descartados como resíduos. Assim, define-se a economia circular, pelo fechamento deste ciclo de produção, adotando o conceito de *Cradle to Cradle* (do Berço ao Berço), que trás a inovação como caminho para transformar os resíduos de uma cadeia produtiva em matéria prima para outra. A produção de materiais e produtos passa a ser desenvolvida focando no retorno desses à cadeia produtiva, no final do seu ciclo de vida. A economia circular também visa reduzir o consumo de matéria prima virgem e de recursos naturais, assim como, minimizar o impacto ambiental, associado ao conceito de ecoeficiência (BRAUNGART et al., 2007). Ainda, novas empresas vêm descobrindo valiosas oportunidades comerciais na coleta, reciclagem e reutilização de produtos e materiais, propondo um novo desafio: o de recuperar todos os produtos e resíduos possíveis com foco no valor econômico que o bem ainda possui, promovendo a qualidade e a melhoria da produtividade na cadeia das empresas (FERRER; WHYBARK, 2001; GUIDE; VAN WASSENHOVE, 2003; DE LA FUENTE et al., 2007; BORGES; FONSECA, 2013).

Associado a isso, a legislação ambiental caminha no sentido de tornar as empresas cada vez mais responsáveis por todo o ciclo de vida de seus produtos e serviços. Logo, significa que as empresas seriam responsáveis pela destinação ambientalmente adequada dos seus produtos em final de vida, após a sua utilização/consumo pelos clientes, bem como pelo

impacto que esses produtos podem gerar no meio ambiente. No Brasil, a legislação que aborda os princípios e objetivos, assim como as diretrizes relativas à gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo as responsabilidades dos geradores e do poder público e os instrumentos econômicos aplicáveis, é a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, instituída pela Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010).

Contudo, a implantação da economia circular não é uma tarefa que envolve somente as empresas, sendo necessário que todas as partes interessadas no ciclo de vida do produto entendam seu papel nesse novo conceito. Devido à globalização das relações de produção e consumo, faz-se primordial desenvolver o papel e a responsabilidade dos governantes e dos consumidores em relação à economia circular. Os governantes devem se dedicar à definição de políticas e de acordos setoriais, que desenvolvam tecnologias e processos que primem pelo reaproveitamento e remanufatura de produtos, ou ainda pelo desenvolvimento de produtos com ciclo de utilização e reciclagem mais amplo e inteligente. Além disso, a sociedade deve buscar um consumo mais consciente e participativo, fazendo efetivamente a sua parte. Isto significa utilizar os produtos ao máximo antes de descartá-los, podendo os mesmos serem reutilizados ou reaproveitados, vendidos ou doados a outras pessoas. Ainda assim, pode exigir dos governos e dos fabricantes que os mesmos internalizem as suas responsabilidades.

Diante do exposto, uma das maiores geradoras de resíduos e consumidora de matéria prima é a indústria automobilística. Essa indústria, motivada pela visão de sustentabilidade oriunda de legislação ambiental ou pela preocupação com a oferta e o custo da matéria prima (principalmente de metais pouco abundantes), tem estudado seus processos de maneira a reduzir os impactos ambientais. Para tanto, busca desenvolver materiais e métodos menos impactantes negativamente ao meio ambiente, e que possibilitem a reutilização de partes e peças, assim como a reciclagem mais efetiva dos resíduos no final do ciclo de vida dos veículos. Entretanto, enquanto esse cenário não se consolida totalmente, torna-se necessário estabelecer um sistema para reciclagem desses veículos em final de vida - VFVs (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2016).

Esse sistema de reciclagem de VFV, quando planejado, procedimentado e bem executado proporciona o reaproveitamento e a reciclagem de quase a totalidade do veículo, reduzindo ao mínimo a parcela de resíduo encaminhado a aterro. Isso ocorre uma vez que, partes e peças do VFV em boas condições são cuidadosamente desmontadas, inspecionadas e comercializadas para recuperação ou reuso. Assim como, as demais peças sem condições técnicas de reaproveitamento são encaminhadas à reciclagem, junto com os demais resíduos

resultantes da descontaminação do VFV (KIM et al., 2004; KUMAR; SUTHERLAND, 2009; SANTINI et al., 2011; VERMEULEN et al., 2011; ZHAO; CHEN, 2011; GRADIN et al., 2013; SCHMID et al., 2013; DERIMEL et al., 2016; PAN; LI, 2016).

Segundo Ellen MacArthur Foundation (2016), o consumo no processo de remanufatura de uma peça automotiva, por exemplo, em comparação à produção da mesma peça nova é de: 80% menos energia elétrica, 88% menos água, 92% menos produtos químicos e redução de 70% de resíduos no processo produtivo. Além disso, a adoção de um processo de reciclagem sistematizado pode contribuir para manutenção financeira do processo de reciclagem, introduzir partes e peças, em adequadas condições de reuso, a valores mais acessíveis no mercado, reduzir o encaminhamento de resíduos à valorização energética e a aterros, bem como reduzir a extração de matéria prima virgem.

1.1 Tema e Justificativa

O tema do presente trabalho trata da reciclagem de VFVs. O mesmo se justifica uma vez que o Departamento Estadual de Trânsito do Estado do Rio Grande do Sul - DETRAN/RS foi um dos primeiros órgãos a abordar conteúdos acerca de reciclagem e economia circular como solução de problemas de ordem pública, buscando desafogar os seus pátios, intitulados de Centros de Remoção e Depósito - CRDs. Dessa maneira, estabeleceu no ano de 2009, um sistema de reciclagem de veículos pioneiro no Brasil, reconhecido pelos *stakeholders* como uma nova prática que atende simultaneamente às demandas de órgãos que necessitam gerenciar a destinação adequada de VFVs, além de responder a questões de responsabilidade ambiental.

No entanto, da mesma maneira que a tecnologia que envolve os veículos evolui, esse sistema de reciclagem também demanda melhorias constantes. Estas melhorias são necessárias para ampliar os quantitativos de VFVs encaminhados à reciclagem e, conseqüentemente, reduzir o volume de veículos depositados nos CRDs, assim como melhorar a qualidade dos procedimentos envolvidos.

Em complemento, associado a esse processo do DETRAN/RS, por força da Lei Federal nº 12.977 (BRASIL, 2014), no ano de 2014 o mesmo assumiu a gestão do cadastro e dos processos das empresas responsáveis pelo desmonte de veículos, destinação de peças à reposição, sucata ou outra destinação final. Essas empresas se tornaram Centros de Desmanches de Veículos – CDVs, credenciados ao DETRAN/RS.

Entretanto no Brasil, atualmente ainda é incipiente a operacionalização de sistemas

que permitam melhorar o aproveitamento dos VFVs, com relação às práticas de desmontagem, comércio de partes/peças e destinação de resíduos. Para tanto, o estudo e a busca de práticas realizadas em outras localidades ao redor do mundo, poderão auxiliar na ampliação e melhoria dos processos sob responsabilidade do DETRAN/RS, assim como dos demais interessados que necessitem realizar essa gestão e destinação ambientalmente adequada de VFVs.

1.2 Objetivos

Diante do exposto, esse trabalho tem por objetivo geral desenvolver um sistema de reciclagem de VFVs ambientalmente mais sustentável, a partir de exemplos globais de melhores práticas adotadas, atendendo à legislação vigente do país. Partindo do objetivo geral foi possível desenvolver dois artigos que atenderam aos seguintes objetivos específicos:

- Identificar práticas desenvolvidas globalmente;
- Mapear o sistema atual de reciclagem de veículos estabelecido pelo DETRAN/RS;
- Analisar comparativamente os sistemas de gestão de reciclagem de veículos de outros países com o estabelecido pelo DETRAN/RS, de maneira a identificar melhores práticas que possam subsidiar proposições de políticas ao sistema nacional de reciclagem e melhorias ao sistema do DETRAN/RS;

1.3 Método

Para o desenvolvimento desse trabalho, os procedimentos metodológicos adotados, estão associados a uma pesquisa de natureza aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos. A abordagem utilizada foi qualitativa, pois se baseia na interpretação e qualificação de dados e informações a respeito do tema do trabalho. A pesquisa realizada possuiu objetivo exploratório, visando proporcionar maior familiaridade com o tema a ser abordado, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses a respeito (GIL, 2002).

Nos procedimentos técnicos foram utilizadas: (i) revisão sistemática, que se desenvolve com base em material já elaborado, constituído principalmente de artigos científicos e (ii) estudo de caso do sistema de reciclagem de veículos estabelecido pelo DETRAN/RS. A revisão sistemática foi adotada, pois permite a inclusão de uma quantidade

maior de resultados relevantes, e disponibiliza um resumo das evidências relacionadas ao tema de interesse, captando informações de um conjunto de estudos realizados separadamente que podem apresentar resultados conflitantes e/ou coincidentes (LINDE; WILLICH, 2003; AKONBENG, 2005; SAMPAIO; MANCINI, 2007). Em complemento, o estudo de caso realizado contemplou o sistema de reciclagem estabelecido pelo DETRAN/RS, que serviu de premissa para o trabalho realizado. Foram realizadas reuniões com participação da equipe do DETRAN/RS envolvida com o processo de reciclagem, com o objetivo de identificar as práticas realizadas, utilizando técnicas de mapeamento de processo, possibilitando a identificação de oportunidades de melhoria.

1.4 Delimitações do Estudo

Esta seção estabelece as fronteiras de extensão do estudo, delimitando o foco do trabalho realizado. Dentre essas delimitações, pode-se destacar que, apesar das particularidades associada a cada DETRAN, em função da autonomia de gestão concedida pela legislação relacionada, o presente estudo considerou como se houvesse um cenário de igualdade de procedimentos nos DETRANs.

Outra questão relevante que não se constituiu foco do presente estudo, foram as questões relacionadas aos custos de implantação das mudanças propostas a partir do sistema, bem como as questões de tempo relativas a essa implantação. Entretanto, é sabido que as questões possuem grande influência no processo e, inclusive, podem inviabilizar a adoção do sistema proposto. Ainda, apesar da relevância, o presente trabalho não se aprofundou na quantificação dos resíduos gerados, nem dos seus custos associados à sua remoção do VFV, nem dos impactos negativos gerados.

1.5 Estrutura da Dissertação

O presente trabalho foi desenvolvido em quatro capítulos. No primeiro capítulo, que constitui a introdução, foi apresentado o tema proposto, bem como sua justificativa. Em seguida, foram definidos os objetivos, a metodologia utilizada para o desenvolvimento da pesquisa e, por fim, as delimitações do trabalho e estrutura da dissertação.

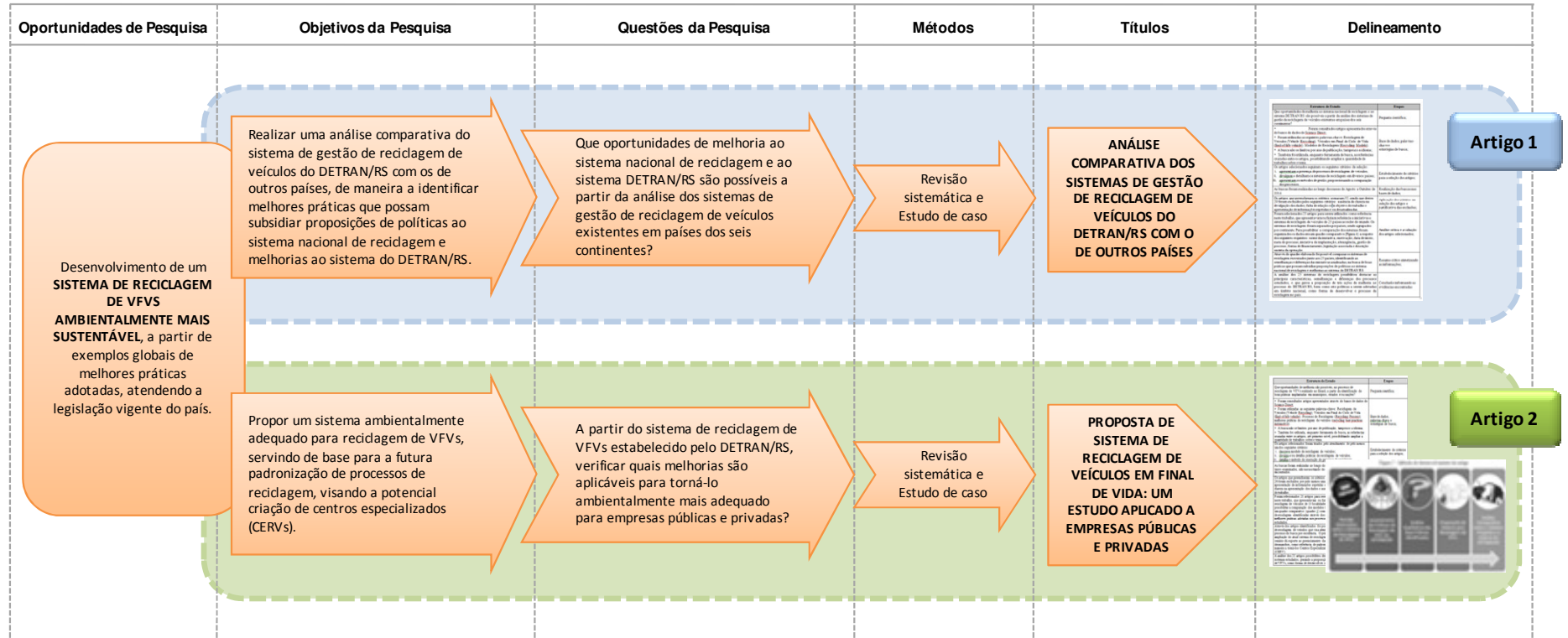
No segundo capítulo, foi apresentado o primeiro artigo, que teve por objetivo realizar uma análise comparativa do sistema de gestão de reciclagem de veículos do DETRAN/RS com os de outros países, de maneira a identificar melhores práticas que possam subsidiar proposições de políticas ao sistema nacional de reciclagem e ao sistema do DETRAN/RS.

Este artigo foi desenvolvido em cinco seções, a inicial contextualiza o problema de pesquisa. A segunda seção detalha os procedimentos metodológicos aplicados à pesquisa, desdobrando-se em classificação da pesquisa e método. A terceira seção apresenta os procedimentos e as políticas adotadas nos sistemas de reciclagem de veículos estudados, trazendo também a análise comparativa desses sistemas de gestão com o do DETRAN/RS. A quarta seção apresenta a proposição de políticas para inclusão no sistema nacional de reciclagem e ao sistema DETRAN/RS. E a última seção, apresenta o fechamento do artigo com conclusões e sugestões de trabalhos futuros.

O terceiro capítulo constitui o segundo artigo, e apresentou a proposição de um sistema ambientalmente adequado para reciclagem de VFVs, servindo de base para futura padronização de processos de reciclagem, visando a potencial criação de centros especializados em reciclagem de veículos - CERVs. Este artigo foi desenvolvido em seis seções, sendo que a primeira contextualizou o problema de pesquisa. A segunda detalhou os procedimentos metodológicos aplicados à pesquisa, composto de uma revisão sistemática. A terceira seção apresentou os resultados da revisão sistemática realizada, os quais subsidiaram, na quarta seção, a proposta de um sistema ambientalmente adequado para reciclagem de VFVs, que se aplica tanto para empresas públicas quanto privadas. Na quinta seção foi realizada a análise comparativa entre o sistema proposto e o atual sistema do DETRAN/RS. E na sexta e última seção, são apresentadas as conclusões e sugestões de trabalhos futuros.

No quarto e último capítulo, foram apresentadas as considerações finais, trazendo as conclusões, bem como as sugestões para trabalhos futuros relacionados a esta pesquisa. A Figura 1 ilustra, de forma resumida, a estrutura da dissertação, contendo a oportunidade de pesquisa, os objetivos, questões da pesquisa, métodos, os títulos dos artigos e, por fim, os delineamentos da pesquisa.

Figura 1 – Estrutura da dissertação



Fonte: Elaborado pela autora, 2016

Referências

- AKONBENG, A. K. Understanding Systematic Reviews and Meta-analysis. **Archives Disease Childhood**, v.90, p.845-848, 2005.
- BORGES, A.L.; FONSECA, L.S. **Logística como fonte de vantagem competitiva**. XXIV ENANGRAD, 29/09 a 02/10 de 2013, Florianópolis, 2013.
- BRASIL. Lei 12.305, de 02 de Agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 3 agosto 2010. Disponível em : <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 22 maio 2015.
- _____. Lei 12.977, de 20 de Maio de 2014. Regula e disciplina a atividade de desmontagem de veículos automotores terrestres; altera o art. 126 da Lei no 9.503, de 23 de setembro de 1997 - Código de Trânsito Brasileiro; e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 21 maio 2014. Disponível em : <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2014/Lei/L12977.htm>. Acesso em: 17 julho 2015.
- BRAUNGART, M.; MCDONOUGH, W.; BOLLINGER, A. Cradle-to-cradle design: creating healthy emissions – a strategy for eco-effective product and system design. **Journal of Cleaner Production**, p. 1337-1348, 2007.
- DE LA FUENTE, M.V.; ROS L.; CARDÓS, M. Integrating Forward and Reverse Supply Chains: Application to a metal-mechanic company, **International Journal of Production Economics**, p. 782–792, 2007.
- DERIMEL, E.; DERIMEL, N.; GÖKÇEN, H. A mixed integer linear programming model to optimize reverse logistics activities of end-of-life vehicles in Turkey. **Journal of Cleaner Production**, v.112, p.2101-2113, 2016.
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **The Circular Economy Applied to the Automotive Industry**. Disponível em: <<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/interactive-diagram/the-circular-economy-applied-to-the-automotive-industry>>. Acesso em: 03 outubro 2016.
- FERRER, G.; WHYBARK, C. The economics of remanufacturing. Business aspects of closed-loop supply-chains: exploring the issues. In: **Proceedings...** of the Carnegie Bosch Institute International Conference on Closed-Loop Supply-Chains, p. 317–354. 2001.
- GIL, A.C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002.
- GRADIN, K.T.; LUTTROPP, C.; BJÖRKLUND, A. Investigating improved vehicle dismantling and fragmentation technology. **Journal of Cleaner Production**, v.54, p.23-29, 2013.
- GUIDE, D.; VAN WASSENHOF, L. Managing product returns for remanufacturing. Business aspects of closed-loop chains: Exploring the issues. **Carnegie Bosch Institute**, Carnegie Mellon University Press, p. 355–380, 2003.
- KIM, K.H.; JOUNG, H.T.; NAM, H.; SEO, Y.C.; HONG, J.H.; YOO, T.W. Management status of end-of-life vehicles and characteristics of automobile shredder residues in Korea. **Waste Management**, v.24, Issue 6, p.533–40, 2004.

KUMAR, V.; SUTHERLAND, J.W. Development and assessment of strategies to ensure economic sustainability of the U.S. automotive recovery infrastructure. **Resources, Conservation and Recycling**, v.53, p.470–477, 2009.

LINDE, K.; WILLICH, S.N. How objective are systematic reviews? Differences between reviews on complementary medicine. **Journal of the Royal Society of Medicine**, v. 96, p.17-22, 2003.

PAN, Y.; LI, H. Sustainability evaluation of end-of-life vehicle recycling based on energy analysis: a case study of an end-of-life vehicle recycling enterprise in China. **Journal of Cleaner Production** xxx, 1-9, 2016.

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v.11, n.1, p.83-89, 2007.

SANTINI, A.; MORSELLI, L.; PASSARINI, F.; VASSURA, I.; DI CARLO, S.; BONINO, F. End-of-Life Vehicles management: Italian material and energy recovery efficiency. **Waste Management**, v.31, p.489–494, 2011.

SCHMID, A.; NAQUIN, P.; GOURDON, R. Incidence of the level of deconstruction on material reuse, recycling and recovery from end-of life vehicles: an industrial-scale experimental study. **Resources, Conservation and Recycling**, v.72, p.118– 126, 2013.

VERMEULEN, I.; VAN CANEGHEM, J.; BLOCK, C.; BAEYENS, J.; VANDECASTEELE, C. Automotive shredder residue (ASR): Reviewing its production from end-of-life vehicles (ELVs) and its recycling, energy or chemicals' valorization. **Journal of Hazardous Materials**, v.190, p.8–27, 2011.

ZHAO, Q.; CHEN, M. A comparison of ELV recycling system in China and Japan and China's strategies. **Resources, Conservation and Recycling**, v.57, p.15–21, 2011.

2 ARTIGO 1: ANÁLISE COMPARATIVA DO SISTEMA DE GESTÃO DE RECICLAGEM DE VEÍCULOS DO DETRAN/RS COM O DE OUTROS PAÍSES

2.1 Introdução

Anualmente, milhares de veículos são produzidos e inseridos no mercado. Só no Brasil, a frota de veículos no país, até o fim do ano de 2015 chegou a aproximadamente 50 milhões de automóveis, somando a esse número, veículos comerciais leves, caminhões, ônibus e motocicletas, o mesmo passará para mais de 90 milhões, aproximadamente 4,6% maior quando comparada ao ano anterior, conforme dados do Departamento Nacional de Trânsito – DENATRAN (DENATRAN, 2016). Fato que é impactante, uma vez que o Brasil apesar de possuir políticas de incentivo à venda de veículos novos, não possui legislação, tão pouco políticas públicas, para o desenvolvimento da reciclagem de veículos. Com a inserção destes novos veículos, uma grande quantidade de velhos veículos deixa de circular e acabam se tornando uma séria dor de cabeça aos proprietários e gestores públicos na busca de uma destinação ambientalmente adequada e principalmente rentável.

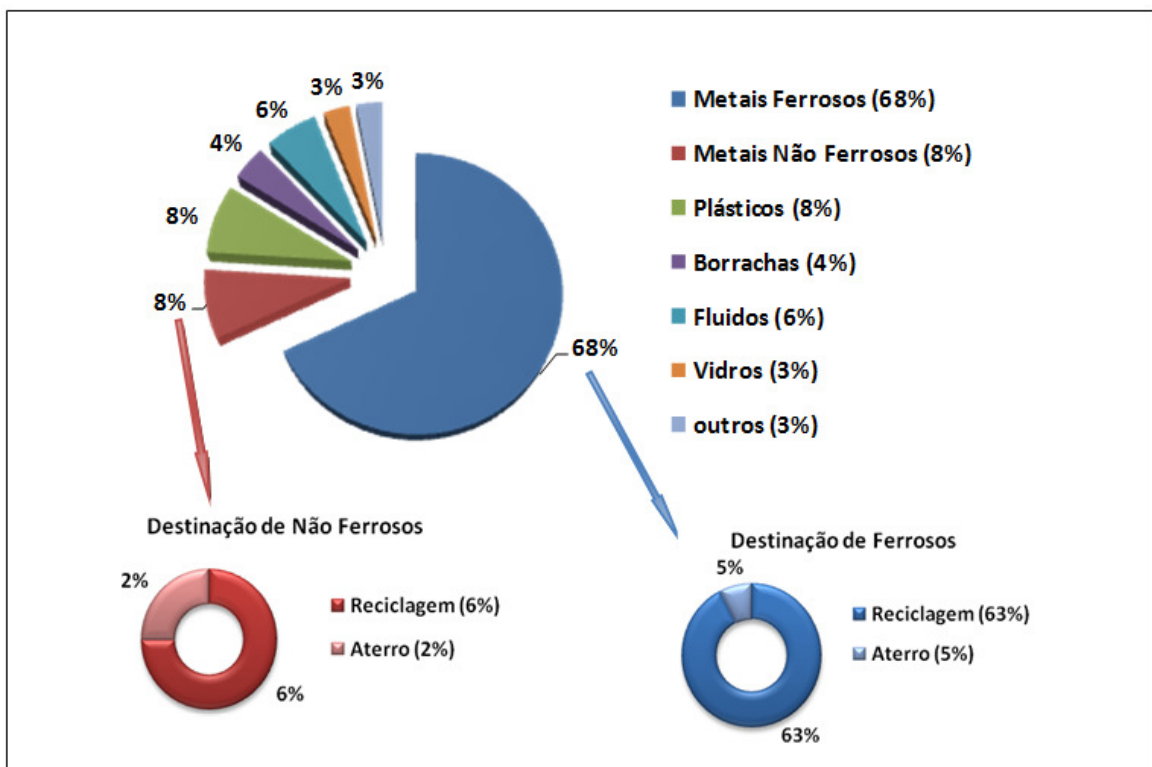
A reciclagem de veículos no Brasil é um tema pouco abordado e estudado. Para que se possa iniciar uma análise do ambiente associado a essa reciclagem, é importante considerar o tamanho e a idade média da frota circulante, que é de aproximadamente 13,4 anos para os veículos leves (FENABRAVE, 2016). Esta idade média avançada é prejudicial, uma vez que, os veículos antigos são os que mais poluem o ambiente, pois possuem tecnologias consideradas obsoletas, que podem ocasionar alto consumo de combustível, elevado índice de emissão de poluentes e maiores índices de quebra, o que, conseqüentemente, podem gerar aumento do número de acidentes, maior número de congestionamentos, além de impactos desfavoráveis na eficiência da gestão do trânsito e nos custos do transporte. Esses dados são alarmantes em comparação com o percentual de veículos que deixam de circular, ou ainda com o percentual desses que são destinados à reciclagem. Como exemplo, pode-se citar que a frota em circulação do estado do Rio Grande do Sul, considerando dados acumulados até o fim do ano de 2015 (DETRAN/RS, 2016a), é de aproximadamente 6,2 milhões de veículos, sendo que somente em 2015, foram emplacados mais 211 mil veículos. Em contrapartida, foram retirados de circulação e tiveram seus registros baixados cerca de 28,7 mil veículos,

representando menos de 14% do total emplacado no ano. Em complemento, desse total de veículos descartados, de acordo com o Sindicato do Comércio Atacadista de Sucata Ferrosa e Não Ferrosa (Sindinesfa), em média, no Brasil, apenas 1,5% são efetivamente reciclados todos os anos. Em contrapartida, 98,5% dos veículos que chegam ao final do seu ciclo de vida têm seu destino incerto, podendo ter sido encaminhados a desmanches, estarem apreendidos em depósitos ou ainda, abandonados em vias públicas ou em locais desconhecidos (REVISTA CESVI, 2009). Essa inserção de novos veículos no mercado não garante que a frota esteja se renovando, uma vez que, este incremento não se reflete na quantidade de veículos que é retirado anualmente de circulação, muito menos na proporção de veículos reciclados. Dessa maneira, desenvolver soluções que visem operacionalizar a destinação ambientalmente adequada de veículos em final de vida – VFV e seus resíduos, torna-se um tema relevante tanto para o meio ambiente quanto para órgãos públicos e empresas privadas que possuem rotinas associadas a reciclagem.

Essas soluções se justificam uma vez que o veículo que chega ao fim do seu ciclo de vida é considerado de grande potencial poluidor, em função da quantidade de fluidos contaminantes e mistura de materiais utilizados em sua fabricação, apresentados nos estudos de Hatschbach e Naveiro (2003) e Vermeulen et al. (2011) e detalhados na Figura 2. Verifica-se que, em média 68% do veículo é composto por material ferroso, o que permite uma alta taxa de reciclagem, cerca de 63% do seu peso total; seguido de 8% de materiais não ferrosos, dos quais 6% são reciclados; totalizando 69% do peso total do veículo destinado à reciclagem. Os restantes 31% são compostos por materiais ferrosos e não ferrosos que não puderam ser reciclados, além de materiais como plásticos, borrachas, fluidos, vidros, entre outros. Esses últimos, apesar de possuírem alto valor econômico de mercado, em função de misturas na confecção dos componentes do veículo, possuem um percentual baixo de reciclabilidade, fazendo com que a coleta, separação e destinação não compensem devido ao alto custo para remoção/separação desses componentes. Em muitos casos, esses resíduos são encaminhados para valorização energética ou ainda para aterros, pela ausência de uma cadeia logística reversa bem desenvolvida e com interesse no resíduo. Desta maneira, o sucesso do processo de reciclagem de veículos está diretamente relacionado à eficiência na desmontagem e separação de seus componentes, principalmente, quando se analisa o fluxo de materiais de um VFV. Em complemento, quando descartados, existem maneiras distintas de se ampliar o potencial mitigador de impacto dos veículos, dentre elas, o reuso, a remanufatura e a reciclagem dos materiais, peças e componentes.

De acordo com Castro (2012), os benefícios da reciclagem de veículos vão muito além do valor dos materiais recuperados. No caso dos metais, existe a redução na necessidade de extração de minérios, diminuindo significativamente a emissão de gases de efeito estufa. Também destaca a redução no consumo de água e de energia em comparação com os mesmos materiais quando obtidos a partir da extração mineral, no caso do aço chegando a uma redução de 56% no consumo de energia, no alumínio a 92% e do cobre a 90%. Porém a sociedade não tem facilidade de identificar esses aspectos positivos, o que torna difícil aumentar o valor agregado dos processos de reciclagem no mercado atual, levando em consideração que os clientes valorizam os aspectos funcionais dos produtos e não levam em consideração os impactos negativos gerados na produção e descarte dos mesmos. Outro ponto de destaque é a possibilidade de agregar valor ao processo de reciclagem com as compensações através de créditos de carbono.

Figura 2 - Composição de materiais de um automóvel e sua destinação



Fonte: Adaptado de Hatschbach e Naveiro (2003) e Vermeulen et al. (2011)

No Brasil, ainda são escassos os estudos publicados sobre reciclagem de veículos, apenas existindo iniciativas de programas que visam à renovação da frota de veículos, principalmente de caminhões e ônibus. Entretanto, boa parte desses programas foram desenvolvidos com ênfase nas questões econômicas, sem preocupações com as questões

técnicas associadas ao processo de descarte do veículo, que englobam além das atividades operacionais de reciclagem, as de logística de recebimento dos VFVs e de encaminhamento dos seus resíduos (COIMBRA; DANILEVICZ, 2015).

Um exemplo de programa citado é o Plano Nacional de Renovação de Frota de Caminhões – RenovAr, criado pela Confederação Nacional do Transporte - CNT no ano de 2009, que busca promover políticas públicas de incentivo financeiro aos proprietários que fizerem a entrega dos veículos a centros de reciclagem (ANDRADE, 2010).

Similar ao Projeto RenovAr, duas outras iniciativas também estão sendo desenvolvidas pelos governos dos Estados do Rio de Janeiro e de São Paulo (CNT, 2014): o Programa de Incentivo à Renovação, Modernização e Sustentabilidade da Frota de Caminhões; e o Programa de Incentivo à Renovação da Frota de Caminhões - Renova SP, respectivamente. O Programa realizado pelo Estado do Rio de Janeiro tem como meta a redução da idade média da frota de caminhões de 17 para 12 anos, até 2017. O governo do estado pretende estimular a entrega para reciclagem de aproximadamente 39 mil caminhões, através de incentivos fiscais. Com a entrega do caminhão antigo, o proprietário recebe um certificado que permite a compra de um veículo novo com isenção de Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação - ICMS.

No estado de São Paulo, implantado pela Agência de Desenvolvimento do Governo do Estado, o Renova SP desenvolve um projeto piloto oferecido, inicialmente, aos transportadores que operam na região portuária de Santos, onde a idade média dos caminhões é superior ao restante do país. O projeto permite que os transportadores financiem, integralmente, em até oito anos, a compra de novos caminhões sem cobrança de juros, para aqueles que realizam os pagamentos em dia. Para ter acesso ao crédito, o transportador deve entregar o veículo antigo a um centro de reciclagem licenciado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB (DESENVOLVE SP, 2014).

Outro exemplo de iniciativa em implantação é o Projeto Mina Urbana Brasil, que tem como objetivo a construção de um Centro de Reciclagem de Veículos no estado de Minas Gerais, na região metropolitana de Belo Horizonte (CNT, 2015). A previsão do início das atividades é para agosto de 2017, sob-responsabilidade do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET/MG (CEFET/MG, 2017).

Um programa que vem obtendo sucesso há anos e que serve de referência nacional é o realizado pelo Departamento Estadual de Trânsito do Rio Grande do Sul – DETRAN/RS. O

seu pioneirismo na modalidade de reciclagem de veículos tornou-o um dos primeiros órgãos a abordar o tema da economia circular como solução de problemas de ordem pública, buscando desafogar os pátios dos Centros de Remoção e Depósito – CRDs e melhorar a imagem de superlotação frente à população e os grandes centros. A reciclagem é realizada, no estado, desde o ano de 2009 e seus processos são sinônimos de excelência para outros processos de reciclagem de veículos similares no país, realizados por outros DETRANs, Prefeituras e também empresas privadas.

Dentre os quatro exemplos de ações relacionadas à reciclagem de veículos, cabe salientar que as iniciativas do Rio de Janeiro, São Paulo e DETRAN/RS são ações governamentais, enquanto que a iniciativa de Minas Gerais é técnico-acadêmica, uma vez que tem sua gestão dentro de um laboratório de Centro Tecnológico.

Com base no exposto, o presente trabalho tem por objetivo realizar uma análise comparativa do sistema de gestão de reciclagem de veículos do DETRAN/RS com os de outros países, de maneira a identificar melhores práticas que possam subsidiar proposições de políticas ao sistema nacional de reciclagem e melhorias ao sistema do DETRAN/RS. A análise dos sistemas com foco na gestão tem por finalidade ampliar a compreensão dos processos e grau de maturidade dos mesmos, buscando identificar a origem/motivação, envolvidos, formas de manutenção financeira, legislações associadas, entre outros temas importantes para o entendimento e adequação das práticas analisadas ao sistema ao qual se deseja desenvolver.

Este artigo é desenvolvido em cinco seções, sendo que a primeira contextualiza o problema de pesquisa. A segunda seção apresenta o detalhamento dos procedimentos metodológicos aplicados à pesquisa, desdobrando-se em classificação da pesquisa e método para a realização da pesquisa. A terceira seção, resultados da pesquisa, demonstra os procedimentos e as políticas adotadas nos sistemas de reciclagem de veículos adotados em outras nações e do DETRAN/RS, também trás a análise comparativa dos sistemas de gestão de reciclagem de veículos estudados. A quarta seção apresenta a proposição de políticas para inclusão no sistema nacional de reciclagem e melhorias ao sistema DETRAN/RS. E a última seção, conclusões, apresenta o fechamento do artigo com sugestões e propostas de trabalhos futuros.

2.2 Procedimentos Metodológicos

Esta seção contém o detalhamento dos procedimentos metodológicos aplicados à

revisão bibliográfica sistemática conduzida no presente trabalho, desdobrando-se em classificação e método de pesquisa.

2.2.1 Classificação da Pesquisa

A pesquisa desenvolvida caracteriza-se pela natureza aplicada, com abordagem qualitativa e objetivos de caráter exploratório, pois gera conhecimentos para aplicação prática focados na solução de problemas específicos, ao mesmo tempo em que faz um levantamento qualitativo das publicações relacionadas ao tema proposto (GIL, 2002).

2.2.2 Método de Pesquisa

O desenvolvimento deste artigo foi realizado em três etapas. Na primeira analisou-se o *modus operandi* dos sistemas de reciclagem de veículos no mundo, por meio da identificação de iniciativas, incluindo o sistema de reciclagem de veículos realizado no Brasil pelo DETRAN/RS. A identificação das iniciativas foi realizada através do método de revisão sistemática, que utiliza a literatura a respeito de um determinado tema como fonte primária de dados, sendo dependente da qualidade desses dados. A revisão sistemática possibilita a busca exaustiva de estudos primários de uma questão ou tema. A seleção desses estudos é realizada utilizando critérios claros e reprodutíveis de elegibilidade, na busca da síntese dos resultados.

Esse método permite incorporar uma gama maior de resultados relevantes, e disponibiliza um resumo das evidências relacionadas a uma estratégia de intervenção de interesse, possibilitando também a avaliação da consistência e capacidade de generalização dos resultados, não limitando a pesquisa a apenas alguns autores (AKONBENG, 2005; SAMPAIO; MANCINI, 2007; MAGNAGO; ECHEVESTE, 2011). Na revisão sistemática, de acordo com Magnago e Echeveste (2011), o objetivo de interesse é definido logo ao início do método, que se segue por meio de etapas que comportam a busca, apreciação crítica e síntese da informação selecionada. Esse método é indicado para captar informações de um conjunto de estudos realizados separadamente que podem apresentar resultados conflitantes e/ou coincidentes (LINDE; WILLICH, 2003). No Quadro 1 é apresentado a estrutura de estudo com as etapas utilizadas para revisão sistemática baseada em Magnago e Echeveste (2011).

Encerrada a revisão sistemática, foi iniciada a segunda etapa, que envolveu uma análise comparativa dos sistemas identificados, destacando as principais características, semelhanças e diferenças dos processos estudados. Na terceira e última etapa, foi realizada a proposição de políticas a serem adotadas no sistema nacional de reciclagem, assim como

melhorias no sistema do DETRAN/RS.

Quadro 1 - Estrutura de estudo para revisão sistemática

Estrutura de Estudo	Etapas
Que oportunidades de melhoria ao sistema nacional de reciclagem e ao sistema DETRAN/RS são possíveis a partir da análise dos sistemas de gestão de reciclagem de veículos existentes em países dos seis continentes?	Pergunta científica;
<ul style="list-style-type: none"> * Foram consultados artigos apresentados através do banco de dados do Science Direct; * Foram utilizadas as seguintes palavras-chave: Reciclagem de Veículos (Vehicle Recycling); Veículos em Final do Ciclo de Vida (End-of-life vehicle); Modelos de Reciclagem (Recycling Models); * A busca não se limitou por ano de publicação, tampouco a idioma; * Também foi utilizada, enquanto ferramenta de busca, as referências cruzadas entre os artigos, possibilitando ampliar a quantidade de trabalhos sobre o tema. 	Base de dados, palavras-chave e estratégias de busca;
Os artigos selecionados seguiram os seguintes critérios de seleção: <ul style="list-style-type: none"> i. apresentam a presença de processos de reciclagem de veículos; ii. divulgam e detalham os sistemas de reciclagem em diversos países; iii. apresentam os métodos de gestão, proporcionando a comparação dos processos. 	Estabelecimento de critérios para a seleção dos artigos;
As buscas foram realizadas ao longo dos meses de Agosto a Outubro de 2014.	Realização das buscas nas bases de dados;
Os artigos que preencheram os critérios somaram 52, sendo que destes 29 foram excluídos devido a: ausência de clareza na divulgação dos dados; falta de relação com objetivo do trabalho e apresentação de informações repetidas e/ou desatualizadas. Foram selecionados 23 artigos para serem utilizados como referência neste trabalho, que apresentavam ou faziam referência a iniciativas e sistemas de reciclagem de veículos de 25 países ao redor do mundo. Os sistemas de reciclagem foram separados por países, sendo agrupados por continente. Para possibilitar a comparação dos sistemas foram organizados os dados em um quadro comparativo (Quadro 3) a respeito dos seguintes requisitos: nome da iniciativa, motivação, data de início, meta do processo, iniciativa de implantação, abrangência, gestão do processo, forma de financiamento, legislação associada e descrição sucinta da operação.	Aplicação dos critérios na seleção dos artigos e justificativa das exclusões; Análise crítica e avaliação dos artigos selecionados;
Através do quadro elaborado foi possível comparar os sistemas de reciclagem executados junto aos 25 países, identificando as semelhanças e diferenças das iniciativas analisadas, na busca de boas práticas que possam subsidiar proposições de políticas ao sistema nacional de reciclagem e melhorias ao sistema do DETRAN/RS. A análise dos 25 sistemas de reciclagem possibilitou destacar as principais características, semelhanças e diferenças dos processos estudados, o que gerou a proposição de três ações de melhoria ao processo do DETRAN/RS, bem como oito políticas a serem adotadas em âmbito nacional, como forma de desenvolver o processo de reciclagem no país.	Resumo crítico sintetizando as informações; Conclusão informando as evidências encontradas

Fonte: Adaptado de Magnago e Echeveste, 2011

2.3 Resultados e Discussões

Com base na revisão sistemática desenvolvida são apresentados os sistemas de reciclagem de veículos que tiveram artigos ou citações realizadas nos documentos selecionados. Com o propósito de organizar e refinar a pesquisa, as informações obtidas são apresentadas em seções por continentes, sendo salientadas as práticas existentes em cada país. Inicialmente, são apresentados os sistemas de gestão de reciclagem de veículos de outras nações, destacando que, a descrição desses, é uma síntese dos sistemas identificados e o seu comparativo é detalhado na seção 2.3.3. Em seguida, foi descrito o sistema de gestão de reciclagem de veículos realizado pelo DETRAN/RS. O foco recaiu no DETRAN/RS uma vez que, no Brasil, as iniciativas implantadas ainda estão em fase de consolidação e, boa parte delas, utilizou o processo de reciclagem de veículos do DETRAN/RS como referência.

2.3.1 Sistemas de Gestão de Reciclagem de Veículos de Outras Nações

A análise constante desse item reflete os sistemas de gestão de reciclagem de veículos identificados na revisão sistemática existentes em 25 países, divididos nos cinco continentes: Africano, Americano (América do Norte e América do Sul), Asiático, Europeu e da Oceania.

2.3.1.1 Continente Africano

A única iniciativa do continente africano identificada na revisão sistemática foi a realizada no Egito, mais precisamente na capital Cairo. O Ministério de Estado para Assuntos do Ambiente promoveu um projeto para reciclagem de veículos através do programa de renovação da frota de táxis antigos da cidade, incentivando a substituição dos mesmos por veículos novos movidos a gás natural, com a finalidade de diminuir os congestionamentos e proporcionar a melhoria na qualidade do ar. Harraz e Galal (2011), afirmam que 26,4% da frota de veículos em circulação no Egito têm mais de 30 anos, destacando também que as práticas de reciclagem executadas no país são realizadas por pequenas oficinas ou depósitos de sucatas, não possuindo, assim, rede logística e cadeia definida para realização do processo de reciclagem, bem como legislação que abranja os demais veículos circulantes no país.

2.3.1.2 Continente Americano

A análise do continente americano permitiu identificar que existem iniciativas tanto na América do Norte quanto na América do Sul, entretanto, não foi identificada nenhuma

iniciativa na América Central. As iniciativas analisadas encontram-se detalhadas a seguir.

A) América do Norte

Todos os países que compõe a América do Norte: Estados Unidos - EUA, México e Canadá possuem processos de reciclagem de veículos. Nos EUA, de acordo com Tian e Chen (2014), o processo de desmontagem dos VFVs é um dos mais avançados do mundo. O país tem estudado e desenvolvido técnicas de desmontagem e remanufatura há mais de 30 anos, desenvolvendo este ramo de atividade junto aos VFVs, que está se tornando a principal fonte de lucro na indústria de reciclagem no país. A maioria das indústrias de reciclagem atende ao ramo automotivo, o que reforça a preocupação com os processos de remanufatura de peças e componentes, que seguem padrões, testes e inspeções rigorosas para garantir a produção de produtos que são comparáveis com os originais, agregando valor às partes e valorizando ainda mais a reciclagem de veículos no país. A ausência de uma legislação federal específica para reciclagem de veículos não compromete o processo no país, que tem seu VFV destinado corretamente, principalmente por consciência da sociedade e pelo mercado logístico e financeiro promissor. Consequentemente, cada estado federado que realiza a atividade, tem sua própria legislação a respeito do tema, e têm como apoio as legislações nacionais que abordam resíduos sólidos e eliminação de resíduos perigosos, tal como a que proíbe a eliminação de baterias de chumbo-ácido em aterros (STAUDINGER; FLYINN, 2001; AMELIA et al., 2009).

No México, o processo de reciclagem de veículos, ao contrário do que ocorre nos EUA, ainda não está bem consolidado, apesar de possuir um Programa de Sucateamento, desde 2003. Atualmente, o programa passou a ser chamado de Programa de Renovação Veicular (ANPACT, 2014). Sendo realizado para veículos pesados, como caminhões e ônibus. A gestão de resíduos, e isto incluem os VFVs, ainda não foi abordada pelas autoridades como um problema ambiental importante e, devido à ausência de legislação, o processo é impulsionado, principalmente, pela demanda de mercado, na qual os materiais e componentes mais valiosos, que proporcionam maior rentabilidade, são os recuperados (LIZARRAGA, 2010). A cadeia de VFV no país permanece escassa de relações comerciais entre as partes interessadas. Esse fato é evidenciado pela identificação de práticas inadequadas realizadas em várias etapas do processo de gestão, por exemplo, a falta de descontaminação dos VFVs antes do início do processo de reciclagem; a disposição desses fluidos de maneira incorreta; a falta de pontos de coleta de veículos; e a localização das unidades de

processamento; os quais têm sido apontados, entre outros acontecimentos, como alguns dos principais problemas da falta de eficiência do processo executado no país, o que pode ser justificado pela falta de técnicas e normatizações para realização da reciclagem. (ÁLVAREZ, 2007; CRUZ-RIVERA, 2007).

Nas buscas realizadas em relação à regulamentação do Canadá, não foram encontradas evidências de adoção de métodos estruturados, apesar da existência de processos pontuais de reciclagem de veículos no país. Através desses processos, boa parte do material ferroso é reciclado, porém existem materiais como plástico, vidro de para-brisas, entre outros que não possuem uma cadeia bem consolidada de reciclagem. Como consequência, não existe regramento associado à desmontagem e descontaminação dos veículos na busca da melhoria e do comprometimento com o ambiente, tampouco se tem a certeza da destinação correta dos VFVs, pois não existem certificados de baixa dos veículos, nem políticas para financiamentos do processo de reciclagem (WORDSWORTH; MILLER, 2011).

B) América do Sul

Na América do Sul não foi identificada, através da revisão sistemática realizada, qualquer iniciativa de reciclagem de veículos associada a um programa nacional. Porém, se tem conhecimento de processos de reciclagem de veículos que vem sendo realizados na Argentina, e em diferentes estados do Brasil, como Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Alagoas e Pernambuco. Esses processos realizados no Brasil estão em fase de consolidação e baseiam-se, quase em sua totalidade, no sistema do DETRAN/RS, que será abordado no item 2.3.2.

Na Argentina, o processo de reciclagem de veículos tem como regulamentação a Lei 25.761, conhecida como 'Lei das Autopeças', que foi promulgada no ano de 2003. Tal legislação foi criada com o intuito de coibir os roubos de veículos no país, favorecendo também a oferta e a redução do custo de peças de reposição junto ao mercado argentino. No país um processo de reciclagem de veículos bem sucedido e que tem sido amplamente divulgado, segundo Pons (2010) é o realizado pelo *Centro de Experimentación y Seguridad Vial* - CESVI Argentina. O projeto é mantido por oito seguradoras de veículos parceiras do país, em conjunto com fabricantes de veículos, vendedores de peças, Polícia Federal, entre outros. O projeto recebeu o nome de CESVIAUTO e recicla veículos leves recebidos das seguradoras parceiras diagnosticados como de perda total, recebendo esta classificação por não possuírem mais condições técnicas de circulação, devido a um acidente de trânsito ou a

recuperação de furto. Esses veículos são descontaminados, com a drenagem de fluidos, retiradas dos gases do ar condicionado, entre outros contaminantes, passando então a desmontagem de partes e peças de valor econômico, que são examinadas, catalogadas e armazenadas para serem posteriormente revendidas, sendo por fim a carcaça do veículo encaminhada à compactação e posterior trituração. Pons (2010) destaca ainda que o governo federal apesar de legislar a respeito do tema, não realiza nenhum incentivo com relação à atividade de reciclagem de veículos no país, e que esse processo de reciclagem nos moldes como realiza o CESVI Argentina também deveria ser estendido aos demais veículos leves e também pesados do país, visto que hoje só é realizado para veículos leves sinistrados de seguradoras.

2.3.1.3 Continente Asiático

No continente Asiático, diversas iniciativas de reciclagem de veículos foram localizadas, sendo elas: no Japão, na Coreia do Sul, na China (incluindo a província de Taiwan) e no Irã. Os demais países não possuem processos consolidados de reciclagem de veículos, um exemplo é a Malásia, que apesar de ser o maior produtor de veículos do Sudeste Asiático, ainda não possui legislação, tampouco processo consolidado a respeito do tema (AMELIA et al., 2009; LASHLEM et al. 2013).

No Japão, assim como em outros países da Europa, o tema reciclagem é considerado primordial e recebe atenção desde a década de 90, motivado, principalmente, pela limitada extensão territorial e a escassez de recursos naturais. A legislação a respeito da reciclagem de VFV foi introduzida nesse país, em 2005, sendo sua redação semelhante à Diretiva da União Europeia – Diretiva 2000/53/CE (EC, 2000). No entanto, ela é mais abrangente, pois engloba praticamente todos os tipos de veículos, ao contrário da Diretiva Europeia, que se restringe apenas a veículos de passeio e vans comerciais leves. O financiamento do processo de reciclagem é de responsabilidade do primeiro proprietário do veículo, que paga a taxa de reciclagem/eliminação de resíduos ao fabricante ou importador, no momento da aquisição do mesmo, que repassa estas taxas a *Japan Car Recycling Center* - JARC, responsável pela gestão e realização do processo de reciclagem. A legislação japonesa ainda estipula que é de responsabilidade das montadoras/fabricantes o fornecimento de manuais de desmontagem dos veículos produzidos, favorecendo e incentivando o projeto voltado a reciclagem (OGUSHI; KANDLIKAR, 2005).

Na Coreia do Sul, segundo Tian e Chen (2014) existe, desde 2007, o Ato de

Reciclagem de Recursos, Equipamentos Elétricos e Veículos, que serve como legislação no cumprimento de alguns requisitos para reciclagem de veículos no país. Baseada na Diretiva Europeia determina, entre outros requisitos, a obrigatoriedade de recolhimento da taxa de reciclagem, por partes dos produtores e importadores de veículos para financiamento do processo de reciclagem no país (KIM et al., 2004).

Na China, a fim de regulamentar as atividades de reciclagem de veículos, o Conselho de Estado do país promulgou em 2001 o regulamento para reciclagem de veículos em final de vida. Com o intuito de proteger o ambiente, melhorar a utilização de recursos e alcançar o desenvolvimento socioeconômico sustentável, em 2006 a Comissão de Reforma e Desenvolvimento Nacional, reforçou esta regulamentação com a promoção da Política da Tecnologia de Reciclagem de Produtos Automotivos, que tem por finalidade orientar e responsabilizar os fabricantes e importadores na concepção e produção de veículos e peças de reposição, bem como reduzir o uso de chumbo e outras substâncias nocivas para o ambiente. Esta política também encoraja as montadoras a utilizarem materiais reciclados para melhorar o tempo de vida efetivo do carro, tornando assim a reciclagem dos VFVs mais fácil e eficaz em termos de custos (ZHAO; CHEN, 2011).

Em Taiwan, uma província autônoma da China, o processo de reciclagem ocorreu de forma precursora, conforme Chen et al. (2010), com leis que desde 1988, colocam sob-responsabilidade dos fabricantes, dos importadores, e dos vendedores a reciclagem e tratamento de veículos e seus resíduos. A execução das atividades de reciclagem e a eliminação dos resíduos são planejadas e supervisionadas diretamente pelo *Recycling Fund Management Board* - RFMB. Esse fundo foi criado em 1998, para administrar e repassar as taxa de reciclagem cobradas de fabricantes e montadoras, as empresas responsáveis pelo processo reciclagem, que estabelecem métodos e padrões para facilitar o armazenamento, processamento dos VFVs e a realização de auditoria e certificações (CHENG et al., 2012).

No Irã, em 2009, foi aprovada legislação a respeito da destinação e reciclagem de VFVs. Esta legislação criou uma agência governamental, o Instituto de Gestão de Combustíveis e Transporte, que tem como finalidade gerir o recolhimento e reciclagem dos VFVs de forma eficiente. Dentro das metas o governo deve oferecer ajuda financeira aos proprietários de VFVs, a fim de motivá-los a entregarem seus veículos antigos para reciclagem, buscando a compra de veículos novos através de empréstimos financeiros junto ao Banco Central do Irã. Esse incentivo é dado de acordo com o alcance de uma meta de reciclagem de 1,4 mil veículos ao ano, tornando essencial também a participação dos

produtores de veículos na busca motivacional de novos compradores. A curiosidade do processo realizado no Irã fica por conta da necessidade do último proprietário se cadastrar através de um sistema *on-line* para que a partir daí os recicladores, no caso empresas privadas, gerenciem esses veículos, tendo a possibilidade de processá-los em até um ano, eliminando assim a necessidade de alocação e guarda dos mesmos. Porém, tal procedimento acaba por limitar a ação dos proprietários de velhos veículos não sendo possível realizar a reciclagem a qualquer momento e em qualquer lugar (MAHMOUDZADEH et al, 2013).

2.3.1.4 Continente Europeu

Atualmente, com uma frota circulante com idade média de pouco mais de 9,7 anos (ACEA, 2016), a União Europeia, através da Comissão Europeia, foi pioneira no desenvolvimento de legislação para tratar da reciclagem e destinação dos materiais provenientes dos VFVs, chamada de Diretiva 2000/53/CE, que apresenta as diretrizes a serem seguidas pelos países que a compunha. No ano de 2013, esta Diretiva sofreu complementação da Diretiva 2013/28/EC (EC, 2013), que modifica o anexo II com relação aos veículos em seu final de vida útil. Segundo Mazzanti e Zoboli (2006), antes da adoção da Diretiva, dez países membros da União Europeia (Áustria, Bélgica, França, Alemanha, Itália, Holanda, Portugal, Espanha, Suécia e Reino Unido) já possuíam regulamentações próprias para VFVs. Finlândia e Irlanda estavam em finalização de acordos industriais, assim como a Dinamarca desenvolvia legislação específica a respeito do tema. Seis países (Áustria, Bélgica, Alemanha, Itália, Holanda e Suécia) combinavam acordos voluntários com legislação específica. Esses acordos eram contratuais formais ou informais destinados à divisão e distribuição das tarefas envolvidas com a reciclagem de veículos e traziam a montadora de automóveis, geralmente no papel principal, com a responsabilidade pela gestão do processo. A principal característica da maioria desses acordos era a ausência de instrumentos econômicos (BELLMANN; KHARE, 2000; KRIKKE et al., 2006).

Dentre os principais países da União Europeia, a Alemanha foi um dos primeiros a adotar a Diretiva 2000/53/CE, como base para sua regulamentação, motivado principalmente pelo lucro associado ao processo, sendo o primeiro a exigir a fiscalização de cotas de peso para garantir o sucesso da reciclagem de veículos no país. Apesar de seguir a Diretiva, não há legislação específica vigente na Alemanha que responsabilize as montadoras de veículos a realizar a destinação de seus produtos no final da vida útil. Também não existe uma ampla rede para recuperação de polímeros e materiais similares, mas isso não compromete o

processo, que é um dos mais bem consolidados para tratamento ambiental de VFVs da Europa (SCHULTMANN et al., 2006).

A Espanha segue a Diretiva 2000/53/CE, porém tem associado ao tema outras duas normativas: UNE 26470 (ESPANHA, 2002) e Real Decreto 1383/2002 (ESPANHA, 2003), que regulamentam a gestão e a instalação de Centros Autorizados de Tratamento - CAT de VFVs, acompanhadas do Plano Nacional de Veículos Fora de Uso. Juárez (2010) cita que esse plano tinha como meta inicial eliminar os veículos abandonados em via pública, realizando o recolhimento desses veículos inutilizados, seja por motivos mecânicos ou de acidentes, encaminhando os mesmos para reciclagem através dos CATs. O plano também responsabiliza as montadoras a utilizarem menos substâncias poluentes e projetarem veículos que facilitem a reciclagem. A responsabilidade pela descontaminação dos veículos é das montadoras, porém na maioria dos casos esta atividade é repassada aos CATs. Estas normativas impulsionaram a reciclagem no país, fazendo surgir uns dos processos mais importantes da Espanha realizado pelo *Centro de Experimentación y Seguridad Vial - CESVIMAP* da Seguradora de veículos Mapfre, que através de um CAT, realiza todas as etapas do tratamento dos VFVs.

A Holanda, de acordo com Krikke et al. (2006) é o país que possui um dos processos de reciclagem mais maduros e adequados com relação à reciclagem ambientalmente correta. A gestão do processo é realizada por uma empresa privada chamada *Auto Recycling Nederland* – ARN, que administra um fundo gerado pela taxa de reciclagem, que é em média de 45 euros, conforme a reciclabilidade dos veículos, fazendo com que a procura por veículos com taxas de reciclagem mais altas seja prática dos proprietários. O país atualmente, segundo dados da ARN (2014) possui uma das maiores taxas de reciclagem em peso de veículos do mundo, onde 95,9% são reciclados, sendo desses 23,8% destinados a revenda, 62,2% a reciclagem de materiais, e 9,9% para valorização energética.

O sistema de reciclagem de VFV realizado em Portugal, desde 2004, segundo Amaral (2005), exigiu inicialmente a definição de uma legislação nacional a respeito do tema, que gerou o Decreto Lei nº 196/2003 (PORTUGAL, 2003), que deu origem ao projeto denominado de VALORCAR. Posteriormente, este decreto sofreu alterações, sendo atualmente o Decreto Lei nº 114/2013 (PORTUGAL, 2013), a legislação vigente. Através do projeto o governo português criou um sistema integrado entre as montadoras, distribuidores, coletores de resíduos e recicladores, sendo esses os responsáveis pela recolha e tratamento adequado dos VFVs. A administração desse sistema é realizada por uma empresa sem fins

lucrativos, criada no projeto, e então denominada por Valorcar – Sociedade de Gestão de Veículos em Fim de Vida, na qual as montadoras têm participação majoritária, e para a qual estas transferem suas responsabilidades da gestão dos VFVs (VALORCAR, 2013).

No Reino Unido, composto por Escócia, Inglaterra, Irlanda do Norte e País de Gales, existem legislações próprias. Inicialmente em 2003, foi criado o Instrumento Estatutário 2003 N° 2635 (REINO UNIDO, 2003), que foi baseado na Diretiva Europeia relacionada à destinação dos VFVs, sendo complementado em 2005, pelo Instrumento Estatutário 2005 N° 263 (REINO UNIDO, 2005), que responsabilizava os fabricantes de veículos a recolherem os VFVs das suas próprias marcas, porém esta última legislação não é específica com relação à recuperação de materiais provenientes da reciclagem. A Inglaterra é o país com processo de reciclagem mais desenvolvido entre os que compõem o Reino Unido, sendo por esse motivo, escolhido para representar os demais nesse trabalho. No país foram criados os *Authorized Treatment Facilities* (ATFs) para garantir a eficiência do processo de descontaminação e destinação de resíduos envolvidos no processo de reciclagem de veículos, assim como emitir os certificados de destruição relevantes para cancelamento dos registros dos veículos reciclados (FORTON et al., 2006). Ainda de acordo com Smith et al. (2004), na Inglaterra a ausência de regulamentações claras a respeito da destinação dos VFV por parte dos proprietários tem aumentado o número de veículos abandonados no país, visto que em algumas regiões é necessário pagar para que seja feita a destinação do VFV, ao contrário de outras em que o proprietário recebe uma contrapartida financeira pela entrega do veículo à reciclagem. Somado a isso, a deficiência no controle efetivo do registro dos veículos junto às autoridades, tem desencadeado a impunidade a respeito do abandono.

Os veículos reciclados na Itália representaram em média 15% do total de veículos reciclados na União Europeia entre os anos de 2006 e 2008, de acordo com os dados de Berzi et al. (2013). Apesar de a Diretiva 2000/53/CE ter entrado em vigor ainda em 2000, a maioria das iniciativas na Itália teve início a partir de 2008, impulsionadas por um acordo firmado entre o Ministério do Ambiente e parceiros industriais formados pela Associação Nacional dos Fabricantes de Automóveis, Comerciantes e Instalações de Reciclagem. O processo de reciclagem é realizado pelos *Authorized Treatment Facilities* (ATFs) - centros de reciclagem. A distribuição desses centros no país está diretamente relacionada com a densidade de veículos nas regiões, totalizando aproximadamente 1800 ATFs e 29 trituradores de resíduos. O processo de reciclagem inicia com a baixa do registro do veículo e a remoção da identificação do mesmo (número de chassi). Em seguida, dá-se início à descontaminação do

VFV, na qual são removidos os líquidos recicláveis (óleo de motor, óleo de freio, refrigerante, entre outros), baterias e substâncias perigosas. Com a conclusão da descontaminação, é realizada a desmontagem de peças e a carcaça é encaminhada para a área de compactação, passando em seguida à trituração da mesma. O autor ainda ressalta que a responsabilidade pelo financiamento do processo no país é das montadoras e importadoras de veículos.

A Agência de Gestão de Veículos fora de uso – FEBELAUTO foi fundada na Bélgica em 1999, com a finalidade de ser o órgão gestor dos VFVs no país, sendo responsável pela coleta, tratamento e reciclagem dos veículos e seus derivados. Para a reciclagem, de forma segura e ecológica, os VFVs têm de passar por uma série de etapas, sendo estas: despoluição, desmonte, compactação, trituração, baixa do registro e a destinação adequada dos resíduos, através do reuso, da reciclagem ou eliminação em aterro (FEBELAUTO, 2015).

Na Dinamarca desde 1979, segundo Smink (2007), já existiam normas ambientais que impulsionavam mudanças na destinação correta dos VFVs. Porém, somente nos anos 2000 que a pressão regulatória sobre as empresas de desmontagem de veículos tornou-se mais exigente. Associada à Diretiva 2000/53/CE, Smink cita o *Statutory Order n° 480* (decreto lei), de 19 de junho de 2002, que determina as empresas dinamarquesas de desmantelamento obter uma autorização emitida pelo Ministério do Meio Ambiente, assim como um Sistema de Gestão Ambiental (ISO14001) e/ou um Sistema de Gestão da Qualidade (ISO9001), para poder operar.

A Suécia foi pioneira nas políticas para a reciclagem de veículos na Europa decretando sua primeira lei para VFV em 1975, onde o governo sueco introduziu o Sistema de Depósito-Reembolso - DRS, por meio da Lei de desmantelamento de veículos - SFS 1975: 343 (SUÉCIA, 1975). Substituindo esta legislação, em 1997, foi criada a Portaria sobre Responsabilidade do Produtor - SFS 1997: 788 (SUÉCIA, 1997), que exigiu que os fabricantes/importadores aceitassem seus VFVs de forma gratuita, tendo assim a responsabilidade de financiar um sistema de recolha e tratamento desses veículos. Atualmente a Suécia adota a Diretiva 2000/53/CE (MANOMAIVIBOOL, 2008).

Na França, desde 2000, o tratamento adequado dos VFV tornou-se obrigatório, sendo realizado por centros de reciclagem de veículos, antes chamados de demolidoras (FAREL et al., 2013). O processo de reciclagem inicia com a descontaminação, através da retirada de fluidos e outros componentes que quando descartados podem ser nocivos ao ambiente, passando-se a desmontagem de peças para reutilização e para reciclagem, entre essas: plásticos e vidros. Posteriormente, a trituração do restante do veículo é realizada, sendo o

resíduo proveniente classificado e separado através de processos magnéticos, flotação, entre outros. A finalização do processo fica por conta da valorização energética dos resíduos que não poderão ser reciclados, garantindo assim atingir a meta de 95% em peso encaminhado a reciclagem, conforme Diretiva 2000/53/CE (FEDEREC, 2015).

Um dos países que tem enfrentado diversos problemas para o amplo desenvolvimento da reciclagem é a Polônia (GOLEBIEWSKI et al., 2013). Entre suas dificuldades estão: número insuficiente de plantas de trituração de VFV, altos custos operacionais relacionados com o equipamento/ferramentais e/ou um número elevado de desmontadoras, em comparação com o número de VFVs.

Dentre os 28 países, que compõem a União Europeia, 11 foram apresentados nesse trabalho. Nos demais, foram identificados processos de reciclagem de veículos sendo executados, motivados principalmente pela exigência da Diretiva 2000/53/CE, porém estas iniciativas são pouco expressivas, ou mal divulgadas, não tendo relevância para necessidade de detalhamento junto a esse trabalho.

2.3.1.5 Continente da Oceania

Os países que compõe a Oceania, Austrália e Nova Zelândia, não possuem práticas padronizadas de reciclagem de VFVs. Na Austrália não existe legislação que obrigue o proprietário de VFV a destinar o mesmo à reciclagem, tampouco a realizar a baixa do seu registro. No entanto, iniciativas pontuais se iniciam no país através dos conselhos regionais que estão recebendo a responsabilidade da gestão dos VFVs, e estão criando pontos de recolha desses veículos para posterior reciclagem (LASHLEM, 2013).

Segundo Cassells et al. (2006) a indústria automotiva na Nova Zelândia negligencia a proteção ambiental. Não existem instalações para tratamento dos VFVs que tenham a preocupação com o descarte de substâncias perigosas. A justificativa se concentra na ausência de rentabilidade do processo, assim proprietários de VFVs podem fugir à responsabilidade de dar uma destinação adequada a seus veículos.

2.3.2 Sistema de Reciclagem de Veículos do DETRAN/RS

No Brasil, dentre as responsabilidades dos DETRANs estão a remoção e a guarda de veículos envolvidos em medidas administrativas. No estado do Rio Grande do Sul esta guarda abarca, também, veículos envolvidos em acidentes com lesão, em ocorrências policiais e em ações judiciais. Esse contexto ocasionou a superlotação dos depósitos, nos quais os veículos

estão expostos à intempérie e podem se constituir em foco de proliferação de pragas e doenças (DETRAN/RS, 2016a).

De forma a solucionar esse problema, o DETRAN/RS foi o pioneiro no desenvolvimento nacional de um sistema para a reciclagem de veículos com orientação ambiental. Esta postura o tornou referência para outras iniciativas desenvolvidas por outros órgãos públicos, empresas privadas e, principalmente, por outros DETRANs.

Historicamente, esse sistema teve origem em 2009, quando foi publicada a Portaria DETRAN/RS nº 383 (DETRAN/RS, 2009), que dispõe sobre os procedimentos a serem adotados para a reciclagem dos veículos e materiais inservíveis, sem identificação ou sem possibilidade de qualquer regularização. No ano seguinte foi publicada a Portaria DETRAN/RS nº 254/2010 (DETRAN/RS, 2010), que complementou a normativa anterior, possibilitando que veículos depositados há mais de dois anos junto aos CRDs fossem incluídos no processo de reciclagem, e posteriormente a Portaria DETRAN/RS nº 144/2016 (DETRAN/RS, 2016b) incluindo os veículos previamente encaminhados à hasta pública na condição de sucata e não arrematados em leilão, propiciando assim que um número maior de bens fosse destinado.

No ano de 2010, foi realizado o primeiro leilão de um lote de veículos e materiais para reciclagem, através do Edital de Leilão CECOM n.º 19/2010. Esse evento deu início à implantação do sistema de reciclagem de veículos automotores e materiais inservíveis, retidos nos depósitos do DETRAN/RS. Em vista dessa iniciativa ser ímpar no país, a empresa arrematante do lote precisou desenvolver procedimentos e equipamentos específicos para atender aos requisitos do edital. Como resultado foi construída a primeira plataforma descontaminante do país, sendo, talvez, a primeira móvel do globo terrestre. Esse equipamento vem, desde então, desempenhando papel primordial na preparação para reciclagem de veículos, propiciando uma maior agilidade e confiabilidade no processo, reduzindo o tempo despendido e aumentando a segurança ocupacional de seus operadores.

O DETRAN/RS vem realizando, em média, um leilão anual para reciclagem de veículos e materiais inservíveis. Cada edital de leilão apresenta as obrigações que devem ser realizadas pelo arrematante, associada à quantidade de material ferroso a ser reciclado, conforme levantamento preliminar realizado - de acordo com a quantidade e tipo de veículos, assim como localidade de realização dos processos. Até o fim de 2016, o DETRAN/RS concluiu seis processos de leilão, contabilizando a reciclagem de mais de 16 mil toneladas de material ferroso, associada à reciclagem de 34,2 mil veículos, envolvendo VFVs de 56

municípios diferentes do estado do Rio Grande do Sul (DETRAN/RS, 2017).

O sistema de reciclagem referido se desdobra em cinco etapas apresentadas de forma sintética no Quadro 2. A primeira etapa trata do levantamento dos veículos que serão reciclados e farão parte do leilão. A segunda etapa é composta pela elaboração do edital e pela realização do leilão. A terceira etapa compreende a análise física e cadastral dos veículos a serem reciclados. A quarta etapa envolve a execução da reciclagem, por parte da empresa arrematante do lote. A quinta e última etapa inclui o encerramento documental e financeiro pelo DETRAN/RS.

Na quarta etapa do sistema, reciclagem, de maneira a atender à PNRS e a assegurar a destinação ambientalmente adequada dos veículos a serem reciclados, o DETRAN/RS desempenha dois papéis distintos. O primeiro, por meio do planejamento/definição de procedimentos operacionais para a reciclagem veicular, a serem executados pela empresa arrematante do lote. Enquanto que o segundo papel está associado ao controle das operações realizadas pela empresa arrematante, junto aos CRDs.

Quadro 2 - Sistema de reciclagem de veículos do DETRAN/RS

Levantamento	Leilão	Análise	Reciclagem	Encerramento
Análise dos dados dos sistemas de informação do DETRAN/RS para definição técnica dos pátios que serão atendidos, e quantitativos de veículos que serão reciclados.	Definição do arrematante que terá obrigações legais constantes em edital. Remuneração ao DETRAN/RS através do material ferroso: R\$ por Kg.	Ocorre de duas formas distintas e simultâneas. Na análise física são verificadas condições e sinais identificadores dos VFVs, enquanto na análise cadastral é verificado os registros de cada veículo para que sejam notificadas as autoridades envolvidas, bem como seus proprietários e demais interessados, sobre a destinação à reciclagem dos mesmos.	Cumpridos os prazos legais, após a conclusão das etapas de análise física e cadastral, se dá início as etapas de descontaminação, compactação e transporte, que são realizadas junto aos pátios do DETRAN/RS em que está sendo realizado o processo de reciclagem. Por fim a etapa de trituração ocorre junto à empresa siderúrgica através de equipamento chamado <i>Shredder</i> .	Após o encerramento das etapas que compõem a reciclagem, é feita a baixa dos registros dos veículos, e a remuneração dos pátios visto que são empresas privadas credenciadas ao DETRAN/RS que realizam a remoção e guarda dos veículos para o Estado.

Fonte: Elaborado pela autora, 2014

Assim sendo, de maneira a verificar oportunidades de melhoria ao sistema do DETRAN/RS e propor políticas para inclusão no sistema nacional de reciclagem, são apresentados, a seguir, os resultados oriundos da análise comparativa de sistemas de reciclagem identificados na literatura.

2.3.3 Análise Comparativa entre Sistemas

A comparação entre sistemas de reciclagem foi realizada por meio de um quadro comparativo (Quadro 3), na qual as iniciativas foram separadas por países, e posteriormente agrupados por continentes. Foram selecionados dez construtos, os quais são listados e detalhados, a seguir: nome da iniciativa, motivação, data de início, iniciativa de implantação,

abrangência, gestão do processo, tipo de financiamento, meta do processo de reciclagem, legislação associada e descrição sucinta da operação de reciclagem.

O primeiro construto, **nome da iniciativa** apresenta a nomenclatura exata estabelecida pelo país analisado, sendo que alguns deles não estabeleceram essa identidade ao sistema. O construto **motivação** define quais são os aspectos que possibilitaram e impulsionaram os sistemas de reciclagem junto aos países. A **data de início** e a **meta do processo** determinam o quanto esses países possuem sistemas maduros e consolidados em relação à reciclagem dos demais. Por sua vez, a identificação da **iniciativa de implantação** e da **abrangência** possibilitam identificar os principais responsáveis pela existência dos sistemas de reciclagem, sejam eles, os governos federais, estaduais ou empresas privadas. A **gestão do processo** apresenta quem são os agentes, entidades e empresas envolvidas com a prática da reciclagem de veículos, sendo esses os responsáveis por sua organização e desenvolvimento. A **forma de financiamento** destaca as modalidades e incentivos dados ao sistema de reciclagem, sua manutenção e realização. A **legislação associada**, e adotada em cada um dos países, também foi destacada. Por fim, uma **descrição sucinta da operação** permite realizar uma breve apresentação da estrutura e da complexidade das etapas envolvidas na prática da reciclagem.

Através do quadro comparativo (Quadro 3), foi possível identificar as características e similaridades entre esses processos, na busca por melhores práticas que embasem a sugestão de políticas para aprimorar o sistema de reciclagem nacional e o do DETRAN/RS.

Inicialmente, observa-se a existência de similaridade entre os diversos sistemas de reciclagem de veículos identificados. Em relação às possíveis motivações para implantação de processos de reciclagem, apresentadas na Figura 3, observa-se que a maioria dos sistemas (72%), totalizando dezoito países, possui convergência dentre as quatro principais identificadas. Nos demais sistemas (20%), totalizando cinco países, foram apresentadas motivações específicas, sendo que nos últimos 8% (dois sistemas) não foram possíveis identificar uma motivação.

Dentre as motivações compartilhadas, tem-se a reutilização e/ou recuperação de matéria-prima e a redução da contaminação ambiental, sendo identificadas em países como: Coreia do Sul, Taiwan (província autônoma da China), Alemanha, Bélgica, Espanha, Itália, Holanda, Portugal, Reino Unido (Inglaterra) e Suécia, os quais representam 40% dos sistemas analisados. Em países como Egito, México e Irã, que totalizam 12% dos sistemas, a principal motivação foi a renovação da frota de veículos. A recuperação de materiais ferrosos representou 12% dos sistemas e foi identificada no Canadá, Austrália e Nova Zelândia.

Quadro 3 - Quadro comparativo dos sistemas de reciclagem de veículos

Continente	País	Nome da Iniciativa	Motivação	Data de início	Iniciativa de Implant.	Abrangência	Gestão	Financiamento	Meta do processo	Legislação Associada	Descrição sucinta da operação
África	Egito	Não informado	Renovação da frota de táxis da capital Cairo, redução de emissão de poluentes	2008	Governo Federal	Capital do País	Ministério de Estado para Assuntos do Ambiente e Ministério das Finanças	Governo através de Cooperação com Banco Nacional	Não especificado	Não informada	Não informado
Américas	Canadá (América do Norte)	Não possui	Recuperação de ferrosos	Não definido	Privada	Não informado	Pequenas empresas privadas	Não existe	Não existe	Não existe	Não informado
	Estados Unidos (América do Norte)	Cada estado possui o seu programa	Retorno financeiro	próximo a 1980	Privada	Estadual	Empresas Privadas	Não existe	Não especificado	Cada estado possui a sua legislação	Descontamina, desmonta, compacta, tritura, separa os resíduos e destina a reciclagem e aterro
	México (América do Norte)	Programa de Renovación Vehicular (CHATARRIZACIÓN)	Renovação da frota de veículos pesados	2003	Governo Federal	Nacional	Empresas Privadas	Governo Federal	Não informado	Decreto de 30/10/2003	Desmontagem, classificação das partes, trituração, separação dos resíduos e tratamento
	Argentina (América do Sul)	CESVIAUTO	Redução do número de roubo de veículos	2003	Privada	Nacional	CESVI Argentina (Empresa privada)	Realizado com a venda de partes e peças de veículos reciclados	Não informado	Lei 25.761 - "Auto Partes"	Descontamina, desmonta partes e peças para revenda, compacta e recicla
	Brasil (América do Sul)	Cada estado possui o seu programa (todos baseados no processo DETRAN/RS)	Redução da superlotação dos depósitos de veículos	a partir de 2011	Governo do Estado	Estadual	Empresa licitada em parceria com o DETRAN de cada estado	Governo Estadual complementado pela venda em peso dos veículos a serem reciclados	Não informado	Cada DETRAN possui suas Portarias	Descontamina, compacta, tritura, separa os resíduos e encaminha para reciclagem e/ou aterro
Ásia	China	Não informado	Melhorar a trafegabilidade e a proteção do meio ambiente	2001	Governo Federal	Nacional	Não informada	Não informado	Não informado	Regulamento para reciclagem de VFV (2001) e Política da Tecnologia de Reciclagem de Produtos Automotivos (2006)	Desmontagem, descontaminação com coleta de fluidos e agentes perigosos, corte do veículo para facilitar transporte para trituração
	Coreia do Sul	Não informado	Reutilização e/ou recuperação de matéria prima, redução da contaminação ambiental	2007	Governo Federal	Nacional	Korean Automobile Manufacturers Association KAMA (sem fins lucrativos)	Fabricantes, montadoras e importadores	Reciclar 95% do veículo a partir de 2015	Ato de Reciclagem de Recursos, Equipamentos Elétricos e Veículos	Descontaminação, separação de peças e partes para recuperação das mesmas, e posterior trituração do restante com classificação e destinação
	Irã	Não informado	Renovação e estabilização do quantitativo de veículos no país	2009	Governo Federal	Nacional	Instituto de Combustíveis e Transporte	Governo Federal	1400 veículos reciclados ao ano	Não informada	Desmontagem e descontaminação, sendo encaminhado os resíduos a reciclagem
	Japão	Não informado	Escassez de recursos naturais e a limitada extensão territorial	2005	Governo Federal	Nacional	Japan Automobile Centro de Promoção de Reciclagem - JARC (sem fins lucrativos)	Taxa de reciclagem paga pelo primeiro proprietário	Reciclar 95% do veículo a partir de 2015	Law for the Recycling of End-of-Life Vehicles - Julho/2002	Descontamina, desmonta, tritura, separa os resíduos e destina a reciclagem, aterro (sob-responsabilidade dos fabricantes e importadores de veículos) e valorização energética
	Malásia	Não possui	Não definido	Não definido	Não existe	Não informado	Não possui	Não existe	Não existe	Não existe	Não informado
	Taiwan	Não informado	Reutilização e/ou recuperação de matéria prima, redução da contaminação ambiental	1988	Governo Federal	Nacional	Governo através do RFMB - Recycling Fund Management Board e EPA	Fabricantes, montadoras e importadores	Não especificado	Waste Disposal Act (WDA)	Desmontagem e descontaminação, sendo encaminhado os resíduos a reciclagem e valorização energética
Oceania	Austrália	Não possui	Recuperação de ferrosos	Não definido	Privada	Regional	Pequenas empresas privadas	Não existe	Não existe	Não existe	Não informado
	Nova Zelândia	Não possui	Recuperação de ferrosos	Não definido	Privada	Regional	Pequenas empresas privadas	Não existe	Não existe	Não existe	Não informado

Continua

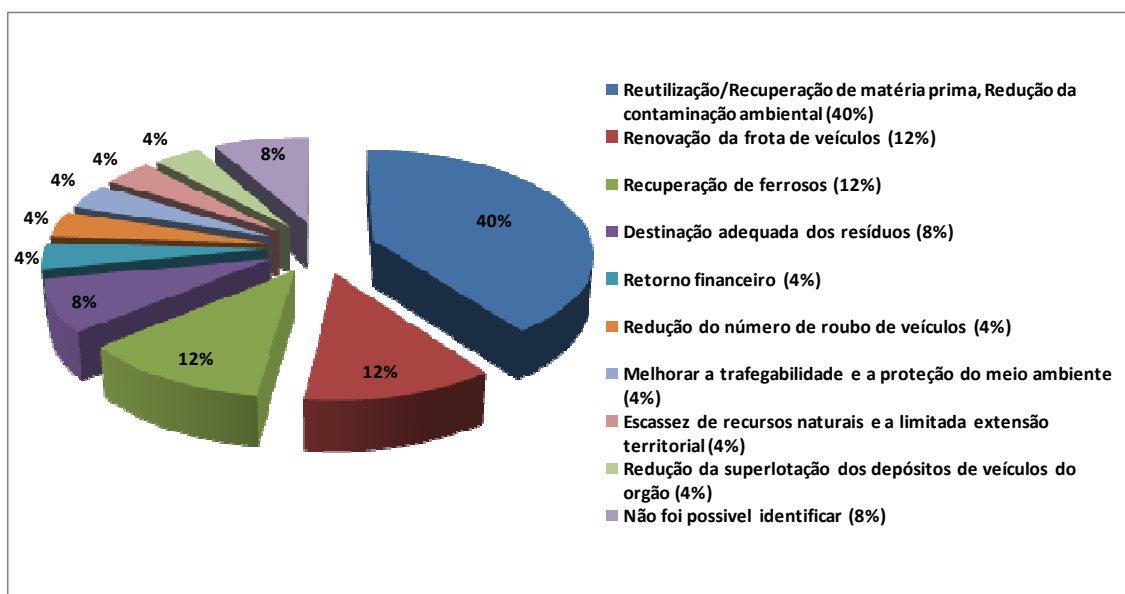
Continuação

Continentes	País	Nome da Iniciativa	Motivação	Data de início	Iniciativa de Implant.	Abrangência	Gestão	Financiamento	Meta do processo	Legislação Associada	Descrição sucinta da operação
Europa	Alemanha	End-of-Life Vehicle Ordinance (Altfahrzeug-Verordnung)	Reutilização e/ou recuperação de matéria prima, redução da contaminação ambiental	2002	Governo Federal	Nacional	Fabricante de veículo, com responsabilidade física e econômica	Fundo composto das taxas de registro e circulação	Reciclar 95% do veículo a partir de 2015	Diretiva 2000/53/CE e alterações	Desmontagem com a drenagem de contaminantes, remoção de peças poluentes, após a trituração do veículo
	Bélgica	FEBELAUTO	Reutilização e/ou recuperação de matéria prima, redução da contaminação ambiental	1999	Governo Federal	Nacional	Agência de Gestão de Veículos fora de uso - FEBELAUTO (Empresa privada)	Não informado	Reciclar 95% do veículo a partir de 2015	Diretiva 2000/53/CE e alterações	Despoluição, desmonte, compactação, trituração, baixa dos registros e destinação adequada dos resíduos: reuso, reciclagem ou aterro
	Dinamarca	Não informado	Destinação adequada dos resíduos	Não definido	Governo Federal	Nacional	Agência de Proteção do Ambiente - DEPA	Proprietário paga para VFV registrado antes de 2002, fabricante /importador paga para VFV registrados após 2002.	Reciclar 95% do veículo a partir de 2015	Diretiva 2000/53/CE e alterações, e Decreto Lei nº 480	Não informado
	Espanha	Plan Nacional de Vehículos Fuera de Uso	Reutilização e/ou recuperação de matéria prima, redução da contaminação ambiental	2002	Governo Federal	Nacional	CesviMap (Empresa Privada)	Realizado com a venda de partes e peças de veículos reciclados	Não informado	Diretiva 2000/53/CE e alterações, Real Decreto 1383/2002 e UNE 26470	Descontaminação, desmontagem, segregação, tratamento de peças reutilizáveis, prensagem de resíduos e tratamento final
	França	Não informado	Destinação adequada dos resíduos	2000	Governo Federal	Nacional	Secteur du Recyclage et de la Valorisation des Déchets - FEDEREC (Empresa Privada)	Não informado	Reciclar 95% do veículo a partir de 2015	Diretiva 2000/53/CE e alterações	Descontaminação, com retirada de fluidos e bateria, retirada de peças reutilizáveis, remoção de elementos não metálicos (plástico e vidros), e posterior trituração do restante com classificação e destinação
	Itália	Não informado	Reutilização e/ou recuperação de matéria prima, redução da contaminação ambiental	2000	Governo Federal	Nacional	Ministério do Ambiente, Associação Nacional dos Fabricantes de Automóveis, Comerciantes e Centros de Reciclagem	Fabricantes, montadoras e importadores	Reciclar 95% do veículo a partir de 2015	Diretiva 2000/53/CE e alterações	Armazenagem nos ATFs, despoluição com a remoção de peças e líquidos recicláveis, baterias e substâncias perigosas. Compactação e trituração
	Holanda	Não informado	Reutilização e/ou recuperação de matéria prima, redução da contaminação ambiental	1993	Governo Federal	Nacional	Auto Recycling Nederland - ARN (Empresa Privada)	Taxa de reciclagem (45 euros em média) paga pelo primeiro proprietário, conforme a taxa de reciclabilidade do veículo	Reciclar 95% do veículo a partir de 2015	Diretiva 2000/53/CE e alterações	Descontaminação, desmontagem de peças e componentes, compactação, trituração com reciclagem de 95,9% do veículo, 23,8% revenda, 62,2% reciclagem, 9,9% valorização energética
	Polônia	Não possui	Não definido	Não definido	Não existe	Não informado	Não possui	Não existe	Não existe	Diretiva 2000/53/CE e alterações	Não informado
	Portugal	VALORCAR	Reutilização e/ou recuperação de matéria prima, redução da contaminação ambiental	2004	Governo Federal	Nacional	Valorcar (sem fins lucrativos)	Prestação financeira anual (PFA) paga por fabricantes/importadores de veículos novos	Reciclar 95% do veículo a partir de 2015	Decreto Lei nº 114/2013	Armazenagem em centros de recepção, transporte aos centros de desmontagem e descontaminação, após os resíduos são encaminhados para reuso, reciclagem ou valorização energética
	Reino Unido (Inglaterra)	Não informado	Reutilização e/ou recuperação de matéria prima, redução da contaminação ambiental	2003	Governo Federal	Nacional	Não informada	Em alguns estados é necessário pagar para que seja reciclado o veículo, em outras se recebe pela entrega do veículos aos centros	Não especificado	Diretiva 2000/53/CE e alterações, Instrumento Estatutário 2003 N° 2635 e 2005 N° 263	Descontamina, desmonta, compacta, tritura, separa os resíduos e destina a reciclagem e aterro
Suécia	Não informado	Reutilização e/ou recuperação de matéria prima, redução da contaminação ambiental	1975	Governo Federal	Nacional	Não informada	Fundo DRS -Fabricantes, montadoras e importadores	Reciclar 95% do veículo a partir de 2015	Diretiva 2000/53/CE e alterações	Não informado	
Iniciativa Foco da Análise Comparativa	País	Nome da Iniciativa	Motivação	Data de início	Iniciativa	Abrangência	Gestão	Financiamento	Meta do processo	Legislação Associada	Descrição sucinta da operação
	Brasil (América do Sul)	Processo de Destinação de Material Inservível - DETRAN/RS	Redução da superlotação dos depósitos de veículos do órgão	2009	Governo Estadual	Estadual	Empresa licitada em parceria com DETRAN/RS	Governo Estadual complementado pela venda em peso dos veículos a serem reciclados	Não informado	Portaria DETRAN/RS n° 383/2009, 254/2010 e 144/2016	Descontamina, compacta, tritura, separa os resíduos e encaminha para reciclagem e/ou aterro

Fonte: Elaborado pela autora, 2015

Na Dinamarca e na França, que representam 8% dos sistemas, a destinação adequada de resíduos foi a principal motivação identificada. Entre as motivações específicas nos sistemas analisados (4% individualmente) podem ser citadas: retorno financeiro (EUA); redução do número de roubo de veículos (Argentina); melhoria na trafegabilidade e a proteção do meio ambiente (China); escassez de recursos naturais e limitada extensão territorial (Japão); e, no DETRAN/RS, bem como no restante do Brasil, a redução da superlotação dos depósitos de veículos. Nesse estudo não foi possível identificar as motivações de dois países, Malásia e Polônia, que representam 8% dos sistemas.

Figura 3 - Motivações para implantação dos processos de reciclagem de veículos

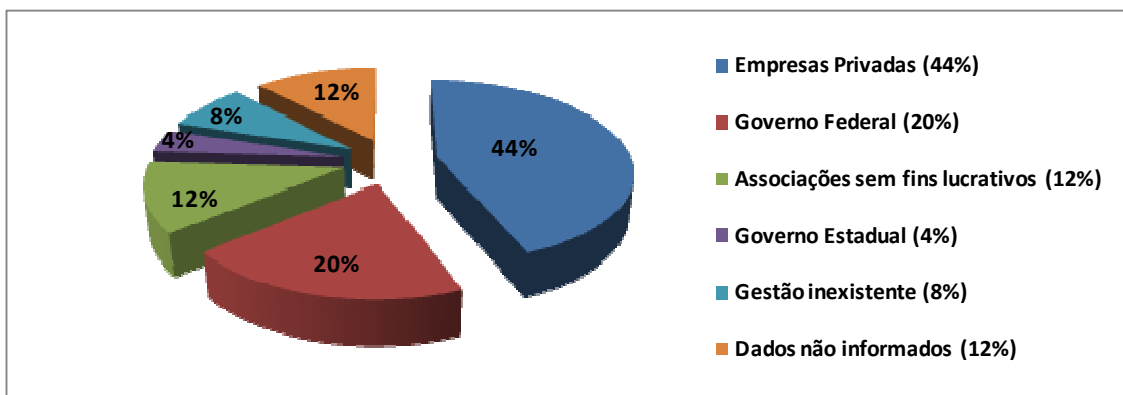


Fonte: Elaborado pela autora, 2015

As iniciativas que se apresentaram como pioneiras entre as estudadas foram de países como: Suécia que executa a atividade desde 1975; EUA, que mesmo sem data definida, realiza a reciclagem de seus veículos há mais de 30 anos; Taiwan, desde 1988; e Holanda, que iniciou suas atividades em 1993, sendo que as demais iniciativas tiveram início junto aos anos 2000. No que diz respeito à gestão dos processos (Figura 4), pode-se destacar que a mesma é realizada, principalmente, por empresas privadas (44% dos sistemas), seguidas dos governos federais (20% dos sistemas) através de ministérios, institutos, agências e/ou empresas criadas com esta finalidade, existindo também, empresas sem fins lucrativos, representando 12% dos sistemas, e, também, governos estaduais, representando 4% dos sistemas. As exceções são dois países (Malásia e Polônia – também 8% dos sistemas) que não possuem processos consolidados de

reciclagem e três países (China, Inglaterra e Suécia – 12% dos sistemas), com sistemas consolidados, mas que não tiveram esses dados informados.

Figura 4 - Envolvidos na gestão do processo de reciclagem de veículos



Fonte: Elaborado pela autora, 2015

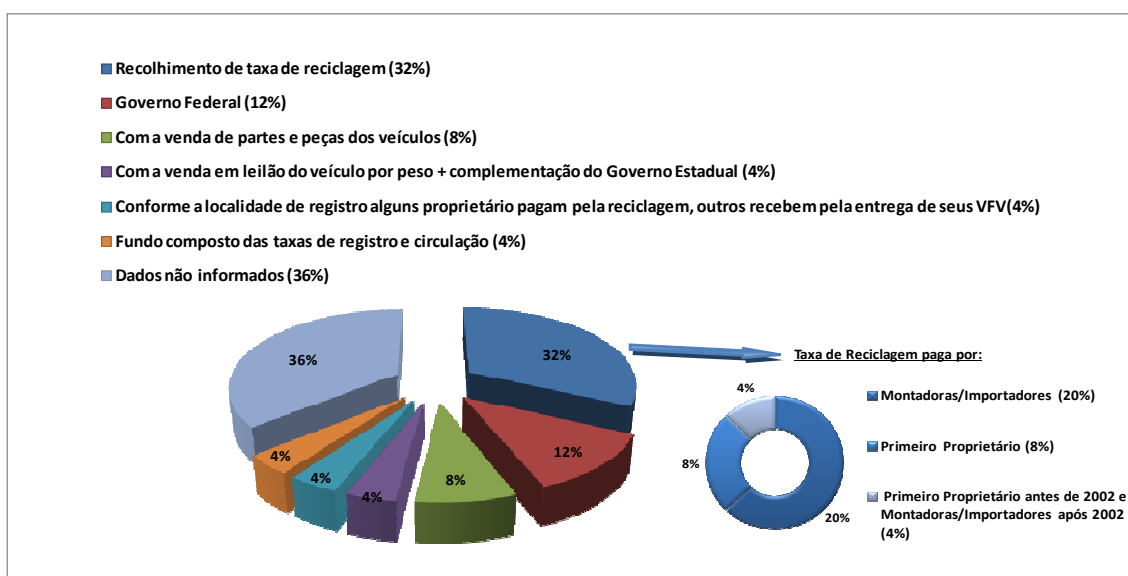
Com relação à operacionalização, observa-se que a execução da prática da reciclagem (descontaminação, separação, compactação, trituração e reaproveitamento e/ou descarte dos resíduos) ocorre, em 60% dos sistemas, por meio de empresas privadas licitadas ou contratadas. Essas realizam o processo sob supervisão do governo ou entidade gestora. Existem, ainda, 20% dos sistemas que realizam a atividade através de empresas privadas autônomas. Os demais 20% não possuem dados informados a respeito ou não possuem processos de reciclagem consolidados.

Quando se analisam as formas de financiamento dos sistemas de reciclagem, observa-se uma diversidade de modalidades, conforme Figura 5. Dentre elas podem ser citadas: financiamento direto do governo federal, como ocorre no Egito, México e Irã (12% dos sistemas); recolhimento de taxas de reciclagem, pagas pelas montadoras/importadoras ou pelos primeiros proprietários. A primeira ocorre em países como Coreia do Sul, Taiwan, Itália, Portugal e Suécia (20% dos sistemas); e a segunda em países como Japão e Holanda (8% dos sistemas). O destaque é dado à Dinamarca, que representa individualmente 4% dos sistemas, que estabeleceu dois critérios: cobrando dos primeiros proprietários a taxa de reciclagem para veículos registrados antes de 2002, e das montadoras/importadores para veículos registrados após 2002.

Na Argentina e Espanha, que representam 8% dos sistemas, o financiamento é realizado através da venda de partes e de peças dos veículos que ingressam no processo de reciclagem. Alguns sistemas apresentaram formas de financiamento específicas e representam, individualmente, 4% cada um, quais sejam: Brasil, que de forma similar a Argentina e Espanha, possui parte do processo financiado pelo valor arrecadado com o

leilão do material ferroso proveniente dos veículos reciclados, sendo a outra parte complementada pelo governo estadual; Inglaterra, que devido à ausência de legislação específica, possui regiões em que o último proprietário paga pela reciclagem do VFV e, em outras, o proprietário recebe pela entrega do VFV ao centro de reciclagem; Alemanha, que, diferente de como ocorre nos demais países, criou um fundo composto pelo percentual das taxas de registros e circulação dos veículos, com o propósito de financiar o processo junto às principais montadoras no país, sendo estas as responsáveis pela reciclagem dos veículos. Os demais sistemas, que representam 36%, não informaram a forma de financiamento ou não possuem sistema de fomento.

Figura 5 - Formas de financiamento do processo de reciclagem de veículos



Fonte: Elaborado pela autora, 2015

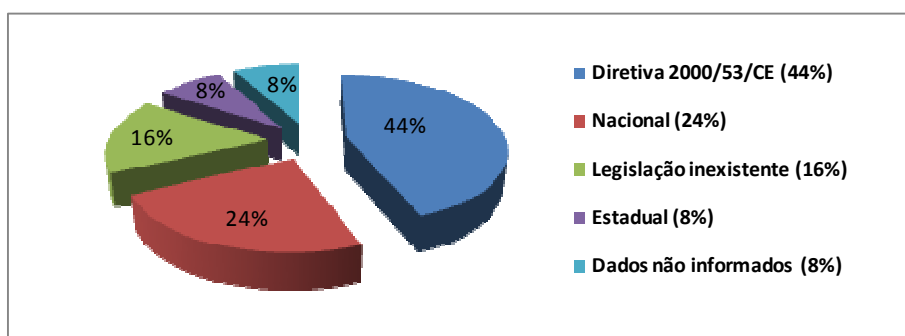
No que se refere às legislações associadas ao processo de reciclagem de veículos, verifica-se na Figura 6, que 44% dos sistemas adotaram regramentos criados a partir da Diretiva 2000/53/CE, promulgada pela União Europeia; 24% dos sistemas utilizam legislações nacionais, criando seus próprios regramentos; 8% dos sistemas, representados pelos EUA e pelo Brasil, possuem apenas legislações e regramentos no âmbito estadual; a exceção fica por conta dos sistemas do Canadá, Malásia, Austrália e Nova Zelândia, que totalizam 16%, não possuindo legislação a respeito do tema; e Egito e Irã, representando 8%, que não tiveram suas legislações informadas.

Em relação às metas de processo, 40% dos sistemas (Alemanha, Bélgica, Dinamarca, França, Itália, Holanda, Portugal, Suécia, Coreia do Sul e Japão) adotaram, a partir de 2015, que 95% do peso total de um veículo deve ser encaminhado à reciclagem. Não especificaram ou não informaram suas metas 56% dos sistemas. Por

fim, o Irã, que representa 4% dos sistemas, fixou como meta reciclar 1,4 mil veículos ao ano.

Sobre o aspecto da prática da reciclagem, pode-se destacar que 68% dos sistemas estudados possuem uma combinação própria das seguintes etapas: recepção dos veículos, baixa dos registros, armazenamento, descontaminação, desmontagem, separação/classificação, compactação, trituração, descarte, reaproveitamento/reuso, valorização energética, reciclagem e aterro. Os demais, 32% dos sistemas, não informaram como é realizada a prática de reciclagem.

Figura 6 - Legislação associada ao processo de reciclagem de veículos



Fonte: Elaborado pela autora, 2015

Em prosseguimento à análise do cenário DETRAN/RS e dos sistemas estudados, verifica-se que outras características além das apresentadas no quadro comparativo (Quadro 3), podem ser destacadas. As mesmas foram organizadas no Quadro 4, o qual aponta as semelhanças e diferenças entre o sistema DETRAN/RS e os demais.

A principal diferença observada em relação às dezoito características apontadas está vinculada à exclusividade na execução do processo de reciclagem de veículos realizado pelo DETRAN/RS, sendo o pioneiro na modalidade 'itinerante' de reciclagem de veículos. Nessa modalidade, todos os equipamentos e maquinários necessários são levados até os pátios dos CRDs do DETRAN/RS, onde os veículos aguardam pela reciclagem. Diferentemente, nos processos convencionais, os veículos é que são levados às unidades ou centros de reciclagem construídos e adaptados para esta finalidade.

Por outro lado, essa flexibilidade na realização do processo de reciclagem itinerante fica limitada: **à capacidade e tecnologia dos equipamentos**, uma vez que os mesmos devem ser compactos; **às intempéries**, pois o processo ocorre ao ar livre; e, principalmente, **à variação das condições dos pátios onde ocorrerá a reciclagem**, sendo necessárias constantes adaptações a questões de compactação do solo, inclinação da área, ausência de fiação elétrica, existência de espaço livre para circulação e manobra

de máquinas e equipamentos, ou outro item que limite a abertura e manipulação dos mesmos.

Dentre os 25 sistemas estudados, podem ser destacados os seguintes benefícios associados à reciclagem de VFV: é uma atividade lucrativa e de inserção social; fomenta programas de renovação da frota, que por consequência amplia a segurança no trânsito, reduz o consumo de combustível e as emissões de poluentes; e, por fim, é um processo ambientalmente correto, pois reduz a extração de matéria prima, bem como o descarte de resíduos na natureza.

Quadro 4 - Quadro com demais características de análise

Característica		Cenário DETRAN/RS	Cenários de outros Sistemas	País referência
1.	Estoque de Veículo	Possui estoque	Possuem estoque	5, 3, 10, 13, 16 e 21
			Não possuem Estoque	1 e 9
2.	Logística de VFV	Do ponto da descontaminação/compactação ao ponto de trituração	Proprietário ao Centro de Reciclagem e resíduo após processamento as unidades de tratamento ou reaproveitamento	3, 8, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22 e 23
3.	Logística de Equipamento	Necessita de amplo espaço para instalação do maquinário e manobra de caminhões	Não ocorre, visto que toda estrutura é fixa montada em unidades centros de reciclagem estabelecidos com esta finalidade exclusiva	5, 10, 13 e 21
4.	Unidade de Processamento	Itinerante	Fixa, com área de armazenamento e processamento	3, 5, 10, 13, 16, 19 e 21
5.	Desmontagem do veículo total ou parcial	Não ocorre pela ausência de legislação que permita	Ocorre na maioria dos modelos, principalmente nos que comercializam partes e/ou peças	3, 5, 10, 13, 16 e 21
6.	Descontaminação	Ocorre através de plataforma itinerante	Ocorre em áreas estabelecidas para esta finalidade	5, 10, 12, 13, 16, 18, 19 e 21
7.	Compactação	Ocorre no pátio do CRD pela necessidade de descaracterização total dos veículos e redução de volume para transporte	Na maioria dos modelos não ocorre	5, 18 e 21
8.	Corte/Trituração	Ocorre junto a unidade siderúrgica que realiza a transformação do resíduo	Ocorre, em sua maioria junto aos Centros de Reciclagem	3, 5, 18 e 21
9.	Comercialização de partes e/ou peças	Não ocorre	Ocorre em parte dos modelos	3, 5, 10, 16 e 21
10.	Legislação específica que responsabilize os envolvidos	Não existe	Existe em alguns países	7, 8, 10, 12, 13, 15, 16, 18 e 21
11.	Incentivo Fiscal	Não existe	Troca por veículos novos	1 e 4
12.	Baixa dos registros dos veículos	Ocorre após a reciclagem dos veículos	Pela entrega dos VFVs nos Centros	9 e 10
			Ocorre antes da reciclagem do veículo	5, 10, 13, 16 e 21
13.	Fluxo de processamento	Por lote	Contínuo	3, 5, 10, 13, 16 e 21
14.	Flexibilidade de Atendimento	Alta, devido a capacidade itinerante dos equipamentos, podendo atender várias cidades	Baixa, visto o centro ou unidade de processamento estar fixo em um local	5 e 16
15.	Cadeia Logística	Não estabelecida	Estabelecida	3, 10, 12, 13 e 21
16.	Equipamentos	Necessitam ser de pequeno porte e baixo peso, devido a necessidade de deslocamento entre os pátios dos CRDs	Ausência de limitador, visto serem montados em unidades próprias e fixas para a finalidade da reciclagem de veículos	3, 10, 13, 14, 19 e 21
17.	Capacidade de atendimento limitada	Pelo espaço disponível para alocação dos equipamentos, pela necessidade de espaço para manobra de caminhões e pelas intempéries	Pelo tempo de processamento dos equipamentos com relação aos veículos	5 e 16
18.	Risco de contaminação ambiental	Pela ausência de piso impermeável e sistema de coleta e tratamento de gases em suspensão	Pequeno, visto a maioria dos centros de reciclagem possuem sistemas de controle de resíduos, estando adequados para descontaminação, desmontagem e trituração	5, 10, 13, 16 e 21

Legenda: ¹Egito, ²Canadá, ³EUA, ⁴México, ⁵Argentina, ⁶Brasil, ⁷China, ⁸Coreia do Sul, ⁹Irã, ¹⁰Japão, ¹¹Malásia, ¹²Taiwan, ¹³Alemanha, ¹⁴Bélgica, ¹⁵Dinamarca, ¹⁶Espanha, ¹⁷França, ¹⁸Itália, ¹⁹Holanda, ²⁰Polônia, ²¹Portugal, ²²Inglaterra, ²³Suécia, ²⁴Austrália, ²⁵Nova Zelândia.

Fonte: Elaborado pela autora, 2015

2.4 Proposição de Políticas para inclusão no Sistema Nacional de Reciclagem e no Sistema do DETRAN/RS

Considerando os sistemas estudados, foram elaboradas possíveis políticas públicas a serem implantadas junto ao sistema de reciclagem nacional, as quais servirão de base para criação de procedimentos, métodos e legislações a respeito do tema. Essas políticas são apresentadas de forma decrescente, servindo de ordenamento para o processo de tomada de decisão sobre o sequenciamento de implantação. A seguir, são detalhadas as políticas, por meio de uma breve explanação, seguida da relação com os sistemas estudados para, no final, serem apresentadas condições de contorno para a sua criação. Por fim, considerando os mesmos 25 sistemas analisados, são apresentadas sugestões de melhoria ao sistema de reciclagem do DETRAN/RS.

Em âmbito nacional a primeira a ser apresentada é a **política de responsabilização dos envolvidos no ciclo de vida do veículo (Política 1)**, a qual deve explicitar as responsabilidades e deveres de cada *stakeholder* do processo, dentre eles fabricantes, montadoras, importadores, proprietários, governo, entre outros, bem como especificar os regramentos para cada uma dessas responsabilidades. Dentre os sistemas analisados, o da China, Coreia do Sul, Taiwan, Itália, Portugal e Suécia responsabilizam exclusivamente os fabricantes, montadoras e importadores. Por outro lado, Japão, Alemanha e Holanda responsabilizam o primeiro proprietário do veículo pelo financiamento do processo. Diante disso, trazendo para o cenário brasileiro, acredita-se ser importante a adoção de responsabilidade compartilhada entre fabricantes, montadoras e importadores (quem coloca o veículo no mercado) e, entre proprietários e seguradoras (quem detém o VFV). Ainda cabe salientar a relevância na criação de um sistema de fiscalização eficaz, por partes dos órgãos governamentais.

Em sequência, sugere-se a criação de uma **política para o fomento ao financiamento do processo de reciclagem (Política 2)** que deve prever a criação de um Fundo Nacional para Reciclagem de Veículos (FNRV) oriundo do recolhimento de taxas para reciclagem ou similares. Esta taxa tem por objetivo estimular a entrega dos VFVs a centros especializados. Para exemplificar, o sistema da Dinamarca prevê cobrança dos proprietários, quando da entrega do VFV para reciclagem, se o veículo foi produzido antes de 2002, e das montadoras/importadores para veículos produzidos após 2002. No Brasil, propõe-se um financiamento conjunto, entre quem coloca o veículo no mercado e o primeiro proprietário quando da emissão da nota fiscal de venda, em porcentagens a serem estabelecidas. Em complemento deve ser definido que órgão ou

entidade vai operacionalizar a gestão financeira desses recursos, distribuindo-os entre as empresas que realizam a reciclagem dos VFVs.

A Política 2 se complementa com a **política de fomento financeiro ao descarte correto de veículos (Política 3)**, que deve incentivar os proprietários e seguradoras a entregarem seus VFVs em centros especializados em reciclagem, recebendo ou um valor financeiro por esse ato, ou outra forma de valoração dessa entrega. Somado a isso, os órgãos governamentais têm papel de fiscalizar, e se for o caso multar veículos abandonados em vias públicas. Assim sendo, o objetivo principal desta política é o de desenvolver a cultura da reciclagem adequada dos VFVs. Analisando os sistemas estudados, não foi possível identificar algum que adote esta política como prática.

De maneira a viabilizar as Políticas 1, 2 e 3, faz-se necessária uma **política de fomento à criação de centros especializados em reciclagem de veículos (Política 4)**, para garantir que os veículos entregues (VFVs) serão adequadamente tratados em unidades especializadas para tal. Se os responsáveis pelo recebimento dos VFVs forem os fabricantes/montadoras/importadores estes poderão estabelecer parcerias com esses centros, uma vez que a essência do seu negócio atualmente não passa pela desmontagem de veículos. Estes centros seriam mantidos pelas taxas de reciclagem provenientes da Política 2, e teriam a função de: receber, descontaminar, desmontar, classificar, identificar, comercializar partes/peças (em condições de reuso, mediante laudo técnico associado) e encaminhar os demais resíduos à destinação final adequada, atendendo à Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS (Brasil, 2010) e demais legislações vigentes. Em relação aos sistemas analisados, Argentina e Espanha adotam esta política com sucesso.

Ao encontro da Política 4, sugere-se a adoção de uma **política de valorização dos atuais desmanches de veículos (Política 5)**, presente no sistema francês e que, no Brasil, poderá ser aplicada em âmbito estadual. Esta política deve prever ações para a mudança do estigma de um desmanche, passando o mesmo a ser reconhecido e denominado como 'centro especializado em reciclagem de veículos'. Estas organizações poderiam ser utilizadas como base para o desenvolvimento do processo de reciclagem no país, visto que a maioria realiza a atividade de reciclagem de veículos há décadas, estão localizadas em diversas cidades do país, e possuem uma estrutura mínima para a finalidade de descontaminação, desmontagem e destinação de peças, partes e resíduos. Em face disto, se reduziria o tempo e o investimento necessário para operacionalização da Política 4, uma vez que, com poucas adaptações e treinamento das equipes, obter-se-

iam centros especializados em reciclagem de veículos por todo país.

Outras três políticas com características financeiras, a serem aplicadas em âmbito nacional, podem contribuir para a reciclagem dos VFVs. Elas são descritas a seguir e estão associadas ao fomento da renovação de frota, a utilização de material reciclado e ao incentivo à compra de veículos mais verdes.

A **Política de fomento à troca de VFV por veículos novos (Política 6)** deve prever o incentivo financeiro a empresas que detenham frota veicular em sua operação (realizada nos sistemas do Egito e do Irã). Esta política pode beneficiar aproximadamente 11 milhões de veículos (12,7% da frota nacional), considerando veículos comerciais leves, caminhões e ônibus (DENATRAN, 2016). Salienta-se a importância de se estipular a idade média, a ser definida por segmento veicular, de maneira a servir de base para um planejamento em relação à substituição dos veículos antigos por novos. Além disso, alguns benefícios associados à Política 6 são: aumento da segurança viária, redução do consumo de combustível e redução da poluição atmosférica.

A **Política de fomento à utilização de material reciclado (Política 7)** deve prever a redução de carga tributária incidente às empresas que se proponham a utilizar, no seu processo produtivo, materiais provenientes de reciclagem (adotada no sistema da China). Desta forma, a Política 7 contribuiria com a implantação da logística reversa nacional, tendo como impacto a redução na extração de recursos naturais e a ampliação de processos de reciclagem de resíduos, por exemplo, os automotivos provenientes da desmontagem veicular.

Por fim, a **Política de incentivo ao desenvolvimento e à aquisição de veículos à base de energias limpas/alternativas (Política 8)** deve prever a redução de impostos quando da compra de veículos menos poluentes, mais econômicos e de fácil desmontagem. Esta política é identificada nos sistemas do Japão e da Espanha, e tem duas finalidades. A primeira é a de incentivar que futuros proprietários adquiram veículos com conceito eco-amigáveis (*ecofriendly*). A segunda está associada a fabricantes/montadoras que devem atender ao conceito eco-amigável, concebendo e produzindo/montando veículos com tecnologias mais sustentáveis, à base de energias limpas, composto por materiais reciclados ou de fácil reciclagem, e que sejam menos poluentes. Em complemento, os mesmos deveriam fornecer manuais de desmontagem dos veículos produzidos, a exemplo do que ocorre no Japão.

Em relação às sugestões de melhoria ao sistema DETRAN/RS, três ações são

consideradas fundamentais, quais sejam: (i) a criação de uma planta fixa de processamento de VFVs; (ii) a abertura do processo para reciclagem de veículos de outras origens, e (iii) a mudança/adaptação no sistema para o reaproveitamento e reuso de partes e peças. A primeira proporcionaria que uma quantidade maior de veículos, incluindo os de grande porte, fosse reciclada de maneira mais segura e ágil. Desta forma, a estrutura necessária para reciclagem de grandes volumes já estaria instalada, visto que, atualmente o processo está limitado pelos maquinários itinerantes.

A segunda ação incluiria não somente o leilão do DETRAN/RS, mas a reciclagem de VFVs oriundos diretamente de proprietários, seguradoras e leilões em geral. Em face disso, o quantitativo de VFVs também seria ampliado, assim como o volume de resíduos provenientes de sua desmontagem total. Este contexto pode reduzir os custos do processo de reciclagem e desenvolver a cadeia logística ambiental associada, uma vez que, quanto maior a quantidade e volume de resíduos, mais atraente pode se tornar esse segmento.

Por sua vez, a terceira ação envolve o reaproveitamento e reuso de partes e peças dos VFVs para comercialização, as quais estariam aptas para tal, após laudo emitido por responsável técnico especializado. Desta maneira, este novo formato de destinação (revenda) contribui como uma fonte de renda adicional ao processo de reciclagem de veículos. Assim como, possibilita a redução na extração de matéria prima, bem como a redução do encaminhamento de resíduos à valorização energética e a aterros. Entretanto, é necessário realizar um estudo verificando a viabilidade técnica e econômica de comercialização destas partes e peças provenientes do desmonte, visando à garantia da segurança e dirigibilidade do veículo que receberá esse item.

Estas ações somente se viabilizam se forem alteradas as Portarias DETRAN/RS nº 383/2009 e 254/2010, bases para a realização do processo de reciclagem, a qual teria que permitir a comercialização de partes e peças extraídas de VFVs, bem como a reciclagem de veículos de origens diversas ao leilão do DETRAN/RS. Também, cabe ressaltar a importância do papel dos órgãos governamentais, visto que é deles a responsabilidade pela desoneração de impostos dos *stakeholders* e pela criação das políticas sugeridas, estimulando que cada um dos envolvidos no processo cumpra com a sua parte no desenvolvimento e na melhoria da reciclagem de veículos no país. A implantação total ou parcial dessas políticas visa contribuir com o conceito de logística reversa, tão importante para a destinação ambientalmente adequada dos resíduos sólidos nacionais (BRASIL, 2010), em especial nesse estudo, os VFVs.

2.5 Conclusões

O presente trabalho efetuou um comparativo entre os sistemas de reciclagem de veículos de 25 países, por meio de revisão sistemática. Através dessa comparação identificaram-se as principais características, semelhanças e diferenças dos processos estudados, tendo como objetivo identificar melhores práticas que possam subsidiar proposições de políticas ao sistema nacional de reciclagem e melhorias ao sistema do DETRAN/RS.

A comparação entre os sistemas de diferentes países possibilitou o conhecimento de tecnologias e de procedimentos adotados em diferentes realidades. Nesta comparação, conclui-se que o sistema que mais se aproxima do sistema do DETRAN/RS é o da Argentina, uma vez que atua em sistema fechado, aplicado a somente uma parcela de VFVs. No entanto, o mesmo se difere por concentrar o processo de reciclagem em unidades fixas, além da possibilidade de comercialização de partes e peças, o que auxilia na sua manutenção financeira. A comparação também permitiu apontar que o sistema mais completo e maduro é o Holandês, uma vez que recicla qualquer tipo de VFVs, bem como inclui processo de logística reversa para reciclagem de baterias de veículos híbridos e elétricos do país. O financiamento desse processo ocorre tanto por meio da cobrança de taxas de reciclagem quanto da comercialização de partes e peças desmontadas.

Também, em termos internacionais, concluiu-se que existem semelhanças entre o processo de reciclagem do DETRAN/RS e os 25 sistemas estudados. E, se analisado nacionalmente, o mesmo é apontado pelos demais *stakeholders* como o mais avançado, sendo considerado o *benchmark*. Uma característica positiva desse sistema, tanto nacional quanto internacionalmente, é o fato de a sua reciclagem ocorrer de forma itinerante, o que dá flexibilidade ao sistema. Por outro lado, esta mesma característica pode ser considerada um ponto fraco do sistema, uma vez que limita a sua operação em termos de volume, espaço físico e tecnologia. Outra característica a ser melhorada está associada a não possibilidade de comercialização de partes e peças desmontadas, desperdiçando-se uma potencial fonte financiadora para o sistema.

A partir dos achados oriundos dessa comparação e de maneira a atender ao objetivo do presente trabalho, foram recomendadas três ações de melhoria ao sistema do DETRAN/RS, bem como oito políticas a serem adotadas em âmbito nacional, como forma de desenvolver o sistema de reciclagem no país.

Desta forma, de maneira a diversificar o escopo do sistema de reciclagem do

DETRAN/RS, sugere-se que seja desenvolvida uma planta fixa de processamento de VFVs, além da itinerante, a qual ampliaria o quantitativo de veículos a serem processados, de maneira a tornar viável o fluxo de produção. Assim sendo, a unidade fixa de processamento possibilitaria, além da correta descontaminação e desmontagem de veículos, a reciclagem de veículos de grande porte como caminhões, ônibus, dentre outros.

Em complemento, sugere-se a abertura de mercado para o processamento de VFVs de outras origens, que não provenientes dos pátios vinculados ao DETRAN/RS. Também é recomendada a criação de uma nova frente de receitas, oriunda da comercialização de partes e peças desmontadas, a qual pode contribuir para a manutenção financeira do sistema. Em face da implantação destas três ações, uma maior quantidade de VFVs poderia ser reciclada, refletindo-se em preservação ambiental, pela correta destinação dos resíduos e pela redução no consumo de recursos naturais e na desoneração de aterros. Porém, antes da implementação dessas ações no processo do DETRAN/RS, faz-se mister a revisão das legislações vigentes (Portarias DETRAN/RS nº 383/2009 e 254/2010), em especial, sobre a inclusão da permissão para retirada de partes e peças para aproveitamento e comercialização, bem como, a possibilidade de reciclagem de qualquer VFV, não importando a sua origem, desde que o veículo não contenha impedimentos e tenha seu registro passível de baixa.

Sobre as políticas aqui sugeridas, conclui-se que sejam adotadas em âmbito nacional, fazendo com que os demais entes federados envolvidos as detalhem melhor, incluindo proposições normativas e legislações, que possibilitem e aprimorem a reciclagem de VFVs no país. Além disso, deve existir uma revisão e complementação da legislação ambiental atualmente existente (Política Nacional de Resíduos Sólidos), uma vez que a mesma não é específica em relação à destinação de resíduos provenientes de veículos, nem sobre a responsabilização e descrição dos deveres de cada um dos *stakeholders* envolvidos no processo. Ainda sobre legislação, novos documentos devem ser desenvolvidos, em especial, um que determine o percentual de contribuição de cada *stakeholder* para o Fundo Nacional para Reciclagem de Veículos (FNRV), após a condução de estudo técnico. Com a criação do fundo e a arrecadação dos valores, será possível realizar o pagamento dos incentivos financeiros propostos nesse estudo (proprietários, empresas de reciclagem e centros especializados em reciclagem de VFVs).

A respeito da política para o desenvolvimento de centros especializados em

reciclagem de veículos, conclui-se que a mesma é fundamental para a consolidação de um sistema de reciclagem nacional. Entretanto, uma maneira de acelerar a implantação desses centros, é através da valorização dos atuais desmanches de veículos, capacitando-os e tornando-os parceiros no sistema nacional. Isto se deve, uma vez que esses desmanches estão distribuídos em diversas cidades do país, possuindo assim uma ramificação de atendimento e uma estrutura mínima para realização das atividades de reciclagem. Logo, em pouco tempo e com pouco investimento, podem ser criadas redes de reciclagem com os centros especializados por todo país. Porém, será necessária a criação de padrões e procedimentos a serem adotados por esses centros na busca da padronização e excelência do processo.

De forma geral, os resultados obtidos demonstraram que para a destinação ambientalmente adequada dos VFVs nos DETRANs, e no Brasil como um todo, será necessário um amplo projeto de reciclagem, que envolva os entes federados, as empresas e a sociedade, buscando desenvolver e ampliar o tema sob o ponto de vista político, econômico, ambiental e social. Em face disso, a implantação do conjunto de políticas sugeridas possibilitará que proprietários passem a se interessar pelo encaminhamento de seus VFVs a centros especializados, seja pela consciência ambiental ou pelos incentivos financeiros repassados a eles. Além disso, montadoras, fabricantes e importadores, a semelhança do que acontece na Europa, tenderiam a desenvolver soluções ambientalmente adequadas e tecnologias sustentáveis, com foco na montagem e desmontagem, gerando veículos considerados ecoamigáveis.

Por fim, alguns benefícios indiretos merecem destaque, dentre eles: a ampliação e melhoria do mercado de peças usadas; o desenvolvimento da cadeia de suprimento sustentável, incluindo os prestadores de serviços ambientais (PSAs); o aumento da demanda por profissionais técnicos relacionados às atividades de reciclagem de VFVs; a redução de veículos abandonados em vias públicas e depósitos; e a ampliação da segurança viária. Assim sendo, conclui-se que, a partir da implantação parcial ou total das políticas aqui apresentadas, desenvolve-se um ambiente favorável para a reciclagem de VFVs nacional.

Como sugestão de temas a serem abordados em trabalhos futuros, recomenda-se o estudo sobre a criação de estratégias que viabilizem a implantação de um sistema de reciclagem de VFVs a partir de práticas identificadas em outros sistemas ao redor do mundo. Estas práticas poderiam ser utilizadas como ferramenta de suporte à capacitação dos desmanches de veículos, de forma de dar início aos centros especializados em

reciclagem de veículos. Também, sugere-se a realização de estudo aprofundado da composição de materiais de um veículo, com o seu processo de desmonte e destinação ambientalmente adequado de resíduos, quando no final do ciclo de vida. Assim, possibilitando ampliar e melhorar a qualidade dos resíduos encaminhados à reciclagem e reuso, e por consequência reduzir os resíduos encaminhados à incineração e aterro. Por fim, recomenda-se estudo sobre o impacto do ciclo de vida de um veículo a partir do processo de reciclagem proposto, verificando a sua emissão de CO₂ equivalente, bem como a sua ecotoxicidade.

Referências

ACEA – European Automobile Manufacturers Association. **Average Vehicle Age**. Disponível em: <<http://www.acea.be/statistics/tag/category/average-vehicle-age>>. Acesso em: 06 novembro 2016.

AKONBENG, A. K. Understanding Systematic Reviews and Meta-analysis. **Archives Disease Childhood**, v.90, p.845-848, 2005.

ÁLVAREZ, M.L. **Head of Automotive Recycling project**, Research Division at Accountancy and Administration Faculty, National Autonomous University of Mexico (UNAM), México City, 2007.

AMARAL, J. **Desenvolvimento de uma metodologia de Ecodesign**: aplicação ao automóvel. 2005. 157 f. Tese (Doutorado em Design) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2005.

AMELIA, L.; DA WAHAB, D.; CHE HARON, C.; MUHAMAD, N.; AZHARI, C. Initiating automotive component reuse in Malaysia. **Journal of Cleaner Production**, v.17, p.1572–1579, 2009.

ANDRADE, C. O projeto RenovAr. In: Seminário Internacional sobre reciclagem de veículos e renovação de frota, 1. 2010, Brasília. **Anais eletrônicos...** Brasília, CNT, 2010. Disponível em: <[http://www.cntdespoluir.org.br/Documents/PDFs/SEMINARIO_DE_RECICLAGEM_\(CURV A\).pdf](http://www.cntdespoluir.org.br/Documents/PDFs/SEMINARIO_DE_RECICLAGEM_(CURV A).pdf)>. Acesso em: 22 junho 2014.

ANPACT - Asociación Nacional de Productores de Autobuses, Camiones y Tractocamiones, A.C. **¿Qué es la chatarrización?** Disponível em: <<http://www.anpact.com.mx/PlanEstrategicoSustentable/>>. Acesso em: 26 junho 2014.

ARN - Auto Recycling Nederland. **Recycling van Auto's**. Disponível em: <<http://www.arn.nl/recycling/recycling-van-autos/>>. Acesso em 22 novembro 2014.

BELLMANN, K.; KHARE, A. Economic issues in recycling end-of-life vehicles. **Technovation**, v.20, p.677–690, 2000.

BERZI, L.; DELOGU, M.; GIORGETTI, A.; PIERINI, M. On-field investigation and process modelling of End-of-Life Vehicles treatment in the context of Italian craft-type Authorized Treatment Facilities. **Waste Management**, v.33, p.892–906, 2013.

BRASIL. Lei 12.305, de 02 de Agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 3 agosto 2010. Disponível em : <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 22 maio 2015.

CASTRO, D. E. **Reciclagem e Sustentabilidade na Indústria Automobilística**. Belo Horizonte, CEFET/MG, 2012.

CASSELLS, S.; HOLLAND, J.; MEISTER, A. End-of-life vehicle disposal: Policy proposals to resolve an environmental issue in New Zealand. **Journal Of Environmental Policy & Planning**, v. 7, issue 2, p.107-124, 2005.

CEFET/MG - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. **CEFET-MG apresenta reciclagem automotiva no Festival do Japão**. Disponível em: <<http://www.campus2.cefetmg.br/2017/02/21/cefet-mg-apresenta-reciclagem-automotiva-no-festival-do-japao/>>. Acesso em: 23 fevereiro 2017.

CHEN, K.; HUANG, S.; LIAN, I. The development and prospects of the end-of-life vehicle recycling system in Taiwan. **Waste Management**, v.30, Issues 8-9, p.1661-1669, August-September, 2010.

CHENG, Y.W.; CHENG, J.; WU, C.; LIN, C. Operational characteristics and performance evaluation of the ELV recycling industry in Taiwan. **Resources, Conservation and Recycling**, v.65, p. 29–35, 2012.

CNT – Confederação Nacional de Transporte. **Rio de Janeiro isenta ICMS na compra de caminhões**. Disponível em: <http://www.cnt.org.br/Paginas/Agencia_Noticia.aspx?noticia=caminhoes-carga-ICMS-RiodeJaneiro-Renovar-renovacao-frota-03052013>. Acesso em: 23 outubro 2014.

CNT – Confederação Nacional de Transporte. **Centro Sistema de Reciclagem de veículos e caminhões será instalado em Minas Gerais**. Disponível em: <<http://www.cntdespoluir.org.br/paginas/Entrevistas.aspx?n=435>>. Acesso em: 15 setembro 2015.

COIMBRA, N. S.; DANILEVICZ, A. M. F. Public policy models that strengthen circular economy: a study applied to the consolidation of vehicle recycling process in Brazil. In: GLOBAL CLEANER PRODUCTION AND SUSTAINABLE CONSUMPTION CONFERENCE, 1., 2015, Sitges. **Proceedings...** Sitges, Elsevier, 2015.

CRUZ-RIVERA, R. **The implementation of End-of-Life Vehicles Recycling in developing countries, case study Mexico**. PhD thesis. Doctorate Program at the Chair of Industrial Sustainability at Brandenburg University of Technology in Cottbus, Germany, p. 203. 2007.

DESENVOLVE SP. **Programa Renova SP**. Disponível em: <<http://desenvolvesp.com.br/portal.php/renova-sp>>. Acesso em: 23 outubro 2014.

DENATRAN - Departamento Nacional de Trânsito. **Estatística – Frota**. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/frota2016.htm>>. Acesso em: 08 maio 2016.

DETRAN/RS – Departamento Estadual de Trânsito. Portaria DETRAN/RS nº 383, de 23 de dezembro de 2009. **Diário oficial do Estado do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, RS, 23/12/2009. Disponível em: <<http://www.detrans.rs.gov.br/conteudo/25248/383>>. Acesso em:

13 março 2014.

_____. Portaria DETRAN/RS nº 254, de 26 de julho de 2010. **Diário oficial do Estado do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, RS, 23/12/2009. Disponível em: <<http://www.detran.rs.gov.br/conteudo/26171/254>>. Acesso em: 13 março 2014.

_____. **Frota em Circulação no RS**. Disponível em: <http://www.detran.rs.gov.br/uploads/13995742031_Frota_do_RS.pdf>. Acesso em: 22 março 2016a.

_____. Portaria DETRAN/RS nº 144, de 09 de maio de 2016. **Diário oficial do Estado do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, RS, 09/05/2016. Disponível em: <<http://www.detran.rs.gov.br/conteudo/40266/144>>. Acesso em: 30 novembro 2016b.

_____. **Editais de Leilão**. Disponível em: <<http://www.detran.rs.gov.br/editais-leilao-reciclagem>>. Acesso em: 15 janeiro 2017.

EC - European Commission. Directive 2000/53/EC of the European Parliament and of the Council of 18 September 2000 on End-of-life Vehicles - Commission Statements. **Official Journal of the European Communities**. L nº 269, p.0034-0043, 21/10/2000. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:02fa83cf-bf28-4afc-8f9f-eb201bd61813.0009.02/DOC_1&format=PDF>. Acesso em: 22 maio 2014.

_____. Commission Directive 2013/28/EU of 17 May 2013 amending Annex II to Directive 2000/53/EC of the European Parliament and of the Council on end-of-life vehicles Text with EEA relevance. **Official Journal of the European Union**. L nº 135, 22/05/2013. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013L0028&from=EN>>. Acesso em: 20 agosto 2015.

ESPAÑA. UNE 26470:2002. Vehículos de carretera. Instalaciones de tratamiento de vehículos al final de su vida útil. Especificaciones técnicas de las instalaciones. **Boletín Oficial del Estado**, BOE nº 238, de 04/10/2002. Disponível em: <<http://www.boe.es/boe/dias/2003/01/03/pdfs/A00185-00191.pdf>>. Acesso em: 20 abril 2015.

_____. Real Decreto 1383/2002, de 20 de diciembre de 2002, sobre gestión de vehículos al final de su vida útil. **Boletín Oficial del Estado**, BOE nº 3, de 03/01/2003. Disponível em: <<http://www.boe.es/boe/dias/2003/01/03/pdfs/A00185-00191.pdf>>. Acesso em: 20 abril 2015.

FAREL, R.; YANNOU, B.; GHAFARI, A.; LEROY, Y. A cost and benefit analysis of future end-of-life vehicle glazing recycling in France: A systematic approach. **Resources, Conservation and Recycling**, v.74, p.54–65, 2013.

FEBELAUTO. **Overzicht van het recyclageproces**. Disponível em: <<http://www.febelauto.be/nl/recyclageproces/algemeen/>>. Acesso em: 20 abril 2015.

FEDEREC - Fédération Professionnelle des Entreprises du Recyclage. **Déconstruction automobile**. Disponível em: <<http://www.federec.org/les-nouvelles-matieres-premieres/vehicules-hors-dusage>>. Acesso em: 11 abril 2015.

FENABRAVE - Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores. **Anuário FENABRAVE 2015**. Disponível em: <<http://www3.fenabreve.org.br:8082/plus/modulos/listas/index.php?tac=indices-e-numeros&idtipo=6&layout=indices-e-numeros>>. Acesso em: 05 abril 2016.

FORTON, O.T.; HARDER, M.K.; MOLES, N.R. Value from shredder waste: Ongoing

limitations in the UK. **Resources, Conservation and Recycling**, v.46, p.104–113, 2006.

GIL, A.C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

GOLEBIEWSKI, B.; TRAJER, J.; JAROS, M.; WINICZENKO, R. Modelling of the location of vehicle recycling facilities: A case study in Poland. **Resources, Conservation and Recycling**, v.80, p.10–20, 2013.

HARRAZ, N. A.; GALAL, N. M. Design of Sustainable End-of-life Vehicle recovery network in Egypt. **Ain Shams Engineering Journal**, p. 211–219, 2011.

HATSCHBACH, R. N.; NAVEIRO, R.M. Panorama da reciclagem de componentes no setor automobilístico. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – ENEGEP, 23., 2003, Ouro Preto. **Anais eletrônicos...** Rio de Janeiro, ABEPRO, 2003. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2003_TR1005_0875.pdf>. Acesso em: 22 junho 2014.

JUÁREZ, I. Experiência na Espanha. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE RECICLAGEM DE VEÍCULOS E RENOVAÇÃO DE FROTA, 1., 2010, Brasília. **Anais eletrônicos...** Brasília, CNT, 2010. Disponível em: <[http://www.cntdespoluir.org.br/Documents/PDFs/SEMINARIO_DE_RECICLAGEM_\(CURVA\).pdf](http://www.cntdespoluir.org.br/Documents/PDFs/SEMINARIO_DE_RECICLAGEM_(CURVA).pdf)>. Acesso em: 22 junho 2014.

KIM, K.H.; JOUNG, H.T.; NAM, H.; SEO, Y.C.; HONG, J.H.; YOO, T.W. Management status of end-of-life vehicles and characteristics of automobile shredder residues in Korea. **Waste Management**, v.24, Issue 6, p.533–40, 2004.

KRIKKE, H.; LE BLANC, I.; VAN KRIEKEN, M.; FLEUREN, H. Low-frequency collection of materials disassembled from end-of-life vehicles On the value of on-line monitoring in optimizing route planning. **International Journal Production Economics**, v.111, p.209–228, 2008.

LASHLEM, A.A.; WAHAB, D.; ABDULLAH, S.; CHE HARON, C. A Review on End-of-life Vehicle Design Process and Management. **Journal of Applied Sciences**, p. 654-662, 2013.

LINDE, K.; WILLICH, S.N. How objective are systematic reviews? Differences between reviews on complementary medicine. **Journal of the Royal Society of Medicine**, v. 96, p.17-22, 2003.

LIZARRAGA, M. A bem sucedida experiência mexicana. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE RECICLAGEM DE VEÍCULOS E RENOVAÇÃO DE FROTA, 1., 2010, Brasília. **Anais eletrônicos...** Brasília, CNT, 2010. Disponível em: <[http://www.cntdespoluir.org.br/Documents/PDFs/SEMINARIO_DE_RECICLAGEM_\(CURVA\).pdf](http://www.cntdespoluir.org.br/Documents/PDFs/SEMINARIO_DE_RECICLAGEM_(CURVA).pdf)>. Acesso em: 22 junho 2014.

MAGNAGO, P. F.; ECHEVESTE, M. E. S. Caracterização de um modelo mínimo para o PDS por meio de uma revisão sistemática de literatura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS, 1., 2011, Porto Alegre, **Proceedings...** Porto Alegre, 2011.

MAHMOUDZADEH, M.; MANSOUR, S.; KARIMI, B. To develop a third-party reverse logistics network for end-of-life vehicles in Iran. **Resources, Conservation and Recycling**, v.78, p.1–14, 2013.

MANOMAIVIBOOL, P. Network management and environmental effectiveness: the management of end-of-life vehicles in the United Kingdom and in Sweden. **Journal of Cleaner Production**, v.16, Issue 18, p.2006-2017, 2008.

MAZZANTI, M.; ZOBOLI, R. Economic instruments and induced innovation: The European policies on end-of-life vehicles. **Ecological Economics**, v. 58, issue 2, p.318-337, 2006.

OGUSHI, Y.; KANDLIKAR, M. The impact of end-of-life vehicle recycling law on automobile recovery in Japan. In: INTERNATIONAL ENVIRONMENTALLY CONSCIOUS DESIGN AND INVERSE MANUFACTURING SYMPOSIUM, 4., 2005, Tokyo. **Proceedings...**, Tokyo: 2005. p.626–33.

PONS, F. Experiência na Argentina. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE RECICLAGEM DE VEÍCULOS E RENOVAÇÃO DE FROTA, 1., 2010, Brasília. **Anais eletrônicos...** Brasília, CNT, 2010. Disponível em: <[http://www.cntdespoluir.org.br/Documents/PDFs/SEMINARIO_DE_RECICLAGEM_\(CURVA\).pdf](http://www.cntdespoluir.org.br/Documents/PDFs/SEMINARIO_DE_RECICLAGEM_(CURVA).pdf)>. Acesso em: 22 junho 2014.

PORTUGAL. Decreto Lei nº 196/2003, de 23 de agosto de 2003. Transpõe para a ordem jurídica nacional a Directiva n.º 2000/53/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 18 de Setembro, relativa aos veículos em fim de vida. **Procuradoria-Geral Distrital de Lisboa – Ministério Público**. Disponível em: <http://www.pgdlisboa.pt/leis/lei_mostra_articulado.php?nid=371&tabela=leis&ficha=1&pagina=1&so_miolo=S>. Acesso em: 13 janeiro 2015.

PORTUGAL. Decreto Lei nº 114/2013, de 07 de agosto de 2013. Procede à sexta alteração ao Decreto-Lei n.º 196/2003, de 23 de agosto, que estabelece o regime jurídico a que fica sujeita a gestão de veículos e de veículos em fim de vida e seus componentes e materiais, transpondo para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2013/28/UE, da Comissão, de 17 de maio, que altera o anexo II à Diretiva n.º 2000/53/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 18 de setembro, relativa aos veículos em fim de vida. **Procuradoria-Geral Distrital de Lisboa – Ministério Público**. Disponível em: <http://www.pgdlisboa.pt/leis/lei_print_articulado.php?tabela=leis&artigo_id=&nid=1986&nversao=&tabela=leis>. Acesso em: 13 janeiro 2015.

REINO UNIDO. **Statutory Instruments, 2003, nº 2635** - Environmental Protection. The End-of-Life Vehicles Regulations 2003. Disponível em: <http://www.legislation.gov.uk/ukSI/2003/2635/pdfs/ukSI_20032635_en.pdf>. Acesso em: 21 junho 2014.

REINO UNIDO. **Statutory Instruments, 2005, nº 263**. The end-of-life vehicles (producer responsibility) Regulations 2005. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/415921/ELV_producer_responsibility_regulations_2005_statutory_instrument_2005.pdf>. Acesso em: 21 junho 2014.

REVISTA CESVI – Centro de Experimentação e Segurança Viária. **Reciclagem de Veículos: Brasil ainda está no 3º mundo quanto ao aproveitamento de veículos fora de uso**. São Paulo, v. 12, n. 63, 2009.

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v.11, n.1, p.83-89, 2007.

SCHULTMANN, F.; ZUMKELLER, M.; RENTZ, O. Modelling reverse logistic tasks within closed-loop supply chains: An example from the automotive industry. **European Journal of**

Operational Research, v.171, p.1033–1050, 2006.

SINDIPEÇAS - Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores. **Desempenho do setor de autopeças 2014**. Disponível em: <<http://www.virapagina.com.br/sindipecas2014/files/assets/common/downloads/publication.pdf>>. Acesso em: 22 junho 2014.

SMINK, C. K. Vehicle recycling regulations: lessons from Denmark. **Journal of Cleaner Production**, v.15, ed.11-12, p.1135–1146, 2007.

SMITH, M.; JACOBSON, J.; WEBB, B. Abandoned vehicles in England: Impact of the End of Life Directive and new initiatives, on Likely Future Trends. **Resources, Conservation and Recycling**, v.41, p.177–189, 2004.

SUÉCIA. Svensk Författningssamling n° 343, 22/05/1975. Svensk Författningssamling 1975:343. **Miljödepartementet**. Disponível em: <https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/bilskrotningsslag-1975343_sfs-1975-343>. Acesso em: 20 setembro 2015.

SUÉCIA. Svensk författningssamling n° 788, 23/10/1997. Svensk författningssamling 1997:788. **Miljödepartementet**. Disponível em: <https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/forordning-1997788-om-producentansvarfor_sfs-1997-788>. Acesso em: 20 set. 2015.

STAUDINGER, J.; FLYINN, M.S. **Management of end-of-life vehicles (ELVs) in the US**. Centre for Sustainable University of Michigan Reports; 2001.

TIAN, J.; CHEN, M. Sustainable design for automotive products: Dismantling and recycling of end-of-life vehicles. **Waste Management**, v.34, p.458–467, 2014.

VALORCAR. **Relatório de Atividades – 2013**. Disponível em: <http://www.valorcar.pt/core/components/manageLibFiles/uploads/D/RelAct2013_VFV_FINAL_Internet.pdf>. Acesso em: 21 junho 2014.

VERMEULEN, I.; VAN CANEGHEM, J.; BLOCK, C.; BAEYENS, J.; VANDECASTEELE, C. Automotive shredder residue (ASR): Reviewing its production from end-of-life vehicles (ELVs) and its recycling, energy or chemicals' valorization. **Journal of Hazardous Materials**, v.190, p.8–27, 2011.

WORDSWORTH, A.; MILLER, S. **Improving the Management of End-of-life Vehicles in Canada**. Canadá: Canadian Environmental Law Association – CELA, 2011. Disponível em: <<http://www.cela.ca/sites/cela.ca/files/784.ELV%20April%202011.pdf>>. Acesso em: 20 de março de 2013.

ZHAO, Q.; CHEN, M. A comparison of ELV recycling system in China and Japan and China's strategies. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 57, p.15–21, 2011.

3 ARTIGO 2: PROPOSTA DE SISTEMA DE RECICLAGEM DE VEÍCULOS EM FINAL DE VIDA: UM ESTUDO APLICADO A EMPRESAS PÚBLICAS E PRIVADAS

3.1 Introdução

A reciclagem de veículos é uma realidade em vários países do mundo. Entretanto, nem todos os países possuem sistemas adequadamente estruturados, como aqueles encontrados em países da Europa (CRUZ-RIVIERA; ERTEL, 2009; TIAN; CHEN, 2014) e Japão (ZHAO; CHEN, 2011; MAYYAS et al., 2012). Esta reciclagem é realizada em veículos em final de vida (VFVs), que podem ter origem em diferentes situações: acidentes de trânsito, falta de manutenção ou exigência natural de usabilidade. Nestas situações os veículos não possuem mais condições de trafegar, exigindo a sua retirada de circulação, com consequente desmontagem e destinação ambientalmente adequada de partes, peças e resíduos.

No Brasil, mais especificamente no estado do Rio Grande do Sul (RS), entre os anos de 2010 e 2015, aproximadamente 1,8 milhões de novos veículos foram registrados junto ao órgão executivo de trânsito. Entretanto, nesse mesmo período o número de veículos que tiveram seus registros baixados e, por consequência, saíram de circulação, foi de pouco menos de 145 mil, representando menos de 8% do total de veículos registrados no período (DETRAN/RS, 2016b). Cabe salientar que, apesar da existência de diferentes estudos associados a esse tema, nenhum caracteriza uma idade padrão para a realização da baixa do registro e potencial reciclagem. Esta situação aponta para oportunidades associadas ao desenvolvimento de políticas públicas que motivem a baixa do registro de veículos sem condições de trafegabilidade, com encaminhamento para reciclagem. Desta maneira, poderiam ser ampliados tanto os quantitativos de reciclagem quanto a melhoria da qualidade dos serviços de desmonte de veículos e de comercialização de partes e peças usadas. Entretanto, faz-se necessário o desenvolvimento de legislações e normativas, em âmbito federal, que determinem as responsabilidades e deveres de todos os envolvidos, além de ações de regulamentação e de padronização do processo de reciclagem.

Em face disso, foi aprovada a Lei Federal nº 12.977, de 20 de maio de 2014

(BRASIL, 2014), que regula e disciplina a atividade de desmontagem de veículos automotores terrestres no Brasil, complementada e regulamentada pela Resolução do CONTRAN nº 611, de 27 de maio de 2016 (BRASIL, 2016). O Estado do RS representado pelo Departamento Estadual de Trânsito – DETRAN/RS uma entidade Autárquica, passou a ter a responsabilidade pelo cadastro e gestão dos processos das empresas responsáveis pelo desmonte ou destruição de veículos, seguida da destinação das peças ou conjunto de peças usadas para reposição, sucata ou outra destinação final.

Tendo em vista que, o processo de reciclagem do DETRAN/RS, realizado desde 2009, ocorre somente dentro dos seus pátios, justifica-se um estudo para melhorar os procedimentos existentes e ampliar tanto a abrangência de operação quanto novas oportunidades de serviços prestados. Uma vez que, esta atividade de desmonte de veículos é exercida no Brasil, há décadas, com gerenciamento insuficiente, seja em âmbito operacional, ambiental, fiscal ou social, necessitando de um melhor gerenciamento e sistematização do processo de reciclagem de VFVs a ser realizado pelo DETRAN/RS.

Diante do exposto, o presente trabalho tem por objetivo propor um sistema ambientalmente adequado para reciclagem de VFVs, que sirva de base para a futura padronização de processos de reciclagem, visando a potencial criação de centros especializados (CERVs). Enquanto resultados, espera-se o desenvolvimento dos atuais ‘desmanches’, o que pode proporcionar a sua transformação em um CERV; a possibilidade de replicação do sistema nacionalmente, através dos DETRANs ou demais empresas públicas e/ou privadas; além da viabilidade de gestão integrada entre os DETRANs e os CERVs.

Este artigo é desenvolvido em seis seções, sendo que a primeira contextualiza o problema de pesquisa. A segunda seção apresenta o detalhamento dos procedimentos metodológicos aplicados à pesquisa, composto de uma revisão sistemática. A terceira seção apresenta os resultados oriundos dessa revisão, os quais embasam, na quarta seção, a proposta de Sistema ambientalmente adequado para Reciclagem de VFVs, que se aplica tanto para empresas públicas quanto privadas. Na quinta seção são detalhadas as justificativas do processo decisório. E na sexta e última seção, são apresentadas as conclusões e sugestões de trabalhos futuros.

3.2 Método

Esta seção contém o detalhamento dos procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento do trabalho, iniciando por uma breve apresentação do cenário foco do estudo, passando para a classificação e a descrição do método de pesquisa.

O cenário estudado é o processo de reciclagem de VFVs realizado pelo DETRAN/RS, o qual é considerado referência nacional pelos demais *stakeholders* do processo. De forma a se manter nesta posição, demanda constante desenvolvimento e melhoria em seus processos, dentre eles o processo de reciclagem de VFVs. Desta maneira, foi desenvolvida pesquisa de natureza aplicada, com objetivos exploratórios, uma vez que visa gerar conhecimentos para aplicação prática, na busca da resolução de problemas específicos (GIL, 2002). Foi utilizada abordagem qualitativa tanto para a análise das publicações relacionadas ao tema sugerido quanto para a proposição do sistema, foco da pesquisa. Como procedimentos técnicos, foi realizada revisão bibliográfica sistemática acerca do tema ‘práticas de reciclagem de VFVs’, de maneira a possibilitar a ampliação do conhecimento e embasar as proposições.

O método para o desenvolvimento do presente artigo se desdobra em 5 etapas, detalhadas na Figura 7 e descritas a seguir. A primeira etapa, revisão sistemática, adotou o sistema proposto por Magnago e Echeveste (2011), com o objetivo de identificar as práticas de reciclagem de VFVs implantadas em municípios, estados e/ou nações. Na segunda etapa, foram identificadas as práticas de reciclagem de VFVs realizadas pelo DETRAN/RS, utilizando técnicas de mapeamento de processo. Esse mapeamento foi realizado por meio de cinco reuniões com a participação da equipe do DETRAN/RS que trabalha direta ou indiretamente com o processo de reciclagem. Desta forma, foi possível identificar pontos no processo existente a melhorar.

Na terceira etapa, foi realizada análise qualitativa das práticas identificadas na revisão sistemática, com a finalidade de destacar as vantagens e desvantagens associadas a cada uma. Para tal, foi utilizada como base tanto a literatura pesquisada quanto a opinião da equipe do DETRAN/RS. Esse levantamento ocorreu por meio de reunião na qual foi possível identificar, dentre as práticas, aquelas que seriam incorporadas ao sistema para reciclagem de VFVs, a ser proposta na quarta etapa. Por fim, na quinta etapa é feita a análise comparativa entre o sistema proposto e o sistema atual de reciclagem de VFVs do DETRAN/RS. Esta análise foi realizada por meio de reuniões.

Figura 7 - Método de desenvolvimento do artigo



Fonte: Elaborado pela autora, 2016

3.3 Resultados

Esta seção contém os resultados do estudo realizado, assim como apresenta a estrutura e o detalhamento da revisão sistemática adotada (MAGNAGO; ECHEVESTE, 2011), com propósito de organizar e refinar a pesquisa. Em sequência, foram identificadas as práticas de reciclagem de VFVs existentes no DETRAN/RS, possibilitando a análise do processo e a construção de um fluxograma detalhado das atividades que envolvem o mesmo. Depois, foram realizadas as análises das práticas resultantes da revisão sistemática, destacando as vantagens e desvantagens. Por fim, foi realizada a proposição de um sistema buscando desenvolver e melhorar o processo de reciclagem de VFVs no Brasil seja em empresas públicas ou privadas.

3.3.1 Revisão Sistemática sobre Processo de Reciclagem de VFVs

A revisão sistemática realizada possibilitou a identificação de práticas de reciclagem de VFVs adotadas em outras localidades. A estrutura de estudo utilizada para revisão é apresentada detalhadamente no Quadro 5.

A revisão identificou, inicialmente, 47 artigos na *Science Direct*, usando as palavras-chave selecionadas. Após a aplicação dos critérios de exclusão, resultaram 21 artigos abordando práticas existentes em 13 países. A seguir, iniciou-se a apreciação dos

processos de reciclagem desses 13 países, ratificando a relevância do tema reciclagem de VFV e recuperação e reutilização de veículos, mundialmente. Dentre os países identificados, verifica-se que seis se encontram na Europa (considerando a Turquia e Reino Unido), quatro na Ásia, dois na América do Norte e um na Oceania.

Quadro 5 - Estrutura de estudo para revisão sistemática

Estrutura de Estudo	Etapas
<p>A partir do sistema de reciclagem de VFVs estabelecido pelo DETRAN/RS, verificar quais melhorias são aplicáveis para torná-lo ambientalmente mais adequado para empresas públicas e privadas?</p> <p>* Foram consultados artigos apresentados através do banco de dados do Science Direct;</p> <p>* Foram utilizadas as seguintes palavras-chave: Reciclagem de Veículos (Vehicle Recycling); Veículos em Final do Ciclo de Vida (End-of-life vehicle); Processo de Reciclagem (Recycling Process); melhores práticas de reciclagem de veículos (recycling best practices automotivo).</p> <p>* A busca não se limitou por ano de publicação, tampouco a idioma;</p> <p>* Também foi utilizada, enquanto ferramenta de busca, as referências cruzadas entre os artigos, até primeiro nível, possibilitando ampliar a quantidade de trabalhos sobre o tema.</p>	<p>Pergunta científica;</p> <p>Base de dados, palavras-chave e estratégias de busca;</p>
<p>Os artigos selecionados foram triados pelo atendimento de pelo menos um dos seguintes critérios:</p> <ol style="list-style-type: none"> i. descreve modelo de reciclagem de veículos; ii. divulga e/ou detalha práticas de reciclagem de veículos; iii. detalha o método de execução do processo de reciclagem. 	<p>Estabelecimento de critérios para a seleção dos artigos;</p>
<p>As buscas foram realizadas ao longo do mês de junho de 2016, por um único examinador, não necessitando de comparação entre os resultados encontrados.</p>	<p>Realização das buscas nas bases de dados e comparação das mesmas pelos examinadores;</p>
<p>Os artigos que preencheram os critérios somaram 47, sendo que destes 26 foram excluídos por pelo menos uma das seguintes justificativas: apresentação de informações repetidas e/ou desatualizadas, falta de clareza na apresentação dos dados e ausência de relação com objetivo do trabalho.</p>	<p>Aplicação dos critérios na seleção dos artigos e justificativa das exclusões;</p>
<p>Foram selecionados 21 artigos para serem utilizados como referência neste trabalho, que apresentavam ou faziam referência a práticas de reciclagem de veículos de 13 localidades ao redor do mundo. Para possibilitar a comparação dos sistemas foram organizados os dados em um quadro comparativo (Quadro 6) com o sequenciamento das práticas de reciclagem identificadas, buscando destacar as melhores práticas adotadas nos processos de reciclagem de VFVs estudados.</p> <p>Através dos artigos identificados foi possível elaborar um sistema ambientalmente adequado para reciclagem de VFVs, que sirva de base para a futura padronização de processos de reciclagem, visando a potencial criação de centros especializados (CERVs).</p> <p>A análise dos 21 artigos possibilitou destacar as principais práticas dos sistemas estudados, gerando a proposição de um sistema ambientalmente adequado para reciclagem de VFVs, que acompanhado do desenvolvimento de tecnologias automotivas, e legislação mais rígida e específica, com foco na economia circular e em produtos eco-amigáveis, deve acelerar a criação de um ambiente favorável para a reciclagem de VFVs no país.</p>	<p>Análise crítica e avaliação dos artigos selecionados;</p> <p>Resumo crítico sintetizando as informações;</p> <p>Conclusão informando as evidências encontradas</p>

Fonte: Adaptado de Magnago e Echeveste, 2011

Com o propósito de organizar os dados levantados na pesquisa foi desenvolvido um quadro comparativo (Quadro 6), com o sequenciamento das práticas identificadas. Dentre essas práticas, algumas já haviam sido implantadas, enquanto que outras eram sugeridas. Assim sendo, foram identificadas 22 práticas, as quais foram agrupadas em 13 critérios de análise. Esses critérios estão organizados de maneira a apresentar um sequenciamento operacional de reciclagem de VFVs.

Verificou-se que muitas das práticas identificadas são abordadas pelos diferentes autores. A seguir, é apresentado um breve detalhamento de cada critério de análise e as alternativas de práticas a ele associadas.

Em relação ao primeiro, **forma de reciclagem do VFV**, foi possível verificar duas alternativas: por retalhamento (trituração) e por desmontagem. A segunda foi abordada por doze das referências analisadas (57,1%), enquanto que, desta totalidade, três autores citaram simultaneamente as duas formas (KUMAR; SUTHERLAND, 2009; VERMEULEN et al., 2011; GRADIN et al., 2013).

No segundo critério de análise, **unidades de processamento do VFV**, somente uma referência analisou a possibilidade de realização da reciclagem em qualquer unidade de processamento, considerando as unidades informais na China (HU; WEN, 2015). Ainda no segundo critério, sete referências (aproximadamente 33%), apontaram a adoção da prática de reciclagem exclusivamente em unidades especializadas. Desta maneira, conseguem assegurar a correta destinação de VFVs, em atendimento às legislações e regulamentos ambientais vigentes como, por exemplo, na China, Japão, Malásia, México, Reino Unido, Turquia e a União Europeia - UE (CRUZ-RIVERA; ERTEL, 2009; ZHAO; CHEN, 2011; GRADIN et al. (2013); WANG; CHEN, 2013; LU et al., 2014; DERIMEL et al., 2016; MAMAT et al., 2016).

Com respeito à **baixa do registro do VFV**, terceiro critério de análise, duas práticas foram mencionadas. A primeira, citada em 14,3% das referências, adota a baixa do registro após a entrega do VFV ao CERV, quando é fornecido o certificado para cancelamento ou baixa do registro, o qual deve ser encaminhado ao órgão responsável (ZHAO; CHEN, 2011; LU et al., 2014; MAMAT et al., 2016). A segunda prática, baixa do registro do VFV antes da entrega ao CERV ou a outra unidade de processamento, foi mencionada por Gradin et al. (2013), fazendo referência ao sistema adotado na Suécia (representando 4,8%). No Brasil, atualmente, é adotada a segunda prática, na qual é necessário que o VFV tenha seu registro baixado antes de encaminhá-lo à reciclagem.

Quadro 6 - Práticas de reciclagem identificadas na literatura

Critérios de Análise	Práticas Identificadas	Referências																	Aborda a prática identificada	Porcentagens						
		Funazaki et al. (2003)	Kim et al. (2004)	Ferrão e Amaral (2006)	Cruz-Rivera e Ertel (2009)	Kumar e Sutherland (2009)	Go et al. (2011)	Vermeulen et al. (2011)	Santini et al. (2011)	Zhao e Chen (2011)	Mayyas et al. (2012)	Gradin et al. (2013)	Schmid et al. (2013)	Wang e Chen (2013)	Lu et al. (2014)	Tian e Chen (2014)	Hu e Wen (2015)	Belboom et al. (2016)			Derimel et al. (2016)	Li et al. (2016)	Mamat et al. (2016)	Pan e Li (2016)		
Forma de Reciclagem do VFV	Por retalhamento					X		X																3	14,3%	
	Por desmontagem		X	X	X	X	X	X		X	X		X												12	57,1%
Unidade de Processamento do VFV	Exclusivamente em unidades especializadas - CERVs		X		X					X	X	X	X	X					X		X	X		7	33,3%	
	Qualquer unidade de processamento				o					o	o	o	o	o			X		o		o			1	4,8%	
Baixa do registro do VFV	Após a entrega ao CERV									X	o		X								X			3	14%	
	Antes da entrega ao CERV ou outra unidade de processamento									o	X			o							o			1	4,8%	
Origem de recebimento do VFV	Entrega pelo proprietário			X										X			X		X					4	19%	
	Entrega pela seguradora			X													X		X					3	14,3%	
Pré-tratamento do VFV	Retirada de itens com potencial de risco à desmontagem (manual ou mecânica)																						X	1	4,8%	
Descontaminação do VFV	Retirada de fluidos e de materiais com potencial nocivo ao meio ambiente	X	X	X	X			X	X	X		X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	16	76,2%	
Desmontagem do VFV	Manual	Para reciclagem (destrutiva)		X	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	18	85,7%
		Para reutilização	X		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	18	85,7%
	Mecânica	Para reciclagem (destrutiva)	X		X	X	X					X	X	X		X	X					X		10	47,6%	
		Para reutilização	X										X			X	X					X		5	23,8%	
Reaproveitamento/reutilização de partes	Comercialização de partes e peças	X	X	X	X	X			X	X		X	X				X	X	X	X	X	X	X	14	66,7%	
Remanufatura de motor/transmissão	Reaproveitamento de motor e transmissão para comercialização		X							X			X				X	X		X				6	28,6%	
Redução de volume do VFV	Compactação/corte do VFV	De carcaça		X		X	X			X	X		X	X									X	6	28,6%	
		De VFV semimontado			X					X				X	X		X							X	6	28,6%
Destinação de Resíduos e Rejeitos	Para valorização energética	X	X		X				X	X		X	X					X	X					9	42,9%	
	Para aterro	X	X	X	X							X	X		X			X	X				X	11	52,4%	
Tecnologia de projeto empregada no VFV	Design para desmontagem - DFD (Design for Disassembly)						X		X	X	X					X						X	6	28,6%		
Local de aplicação da prática analisada		Japão																								
			Coreia																							
				União Europeia																						
					México e União Europeia																					
						EUA																				
							Austrália, EUA, Japão e União Europeia																			
								União Europeia																		
									Itália																	
										China e Japão																
											EUA, Europa e Japão															
												Suécia														
													Frância													
														China												
															Reino Unido											
																China, EUA e União Europeia										
																	China									
																		Bélgica								
																		Turquia								
																			China							
																				Malásia						
																							China			

Legenda: Adota X Não adota o Não aborda

Fonte: Elaborado pela autora, 2016

A **origem de recebimento do VFV** a ser reciclado é o quarto critério de análise, sendo abordado em 19% das referências, que citaram como fonte: (i) a entrega direta por proprietários e/ou (ii) o encaminhamento através de seguradoras (FERRÃO; AMARAL, 2006; WANG; CHEN, 2013; HU; WEN, 2015; DERIMEL et al., 2016).

O quinto critério de análise, **pré-tratamento do VFV**, foi citado apenas em uma referência (4,8%). A prática consiste na retirada de itens (partes e peças) com potencial de risco à descontaminação/desmontagem, a exemplo das baterias, que podem desencadear descargas elétricas; e das partes perfurocortantes, ocasionadas por sinistros em veículos (PAN; LI, 2016). Observa-se que outras referências estudadas abordam esta prática dentro do critério de descontaminação do VFV, não dando ênfase às práticas realizadas no pré-tratamento como uma atividade específica.

No que diz respeito à **descontaminação do VFV**, sexto critério de análise, verifica-se que o tema foi abordado em 76,2% das referências (16 autores), tendo como prática a remoção dos fluidos (líquidos e gases), tais como: óleo do motor, transmissão e diferencial, combustíveis, fluido de direção hidráulica, fluido do limpador de para-brisas, fluido anticongelante, fluido de freio, entre outros. Esses resíduos são drenados, armazenados e enviados para os respectivos recicladores, assim como outros materiais com potencial nocivo ao meio ambiente como os catalisadores (KIM et al., 2004; VERMEULEN et al., 2011; ZHAO; CHEN, 2011; GRADIN et al., 2013; SCHMID et al., 2013; DERIMEL et al., 2016; PAN; LI, 2016). De acordo com Kim et al. (2004) e Santini et al. (2011) os resíduos provenientes desta descontaminação, como combustíveis e óleos, são tratados para uma possível reutilização, enquanto que os resíduos pesados são encaminhados à valorização energética. As baterias e os catalisadores, devido à sua composição e valor agregado, são encaminhados a empresas que fragmentam e separam seus componentes, realizando a reciclagem desses materiais conforme legislação própria vigente. Além disso, Mamat et al. (2016) ressaltam a importância da criação de procedimentos operacionais padrão para a descontaminação e desmontagem dos VFVs. Esses procedimentos têm por finalidade orientar os profissionais envolvidos, assim como assegurar que sejam realizadas as práticas de acordo com as legislações específicas existentes. Também, é necessário realizar os registros de todos os resíduos removidos e encaminhados à reciclagem (FUNAZAKI et al., 2003). Esses registros permitem a rastreabilidade e o acompanhamento desta prática, como forma de gerenciar os resíduos e seus impactos ambientais, bem como verificar possíveis melhorias para sua destinação.

A **desmontagem do VFV**, sétimo critério de análise, foi o mais citado na revisão sistemática e apresentou duas possíveis práticas: a desmontagem manual e a desmontagem mecânica. Ambas as práticas foram abordadas por 85,7% em distintas referências. A primeira, prática manual, é amplamente utilizada nos sistemas de práticas asiáticos, e possui duas finalidades: para reciclagem ou para reutilização. De acordo com Santini et al. (2011), a desmontagem para reciclagem é um pouco diferente da desmontagem para reutilização. A primeira se concentra na retirada de grandes partes para reciclagem, por meio de uma desmontagem destrutiva, o que reduz tempo e custos operacionais. Por outro lado, a segunda está relacionada ao oitavo critério (reaproveitamento/reutilização de partes) descrito a seguir.

A segunda prática de desmontagem identificada é a mecânica (ou mecanizada), realizada na maioria dos sistemas europeus e americanos. Esta prática difere da anterior, pois emprega máquinas em substituição ou redução do trabalho manual de desmontagem dos VFVs, e por esta razão necessita de maiores investimentos. Assim como, na desmontagem manual, a mecânica também pode ser realizada com a finalidade de reciclagem, citada por 47,6% das referências, ou de reutilização, mencionada em 23,8% das referências (KIM et al., 2004; SANTINI et al., 2011; PAN; LI, 2016).

Além disso, a desmontagem, seja manual ou mecânica, tem início pelas partes e peças reutilizáveis (interligada ao critério 8) e recicláveis, com ênfase especial em componentes com alto valor de mercado ou que contenham materiais valiosos, por exemplo, rodas, sistema de direção, suspensão, portas, painel, motor, transmissão, entre outros. A decisão sobre quais peças remover depende, principalmente, da demanda de mercado, e do custo associado à remoção das mesmas (KUMAR; SUTHERLAND, 2009; SANTINI et al., 2011; VERMEULEN et al., 2011). Porém, alguns autores ressaltam o cuidado de iniciar a desmontagem pelo sistema de *air bags*, caso o mesmo ainda não tenha sido retirado na etapa de pré-tratamento ou na de descontaminação, com o propósito de evitar acidentes por acionamento incorreto das bolsas que o compõem. Além disso, esse sistema possui gases contaminantes que necessitam de tratamento específico (FERRÃO; AMARAL, 2006; ZHAO; CHEN, 2011; PAN; LI, 2016). Também, devem ser removidos os reservatórios de combustível, incluindo o cilindro de gás natural veicular (GNV), caso o VFV o contenha. A seguir, ocorre a remoção das demais partes e peças através de operações, principalmente manuais, assistidas por

ferramentas e equipamentos elétricos, pneumáticos e hidráulicos que, quando adotados, reduzem o esforço e desgaste dos envolvidos.

O oitavo critério de análise, **reaproveitamento/reutilização de partes**, foi mencionado em 66,7% das referências. Essa prática necessita de cuidado e habilidade no manuseio e desmontagem de partes e peças, uma vez que visa a comercialização desses itens para cumprir com a mesma função a que foram produzidos, necessitando assim que todas as suas partes estejam íntegras, após a desmontagem. Zhao e Chen (2011) e Schmid et al. (2013), reforçam a necessidade de que todas estas partes e peças devam ser inspecionadas por técnicos especializados com objetivo de verificar as condições e funcionalidades das mesmas, garantindo a segurança em futura utilização. As peças com necessidade de remanufatura são encaminhadas a empresas especializadas nesta atividade, assim como as demais peças que serão enviadas à reciclagem, são removidas e armazenadas conforme o tipo de resíduo que se enquadram, para em seguida ser encaminhadas à destinação ambientalmente adequada.

Em complemento à valorização de partes e peças, preconizada no critério de desmontagem, surge o critério **remanufatura de motores e transmissão**. Esse critério foi citado por 28,6% das referências, adotando como prática o reaproveitamento de motores e transmissão para comercialização. Kim et al. (2004) e Belboom et al. (2016), destacam a importância dessa prática, em função do mercado de peças de reposição, além das questões ambientais associadas. A remanufatura e o reaproveitamento de motores reduzem o consumo de energia (de 68% a 83%), diminuindo também as emissões de dióxido de carbono (de 73 a 87%), quando comparado à fabricação de um novo motor (LI et al., 2016)

A **redução de volume do VFV**, décimo critério de análise, foi abordada por 28,6% das referências e apresenta como prática a compactação/ corte do VFV. A compactação da carcaça do VFV ocorre através de caminhão prensa ou equipamento similar. Importante ressaltar que esta carcaça pode, ainda, incluir partes e/ou peças de difícil remoção ou de baixo valor comercial (KIM et al., 2004; SANTINI et al., 2011; GRADIN et al., 2013; SCHMID et al., 2013). A adoção do corte da carcaça em substituição ou complementação à compactação, também é adotada, quando necessário, de maneira a facilitar o transporte dos VFVs ou parte desses para trituração.

O décimo primeiro critério de análise citado foi a **trituração do VFV**, que teve duas práticas identificadas: a trituração de carcaças (52,4%) e a trituração de VFV semimontados (28,6%). Através desse processo de trituração, que consiste em

fragmentar a carcaça ou VFV, por meio de maquinários específicos, é possível recuperar boa parte dos materiais. Assim sendo, o VFV que chega ao processo de trituração, em grande parte, é composto por metais (ferrosos e não ferrosos), que quando triturados se transformam em pequenos pedaços que favorecem o processo de triagem (separação) desses resíduos. Todo processo tem por finalidade, garantir a melhor separação dos resíduos provenientes do VFV, possibilitando que uma maior quantidade desses seja encaminhada à reciclagem, reaproveitamento ou incineração, reduzindo a quantidade de material encaminhado para aterro.

A **destinação de resíduos**, décimo segundo critério de análise, tem como prática a destinação do resíduo para valorização energética e para aterro. Na maioria dos casos, os resíduos ferrosos e não ferrosos são encaminhados a empresas siderúrgicas responsáveis pela reciclagem, as quais os utilizam, por exemplo, na composição de novas ligas para produção de aço. Os resíduos compostos principalmente pela mistura de materiais combustíveis, e que tenham poder calorífico, são encaminhados à incineração para valorização energética, conforme 42,9% das referências. Os demais rejeitos são encaminhados a aterro, destinação que deve ser evitada ou minimizada devido ao maior impacto ambiental que ocasiona. Mesmo assim, ainda foi citado por 52,4% das referências.

Finalmente, o décimo terceiro critério de análise destaca a **tecnologia de projeto empregada no VFV** e tem como prática o design para desmontagem (Design for Disassembly – DFD), que foi citada por 28,6% das referências, e que ressalta a importância de se projetar pensando na desmontagem. Segundo Santini et al. (2011), uma das necessidades para o desenvolvimento da reciclagem de VFVs é a aplicação da concepção ecológica em novos produtos, ampliando a utilização de componentes de fácil montagem/desmontagem, a fim de reduzir custos associados à manutenção e a destinação final de veículos. O objetivo da prática é possibilitar que além da facilidade na desmontagem de partes e peças, seja garantido o seu desempenho quando reutilizadas/reaproveitadas.

Em complemento, reforçando mais de um dos critérios analisados (forma de reciclagem, desmontagem, trituração e destinação de resíduos), Kumar e Sutherland (2009) afirmam que para reduzir o impacto ambiental ocasionado pela destinação final dos VFVs, é preferível que seja adotada a prática por desmontagem com finalidade de reutilização, em oposição à prática de desmontagem para a reciclagem, ou ainda a prática por retalhamento (trituração). Por consequência, a escolha pela prática de

desmontagem para o reaproveitamento/reutilização deve ser desenvolvida com foco na redução de resíduos encaminhados à reciclagem e ao aterro. Porém, na maioria dos países da União Europeia, por exemplo, ampliar a prática de desmontagem para reutilização não é economicamente viável, uma vez que os custos da mão de obra associada é muito elevado, fazendo com que a grande maioria dos VFVs seja encaminhada à trituração semimontados. Ainda, a inexistência de mercado consolidado para comércio de peças usadas reforça esta realidade, pois na Europa o preço atrativo de peças novas, associado ao reduzido valor dos veículos usados e dos materiais ferrosos e não ferrosos no mercado de reciclagem, não propiciam o desenvolvimento desse processo (FERRÃO; AMARAL, 2006; LU et al., 2014; VERMEULEN et al., 2011). Entretanto, Gradin et al. (2013) afirmam que a Suécia tem buscado desenvolver experimentalmente a prática de desmontagem manual. Neste cenário o VFV é, inicialmente, descontaminado e desmontado com a finalidade de minimizar os impactos ambientais e melhorar o reaproveitamento de materiais. Esta prática reduz o encaminhamento à trituração de VFVs semimontados.

3.3.2 Levantamento das Práticas de Reciclagem de VFVs do DETRAN/RS

Nesta etapa, foi mapeado o processo de reciclagem de VFVs do DETRAN/RS, em função da sua posição de referência nacional. O mapeamento foi desenvolvido a partir de reuniões com os servidores, sendo definido na Figura 8, o fluxograma logístico da reciclagem de VFV que possui cinco macroprocessos (levantamento, leilão, análise, reciclagem e encerramento). Também, é importante destacar que esse processo de reciclagem é realizado em sistema fechado, permitindo apenas a reciclagem de veículos depositados junto aos CRDs, na qual as práticas de reciclagem são realizadas pela empresa arrematante do material ferroso.

3.3.2.1 Levantamento/Leilão

Neste macroprocesso é realizado o levantamento dos veículos que participam do processo de reciclagem, assim como os pátios onde são realizadas as atividades da prática da reciclagem. A definição do quantitativo de VFVs e das localidades é baseada em análise técnica dos dados dos sistemas de informação do DETRAN/RS, que compreende o cadastro de todos os VFVs apreendidos pelo órgão, com suas respectivas localidades e restrições. Esses dados possibilitam a definição do lote de VFVs que será

leilado. Assim que arrematado o lote de VFVs, fica o arrematante com o compromisso de atender as obrigações legais constantes em edital, tendo de remunerar o DETRAN/RS pelo lote de VFV, conforme a quantidade de material ferroso que recicla.

3.3.2.2 **Análise**

A análise ocorre de duas formas distintas e simultâneas, e compõe o segundo macroprocesso do fluxograma. Na análise física são verificadas as condições e sinais identificadores dos VFVs através da numeração de chassi e de motor, para futura realização da baixa dos registros, enquanto na análise cadastral é verificado o registro de cada veículo para que sejam notificadas as autoridades envolvidas, bem como seus proprietários e demais interessados, sobre a destinação à reciclagem dos mesmos.

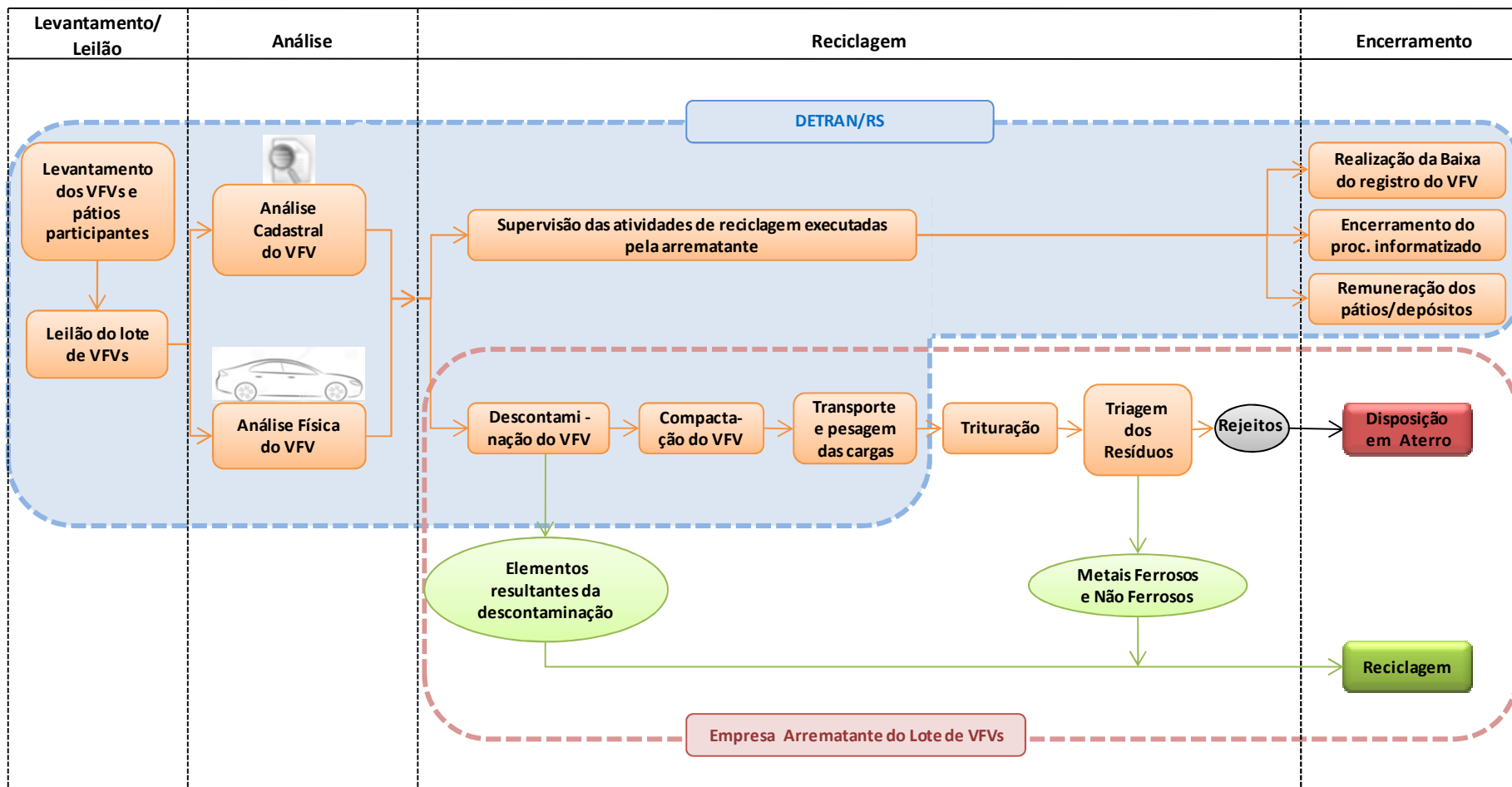
3.3.2.3 **Reciclagem**

Com o cumprimento dos prazos legais, após a conclusão do macroprocesso de análise, se dá início as etapas de descontaminação, compactação e transporte, que são realizadas pela empresa arrematante do lote de VFVs, com supervisão do corpo técnico de engenheiros mecânicos do DETRAN/RS, junto aos pátios em que serão realizados o processo de reciclagem. Na descontaminação é removida a bateria, catalisador, extintor de incêndio, tanque de GNV (caso houver no VFV) e os demais fluidos (óleos, água do radiador, combustível, entre outros), estes últimos por sua vez, realizados por meio da plataforma descontaminante. A etapa seguinte de compactação é realizada através de veículo prensa, garantindo a total descaracterização e a redução do volume dos VFVs, para facilitar o transporte das cargas ao pátio da empresa siderúrgica. Na chegada à siderúrgica, as cargas são pesadas e encaminhadas à trituração. Após a etapa de trituração, os resíduos são triados possibilitando a separação de metais ferrosos e não ferrosos dos demais resíduos.

3.3.2.4 **Encerramento**

Concluído o macroprocesso de reciclagem, passa-se a etapa da baixa dos registros dos VFVs que foram reciclados, em seguida é realizado o encerramento dos processos junto ao sistema informatizado do DETRAN/RS relacionado a cada um desses VFVs. Também, é executada a remuneração do DETRAN/RS e dos pátios envolvidos no processo (responsáveis pela guarda dos VFVs) baseado no peso de material ferroso encaminhado à reciclagem junto à empresa siderúrgica.

Figura 8 - Sistema de reciclagem de VFVs do DETRAN/RS



Fonte: Elaborado pela autora, 2016

Nesta etapa também é realizada a destinação para reciclagem dos resíduos da descontaminação e da triagem (materiais ferrosos e não ferrosos), assim como são dispostos em aterros os rejeitos oriundos da triagem.

3.3.3 Análise Qualitativa das Práticas de Reciclagem Identificadas

De maneira a permitir a posterior tomada de decisão acerca de quais práticas de reciclagem devem ser incorporadas ao sistema proposto (seção 3.4), foi realizada uma análise qualitativa das mesmas. Desta forma, considerando o cenário brasileiro e com base no referencial teórico coberto pela revisão sistemática, foram identificadas as vantagens e desvantagens das práticas levantadas. Para tal, foram realizadas reuniões com os servidores envolvidos no processo de reciclagem do DETRAN/RS, sendo os resultados compilados no Quadro 7.

Cabe salientar que, para a seleção entre as potenciais boas práticas a serem adotadas no sistema a ser proposto, faz-se necessário, primeiramente, definir quais os objetivos a serem alcançados. Dentre esses objetivos, podem ser priorizadas ou otimizadas ações relacionadas a: custos, tempo de operação, impacto ambiental, preservação de recursos naturais, reciclagem de resíduos, segurança dos envolvidos, habilidade dos operadores, treinamento, aquisição de maquinário/ferramental, manutenção financeira do processo, entre outros. Adicionalmente, as boas práticas selecionadas devem atender à legislação vigente no local de aplicação.

Dando início à análise, no critério formas de reciclagem de VFVs, a prática **por retalhamento**, apesar de apresentar a vantagem de menor custo e tempo operacional, exige maior investimento inicial para aquisição de maquinário específico para fragmentação. Além disso, essa prática realiza o processamento de VFVs inteiros (sem remoção de partes e peças), o que gera maior risco de contaminação e dificuldade na triagem dos resíduos pela mistura de materiais. No contraponto, a prática realizada **por desmontagem** garante o encaminhamento somente da carcaça do VFV para a trituração, reduzindo e melhorando a separação de resíduos descartados, assim como o reaproveitamento de partes e peças resultantes desse processo.

Analisando a unidade de processamento, a prática de desmontagem do VFV **exclusivamente em unidades especializadas (CERVs)**, favorece tanto o processo de descontaminação e desmontagem adequadas do VFV, pela expertise dos profissionais, quanto o controle efetivo do registro de baixa, uma vez que haverá comunicação direta

entre essas unidades e os órgãos detentores do registro. No entanto, a adoção desta prática, diretamente associada à localização do CERV, pode apresentar a desvantagem de restringir e/ou limitar a destinação de VFVs por parte dos seus proprietários. Para tal, reforça-se a necessidade de adaptação dos atuais desmanches de veículos em novos CERVs, expandindo e ramificando as unidades de tratamento. Por outro lado, quando a entrega do VFV ocorrer em **qualquer unidade de processamento**, não estão garantidas as condições de descontaminação e desmontagem. Além do que, a baixa do registro não fica assegurada.

Em relação ao critério de baixa do registro do VFV, considerando a legislação brasileira, a mesma deve ser realizada **antes da entrega ao CERV ou outra unidade de processamento**. A vantagem desta prática é a necessidade de quitação de todos os débitos do veículo para efetivar a baixa do registro, garantindo assim o recebimento de impostos e valores diversos vinculados ao VFV. Quando solicitada a baixa do registro no órgão competente, é aberto um processo administrativo no qual ocorre a entrega das placas de identificação, o recorte do número do chassi e a quitação de todos os débitos vinculados a esse veículo. Porém, esse procedimento, isoladamente, não garante a destinação adequada do VFV, nem a entrega a um CERV. Para tanto, a prática da baixa do registro **após entrega ao CERV**, se torna mais vantajosa, uma vez que inclui ao procedimento existente de solicitação de baixa do registro do veículo, a comprovação de prévia entrega do VFV a destinação adequada.

No que se refere à origem do VFV encaminhado à reciclagem, as duas práticas identificadas se mostraram vantajosas. Assim sendo, sugere-se que a origem de recebimento seja tanto pela **entrega pelo proprietário** quanto **entrega pela seguradora**. Entretanto, deveriam ser revistos os atuais processos de recebimento de veículos dos DETRANs. Esta revisão engloba a ampliação da reciclagem de VFVs de outras origens, que não somente aqueles alocados em seus pátios. Estas práticas contribuem para assegurar a continuidade de fornecimento no processo.

Com relação à operacionalização do processo, pode-se observar que duas práticas, que apesar de aumentarem o custo e o tempo de operação, são essenciais para garantir a segurança e a correta reciclagem de VFVs: a **retirada de itens com potencial de risco à descontaminação/desmontagem**; e a **retirada de fluidos e de materiais com potencial nocivo ao meio ambiente**. A primeira delas está relacionada ao critério de pré-tratamento e, caso não seja adotada, pode comprometer a segurança dos envolvidos durante o tratamento do VFV. Essa segurança jamais deve ser

negligenciada, o que reforça a relevância da adoção da boa prática no sistema a ser proposto. Por sua vez, a segunda prática está relacionada ao critério de descontaminação, que deve ser proposta, com a finalidade de garantir a despoluição do VFV, contribuindo com a etapa posterior de desmontagem, na qual partes e peças não podem estar contaminadas por qualquer fluido ou material. Ainda, por mais que esta prática necessite de investimento e treinamento dos envolvidos, seus benefícios e vantagens se sobressaem, pois propiciam a destinação ambientalmente adequada de resíduos resultantes do processo e, por consequência, reduzem a chance de contaminação do solo por derramamento de fluidos e outros contaminantes.

No critério desmontagem de VFV, as maiores vantagens são observadas quando associadas duas práticas: desmontagem **manual** e a desmontagem **mecânica**. Quando o foco for o reaproveitamento de partes e peças, a melhor prática é a desmontagem manual para reutilização, uma vez que necessita maior habilidade e precisão por parte dos operadores. Entretanto, em face do alto investimento associado na aquisição de máquinas com tecnologias específicas para esta finalidade no Brasil, torna-se mais acessível e vantajosa a utilização de mão de obra especializada. Por outro lado, se o foco for a reciclagem de materiais, sem reaproveitamento de partes e peças, a melhor prática é a desmontagem mecânica (destrutiva), que emprega máquinas com baixa tecnologia associada, não demandando muito investimento para aquisição.

Uma das vantagens associadas às práticas de **comercialização de parte e peças** e de **reaproveitamento de motores e transmissão para comercialização** é a de contribuir para a manutenção financeira do processo de reciclagem de VFV. Além disso, propicia que proprietários de veículos possam adquirir peças de valores mais acessíveis e em bom estado de conservação, contribuindo com a manutenção veicular, a segurança viária, e a rentabilidade da operação. Em contraponto, a compulsoriedade de realização de inspeção técnica às partes e peças a serem comercializadas, impacta tanto nos custos quanto no tempo de processamento. Porém, o valor agregado resultante no produto é maior, se comparado à reciclagem.

Em relação à adoção da prática de **compactação/corte do VFV**, obtém-se enquanto vantagem a redução de volume da carcaça, a facilidade no transporte e a otimização do processo logístico. Como desvantagem, pode ser elencada a inclusão de etapas adicionais ao processo de reciclagem. Contudo, esta aparente desvantagem pode ser minimizada se tanto o volume de carga ou as distâncias a serem percorridas forem muito grandes.

Quadro 7 - Análise qualitativa das práticas de reciclagem identificadas

Critérios de Análise	Práticas Identificadas		Vantagens	Desvantagens
Forma de Reciclagem do VFV	Por retalhamento		Menor custo operacional e tempo de processamento.	Maior contaminação e dificuldade na separação de resíduos. Maior investimento inicial.
	Por desmontagem		Melhor separação de resíduos, com reaproveitamento de materiais.	Maior custo operacional e tempo de processamento.
Unidade de Processamento do VFV	Exclusivamente em unidades especializadas - CERVs		Garantia da realização da descontaminação e desmontagem adequada. Controle efetivo do registro do VFVs.	Restringe as unidades de tratamento de VFVs.
	Qualquer unidade de processamento		Amplia e ramifica as unidades de tratamento de VFV.	Não garante o tratamento adequado do VFV e a comunicação da destinação do VFV com consequente baixa do registro.
Baixa do registro do VFV	Após a entrega ao CERV		Obriga o proprietário/seguradora a realizar a entrega do VFV a um CERV.	Não garante a baixa do registro do VFV, assim como o pagamento de impostos e demais taxas vinculadas ao VFV.
	Antes da entrega ao CERV ou outra unidade de processamento		Quitação de débitos vinculados ao VFV.	Inibe o encaminhamento de VFV com altos débitos aos CERVs e incentiva o abandono de VFVs.
Origem de recebimento do VFV	Entrega pelo proprietário		Garante a destinação ambientalmente adequada do VFV.	Não identificada.
	Entrega pela Seguradora		Garante a destinação ambientalmente adequada do VFV.	Não identificada.
Pré-tratamento do VFV	Retirada de itens com potencial de risco à desmontagem (manual ou mecânica)		Elimina riscos de acidentes, propiciando maior segurança aos envolvidos na reciclagem.	Adiciona uma etapa ao processo, com aumento no custo e tempo operacional.
Descontaminação do VFV	Retirada de fluidos e de materiais com potencial nocivo ao meio ambiente		Realiza a destinação ambientalmente correta de resíduos, garantindo a não contaminação do solo e preservação de recursos naturais.	Eleva o custo e tempo de processamento. Necessita de investimento em maquinários e técnicas de processamento, assim como de treinamento para os envolvidos.
Desmontagem do VFV	Manual	Para reciclagem (destrutiva)	Menor custo e tempo operacional. Não necessita habilidade para realização do processo.	Maior esforço físico dos envolvidos. Necessidade de máquinas e ferramentas de apoio ao processo. Desperdício de recursos. Maior impacto ambiental.
		Para reutilização	Reaproveitamento dos materiais. Redução do consumo de recursos naturais.	Necessita maior habilidade e treinamento na realização do processo. Maior tempo operacional.
	Mecânica	Para reciclagem (destrutiva)	Menor custo e tempo operacional. Não necessita habilidade e elevada tecnologia para realização do processo.	Desperdício de recursos. Maior impacto ambiental.
		Para reutilização	Reaproveitamento dos materiais. Redução do consumo de recursos naturais.	Necessita maior investimento em maquinários, ferramental e procedimentos.
Reaproveitamento/reutilização de partes	Comercialização de partes e peças		Garante a manutenção financeira do processo de reciclagem. Maior oferta e menor custo de partes e peças usadas para reposição.	Necessita de inspeção técnica para verificação das condições e funcionalidades das peças. Maior custo e tempo operacional.
Remanufatura de motor/transmissão	Reaproveitamento de motor e transmissão para comercialização		Garante a manutenção financeira do processo de reciclagem. Maior oferta e menor custo de motores e transmissões usadas para reposição.	Necessita de inspeção técnica para verificação das condições e funcionalidades das peças. Maior custo e tempo operacional.
Redução de volume do VFV	Compactação/corte do VFV		Redução no volume da carcaça do VFV. Facilidade de transporte.	Adiciona uma etapa ao processo, com aumento no custo e tempo operacional.
Trituração	De carcaça		Possibilita que partes e resíduos que não foram removidos/desmontados do VFV sejam triados e destinados corretamente.	Não identificado.
	De VFV semimontado		Não identificado.	Aumento o volume de resíduos encaminhados a aterro, devido a maior contaminação e dificuldade na separação e classificação desses.
Destinação de Resíduos	Para valorização energética		Reaproveitamento de resíduos que em sua maioria eram descartados, reduzindo o encaminhamento desses a aterro.	Não identificado.
	Para aterro		Redução de resíduos exposto no ambiente.	Desperdício de recursos naturais. Contaminação do solo. Custo para disposição de material.
Tecnologia de projeto empregada no VFV	Design para desmontagem - DFD (Design for Disassembly)		Facilita a desmontagem de componentes, reduzindo o custo e tempo operacional. Maior aproveitamento de partes e peças desmontadas, com a garantia de mesmo desempenho quando reutilizadas/reaproveitadas. Redução do consumo de recursos, energia, água, entre outros.	Eleva os custos e tempo de projeto e produção de partes e peças.

Fonte: Elaborado pela autora, 2016

Na sequência, dentro do critério trituração, a prática que apontou maior vantagem foi a trituração **da carcaça do VFV** (resultante da desmontagem completa), que resulta em um resíduo com uma quantidade menor de contaminantes, favorecendo a triagem e destinação à reciclagem. Em face disso, a prática de trituração **de VFV semimontado** é desfavorável e deve ser evitada, devido à mistura de materiais que compõem o resíduo resultante do processo. Esse resíduo acaba sendo encaminhado a aterro, pois a quantidade elevada de impurezas impede que o mesmo seja reciclado, ou ainda destinado para valorização energética.

Dentre as práticas identificadas, uma das mais recentes associadas à destinação de resíduos é a **para valorização energética**, que pode ser adotada toda vez que o resíduo automotivo possuir alto poder calorífico, o que permite a queima do mesmo como combustível, após tratamento específico, em fornos de cimenteiras, por exemplo. A valorização energética, tem se mostrado vantajosa, uma vez que é o melhor caminho para redução dos resíduos encaminhados a aterro e para a redução da utilização de combustíveis fósseis. Por sua vez, a prática de destinação **para aterro** deve ser minimizada e se possível evitada, pois tem como desvantagem o desperdício de recursos naturais, e se não for bem realizada poderá também contaminar o solo, além de gerar custos para disposição do material.

Por fim, a última prática analisada em relação à tecnologia de projeto empregada no VFV, **design para desmontagem (DFD - design for disassembly)**, apesar de elevar os custos e tempo de projeto e produção de partes e peças, apresenta inúmeras vantagens, entre elas: (i) a promoção do desenvolvimento sustentável, (ii) melhor aproveitamento dos resíduos provenientes de VFVs, (iii) garantia de mesmo desempenho de partes e peças quando reutilizadas/reaproveitadas, e (iv) a redução do consumo de recursos naturais, energia, água, entre outros. Porém, observa-se que esta prática inicialmente não se aplica no sistema proposto nesse trabalho. Isto se deve ao fato de que o processo de desenvolvimento dos veículos é de responsabilidade das montadoras e fabricantes de peças, cabendo a elas adotar a estratégia de desenvolver veículos com foco na sua desmontagem para reaproveitamento/ reuso/reciclagem. Apesar disso, essa prática é considerada relevante e deve ser divulgada e defendida entre os governantes, no intuito de que sejam criadas políticas de responsabilização de montadoras/fabricantes para a ampliação da economia circular e da sustentabilidade ambiental no ramo automotivo brasileiro.

3.4 Proposição de Sistema para Reciclagem de VFVs

A partir das análises realizadas na seção anterior, foi possível desenvolver um sistema para reciclagem de VFVs (Figura 9). Esse sistema visa atender a dois cenários distintos no processo de busca por excelência. O primeiro, associado à ampliação do atual sistema de reciclagem de DETRANs, assim como de outros órgãos públicos que porventura realizem reciclagem de VFVs. O segundo, atrelado à futura padronização do processo de reciclagem de VFVs em empresas privadas, as quais estão subordinadas ao DETRAN, via legislação. Para viabilizar tecnicamente esses dois cenários, sugere-se a criação de Centros Especializados em Reciclagem de Veículos (CERVs), os quais abarcariam tanto novas empresas entrantes no mercado, quanto os atuais ‘desmanches’. O sistema proposto tem por base quatro macroprocessos: (i) recebimento do VFV, (ii) desmontagem do VFV, (iii) trituração dos Resíduos, e (iv) destinação ambientalmente adequada. A seguir, cada macroprocesso do sistema é detalhado.

3.4.1 Recebimento do VFV

Este macroprocesso tem por objetivo desembaraçar física e documentalmente todos os veículos encaminhados à reciclagem, através dos CERVs. Assim sendo, após o recebimento do VFV e identificada a sua origem, é realizada a análise documental do mesmo, para verificar a necessidade ou não de realizar a baixa do registro do veículo. Caso seja necessário realizar a baixa, associada à necessidade de quitação de débitos ou a outros trâmites, o CERV solicita ao órgão executivo de trânsito que assim o faça. Esse procedimento permite um controle efetivo por parte das autoridades sobre a frota circulante, visto que serão reciclados somente veículos com registros baixados.

Em paralelo, ocorre a análise física do veículo. Para tal, faz-se necessária a verificação da condição estrutural e dos itens identificadores do VFV (número de chassi, motor, caixa de câmbio, entre outros). Dessa maneira, é garantido que o veículo que será desmontado e reciclado seja efetivamente aquele ao qual a documentação está relacionada.

Com a implantação do sistema, os possíveis VFVs a serem encaminhados aos CERVs, são os provenientes de proprietários, de seguradoras, de leilões particulares, e de leilões de entes federados, contemplando também todos os VFVs dos pátios do DETRAN/RS. Atualmente, no processo adotado pelo DETRAN/RS, por exemplo, são reciclados apenas os VFVs existentes em seus depósitos. Como consequência dessa

ampliação de recebimento, resulta o aumento tanto do quantitativo de veículos a serem reciclados quanto do volume de resíduos, partes e peças, o que possibilita a redução dos custos operacionais do processo de reciclagem, bem como o desenvolvimento da cadeia de suprimento sustentável, incluindo os prestadores de serviços ambientais (PSAs).

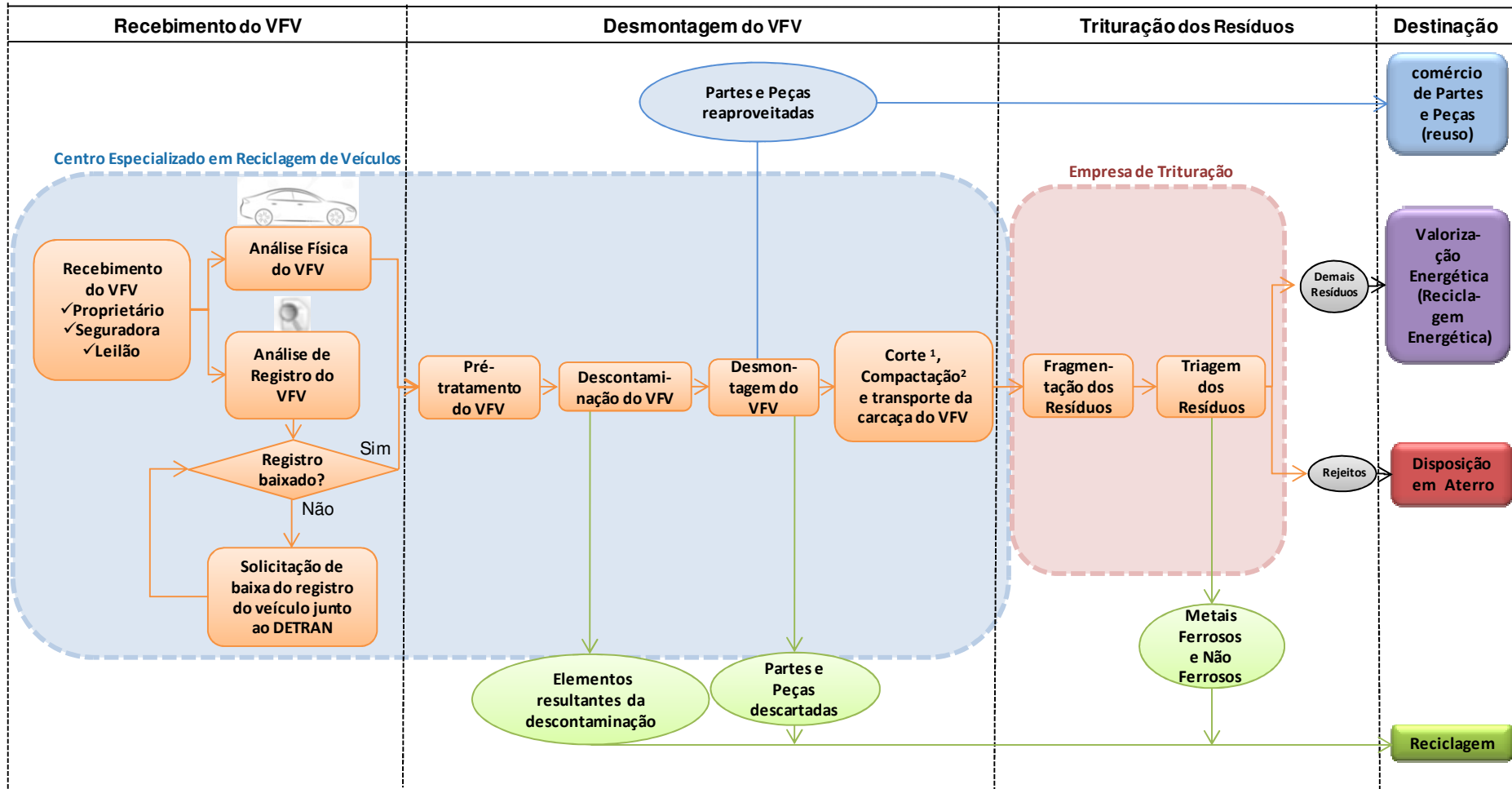
3.4.2 **Desmontagem do VFV**

Depois de concluídas as rotinas necessárias para o recebimento do VFV passa-se à realização do macroprocesso vinculado à desmontagem. No sistema proposto, é sugerido que esse processo seja realizado, exclusivamente, em um CERV. Os CERVs seriam compostos tanto por novas empresas criadas para esta finalidade quanto pelos atuais desmanches de veículos adaptados/adequados à legislação.

O macroprocesso se desdobra, primeiramente, no pré-tratamento do VFV, com a eliminação dos itens com potencial risco à segurança dos envolvidos na reciclagem (como, por exemplo, baterias, materiais perfurocortantes, entre outros). Logo, passa-se à descontaminação do veículo, com a remoção dos fluidos (líquidos e gases), extintor de incêndio, catalisador, cilindro de GNV, dentre outros. A preocupação nessa etapa recai no armazenamento em separado e de forma apropriada, evitando a contaminação e/ou derramamento e permitindo o posterior encaminhamento adequado à reciclagem, em cumprimento à legislação ambiental vigente.

A próxima etapa é a desmontagem, a qual tem seu início na retirada de partes e peças consideradas aptas para reaproveitamento/reuso, as quais recebem laudo emitido por responsável técnico especializado (conforme Lei Federal nº 12.977/2014 e Resolução do CONTRAN nº 611/2016). Em seguida, são desmontadas as partes e peças classificadas como sem condições técnicas ou de segurança para reaproveitamento/reuso, sendo consideradas não aptas. Essa remoção tem por finalidade garantir a destinação ambientalmente adequada desses itens (plásticos, borrachas, vidros, etc.), assim como reduzir os contaminantes junto à carcaça metálica do VFV. Por fim, essa carcaça é encaminhada à trituração, podendo necessitar de corte para reduzir suas dimensões, e/ou compactação para reduzir o seu volume, facilitando a logística necessária.

Figura 9 – Sistema ambientalmente adequado para reciclagem de VFVs



¹O corte da carcaça será realizado quando for necessário reduzir as dimensões das partes para facilitar a compactação ou transporte para trituração.

²A compactação da carcaça dependerá da logística necessária para trituração.

Fonte: Elaborado pela autora, 2016

3.4.3 Trituração dos Resíduos

O macroprocesso de trituração que acontece, na maioria dos casos em empresas siderúrgicas, consiste em fragmentar a carcaça do VFV, composta em grande parte por metal ferroso. Esse processo favorece a triagem (separação) desses resíduos e conseqüentemente sua reciclagem. Os métodos que são utilizados na triagem utilizam-se das diferentes propriedades dos materiais que compõem os resíduos, como atração magnética, condutividade elétrica, densidade ou solubilidade (JOAQUIM FILHO, 2012). Assim sendo, os resíduos resultantes da trituração são classificados, separados e encaminhados à destinação ambientalmente adequada.

3.4.4 Destinação ambientalmente adequada

Nesse macroprocesso são gerados quatro tipos de destinação ambientalmente adequada: comercialização de partes e peças, reciclagem, valorização energética e disposição em aterro. Seguindo a recomendação dos 3 R's (redução, reutilização e reciclagem), o primeiro processo é o de comercialização, no qual estão incluídas todas as partes e peças aptas para tal. Esse formato de destinação (revenda para reutilização/reuso) contribui como uma fonte de renda adicional ao sistema de reciclagem de veículos. Também possibilita a redução do encaminhamento de resíduos à valorização energética e a aterros, bem como a redução na extração de matéria prima.

No processo de reciclagem estão incluídos três elementos oriundos dos macroprocessos de desmontagem do VFV e de trituração: partes e peças consideradas não aptas, elementos resultantes da descontaminação (líquidos, gases, bateria, catalisador, entre outros) e metais ferrosos e não ferrosos. Os demais resíduos do processo de triagem, que não foram encaminhados à reciclagem, são destinados à valorização energética (caso possuam poder calorífico), os quais são incinerados. Por fim, os resíduos que não possuem poder calorífico, os quais são considerados rejeitos, são dispostos em aterros.

3.5 Análise Comparativa entre o Sistema Proposto e o Sistema Atual do DETRAN/RS

Com a finalidade de analisar o sistema proposto, apresentado na seção anterior, em comparação às práticas atuais do DETRAN/RS, foi realizada uma análise apresentada no Quadro 8. Através da comparação, observa-se que, apenas seis das práticas identificadas são

adotadas no sistema atual do DETRAN/RS. Por outro lado, o sistema proposto foi desenhado considerando 15 das 22 práticas identificadas.

Dentre as principais diferenças entre os sistemas, o proposto contempla a forma de reciclagem por desmontagem, o que propiciará ao processo um melhor aproveitamento dos materiais, com redução da mistura e contaminação dos resíduos, se comparado à prática de retalhamento do DETRAN/RS. A realização da desmontagem total dos VFVs exclusivamente em CERVs possibilitará a separação de partes e peças. Essa separação permite a segregação do material por tipo, permitindo o armazenamento em recipientes específicos, para posterior encaminhamento à reciclagem ou a outra destinação que for conveniente e ambientalmente adequada. A execução dessa atividade em espaço exclusivo (CERV) se justifica, uma vez que são necessários equipamentos específicos que proporcionem as operações de remoção dos materiais/componentes dos VFV, incluindo os materiais/resíduos com potencial risco ao meio ambiente. Além disso, a infraestrutura que o CERV deve possuir, com canaletas de contenção afixadas ao piso e superfícies totalmente impermeabilizadas, evita a contaminação do solo e propicia o correto encaminhamento desses resíduos, em caso de vazamentos durante a desmontagem do VFV.

Com relação à baixa do registro do VFV, o processo atual se manteve devido a legislação brasileira obrigar que a mesma ocorra antes do seu encaminhamento a um CERV ou qualquer outra unidade de processamento. Entretanto, a abertura do sistema para reciclagem de VFVs de diversas origens é viável, desde que os detentores da posse do veículo realizem a baixa do registro antes de entregá-los ao CERV.

Analisando as práticas diretamente associadas à operacionalização da desmontagem, o sistema proposto prevê o pré-tratamento do VFV, com a finalidade de garantir a segurança dos envolvidos no processo. Por outro lado, no sistema atual do DETRAN/RS, não se realiza a desmontagem, então se reduz a necessidade de cuidado com a retirada de itens com potencial de risco.

Ainda, na prática de desmontagem se fez necessário a inclusão na proposta de duas modalidades que atendessem à realidade brasileira: desmontagem manual para reutilização e desmontagem mecânica para reciclagem. A primeira se justifica pela necessidade de maior habilidade e cuidado na remoção de partes e peças para o reaproveitamento/reuso. Por outro lado, a segunda reduz o esforço dos envolvidos no processo, sendo necessárias máquinas com pouca tecnologia, e conseqüente menor investimento financeiro.

As práticas de compactação e de corte de VFV, também foram incluídas no sistema

proposto, sendo realizadas sempre que forem necessários maiores deslocamentos ou redução de volume das carcaças. A prática de trituração passa a ser realizada somente para carcaças resultantes da desmontagem. Como consequência, têm-se uma menor mistura de materiais, bem como uma redução na contaminação dos resíduos. Por sua vez, a trituração de VFVs semimontados deixa de ser executada, visto que os VFVs serão desmontados antes de serem encaminhados à trituração.

Quadro 8 - Comparação das práticas do Sistema proposto X Sistema atual do DETRAN/RS

Critérios de Análise	Práticas Identificadas	Sistema Proposto	Sistema DETRAN/RS	
Forma de Reciclagem do VFV	Por retalhamento	o	X	
	Por desmontagem	X	o	
Unidade de Processamento do VFV	Exclusivamente em unidades especializadas - CERVs	X	o	
	Qualquer unidade de processamento	o	o	
Baixa do registro do VFV	Após a entrega ao CERV	o	o	
	Antes da entrega ao CERV ou outra unidade de processamento	X	X	
Origem de recebimento do VFV	Entrega pelo proprietário	X	o	
	Entrega pela seguradora	X	o	
Pré-tratamento do VFV	Retirada de itens com potencial de risco à desmontagem (manual ou mecânica)	X	o	
Descontaminação do VFV	Retirada de fluidos e de materiais com potencial nocivo ao meio ambiente	X	X	
Desmontagem do VFV	Manual	Para reciclagem (destrutiva)	o	o
		Para reutilização	X	o
	Mecânica	Para reciclagem (destrutiva)	X	o
		Para reutilização	o	o
Reaproveitamento/reutilização de partes	Comercialização de partes e peças	X	o	
Remanufatura de motor/transmissão	Reaproveitamento de motor e transmissão para comercialização	X	o	
Redução de volume do VFV	Compactação/corte do VFV	X	X	
Trituração	De carcaça	X	o	
	De VFV semimontado	o	X	
Destinação de Resíduos	Para valorização energética	X	o	
	Para aterro	X	X	
Tecnologia de projeto empregada no VFV	Design para desmontagem - DFD (Design for Disassembly)	o	o	
Local de aplicação da prática		Brasil	Rio Grande do Sul	

Legenda: Adota X Não adota o Não aborda

Fonte: Elaborado pela autora, 2016

Por fim, a valorização energética também passa a ser incluída como destinação dos resíduos provenientes da desmontagem. A sua finalidade é a de aproveitar o seu poder calorífico em fornos, como combustíveis, e em substituição ao encaminhamento a aterro. A prática de design para desmontagem não foi incluída no sistema proposto, pois depende de outros *stakeholders* do processo.

3.6 Conclusões

O presente trabalho realizou uma revisão sistemática da literatura, a respeito das práticas de reciclagem de veículos em diferentes localidades. Foram selecionadas 21 referências que possibilitaram identificar as principais características, vantagens e desvantagens dos sistemas analisados, com o objetivo de destacar as suas boas práticas. Uma análise qualitativa foi realizada, auxiliando no processo decisório para proposição de um sistema ambientalmente adequado para reciclagem de VFVs. Esse sistema proposto deve servir de base para a futura padronização de processos de reciclagem, visando a potencial criação de centros especializados (CERVs).

A partir da análise das referências, verificou-se que a realização de uma prática está diretamente relacionada aos objetivos que devem ser atingidos com a reciclagem do VFV e ao atendimento da legislação vigente. Além disso, a estrutura de um sistema para reciclagem de VFVs deve reunir uma combinação de boas práticas que atendam às necessidades prioritárias do cenário de aplicação. Dentre essas necessidades, podem ser citadas: o reaproveitamento de partes e peças, o controle do processo de desmontagem, a destinação ambientalmente adequada de resíduos, entre outras. Sendo assim, o sistema proposto para reciclagem de VFVs deve permitir adaptações, não sendo um sistema único, equilibrando objetivos associados a custos, tempo de operação, impacto ambiental, reciclagem de resíduos, segurança dos envolvidos, habilidade dos operadores, aquisição de maquinário/ferramental e manutenção financeira do processo.

Ainda, no que diz respeito à análise das referências, conclui-se que o sistema de reciclagem da Suécia (GRADIN *et al.*, 2013) é o mais próximo da realidade do Brasil. Entretanto, Zhao e Chen (2011) são uma das referências mais completas, pois abordaram a maior quantidade de boas práticas relacionadas à reciclagem de VFVs.

Com relação ao sistema proposto, o mesmo complementa o sistema atual do DETRAN/RS em muitos pontos. Dentre esses pontos, podem ser citados: (i) a abertura do sistema para reciclagem de VFVs de outras origens, que não somente dos pátios do DETRAN/RS; (ii) a introdução do processo de desmontagem total do VFV, que separa os seus diferentes materiais para destinação ambientalmente adequada; (iii) a possibilidade de comercialização de partes e peças de VFVs, gerando sustentabilidade financeira ao processo de reciclagem; (iv) a criação de unidade fixa para reciclagem de VFVs (CERVs); e (v) a possibilidade de valorização energética (recuperação de energia) para resíduos com poder calorífico, a partir da incineração.

Importante ressaltar que, os CERVs terão a responsabilidade de executar a prática da reciclagem do VFV, assim como de encaminhar adequadamente todos os resíduos do processo. Uma forma de fomentar a criação ou desenvolvimento desses centros é através da valorização dos atuais desmanches de veículos, que foram contemplados no Brasil com Lei Federal nº 12.977, de 20 de maio de 2014, que regula e disciplina a atividade de desmontagem de veículos. Porém, sabe-se que a simples publicação da legislação não é garantia de cumprimento, logo são necessárias medidas para ampliar e padronizar os processos, a exemplo do sistema de reciclagem aqui proposto.

De forma geral, pode-se concluir que os principais benefícios que o sistema de reciclagem proposto poderá alcançar quando empregado, seja em substituição ao atual processo do DETRAN/RS, ou como sistema nacional de reciclagem, a ser adotado nas demais empresas públicas e privadas, são: (i) o incremento no quantitativo de veículos reciclados; (ii) o aumento do volume de reciclagem ambientalmente adequada de resíduos, dentre eles os ferrosos, não ferrosos, plásticos, borrachas e vidros; (iii) a ampliação da taxa de reciclagem; (iv) a redução do volume de resíduos encaminhados a aterro; (v) a redução dos custos de processo associados à melhor separação de resíduos e à comercialização de partes e peças, tornando mais atrativo e viável a reciclagem de VFVs no país; e (vi) a ampliação da oferta de peças usadas para reposição, com qualidade assegurada.

Em relação aos potenciais benefícios indiretos, podem ser citados: (i) a redução do preço de partes e peças no mercado de reposição; (ii) a melhoria da manutenção veicular da frota nacional; (iii) a ampliação da segurança viária, com veículos em melhores condições de rodagem; (iv) o aumento de oportunidades de trabalho para profissionais técnicos especializados em reciclagem de VFVs; e (v) o desenvolvimento da cadeia de suprimento sustentável, incluindo os prestadores de serviços ambientais (PSAs).

Por fim, os resultados da pesquisa demonstraram que o tema da reciclagem de veículos está inserido num cenário mais amplo, que inicia na produção de materiais e autopeças, na montagem de subsistemas, na montagem final do veículo, na manutenção, reparos e troca de peças, e na reciclagem ao fim da vida útil dos componentes e do próprio veículo, exigindo a participação de todos *stakeholders* do processo. Em face disso, a eficiência do processo de desmontagem passa pela ampliação do conhecimento do material empregado e do processo de desmontagem da peça. Logo, as montadoras e os fabricantes de peças também têm papel fundamental no desenvolvimento do sistema de reciclagem proposto, visto que é deles a responsabilidade por projetar, fabricar e inserir no mercado veículos mais leves, econômicos e

sustentáveis.

Assim sendo, conclui-se que, a partir da adoção do sistema proposto, acompanhada do desenvolvimento de tecnologias automotivas, e legislação mais rígida e específica, com foco na economia circular e em produtos eco-amigáveis, deve acelerar a criação de um ambiente favorável para a reciclagem de VFVs no país.

Como sugestão de trabalhos futuros, recomenda-se um estudo para análise da viabilidade técnica da desmontagem em diferentes cenários, através da variação de um conjunto de características. Desta forma, pode-se verificar os custos associados, o tempo de operação, a tecnologia necessária e a redução de impactos ambientais gerados pelo aumento da reciclagem, na busca da otimização do processo de desmontagem de VFV. Também, sugere-se a realização de um estudo detalhado a respeito da inserção mercadológica das partes e peças resultantes da desmontagem de VFVs, avaliando o seu valor agregado, o potencial desenvolvimento de mercado associado à sua comercialização, buscando desenvolver a economia circular e os prestadores de serviços ambientais associados ao final do ciclo de vida de um veículo.

Referências

- BELBOOM, S.; LEWIS, G.; BAREEL, P.; LÉONARD, A. Life cycle assessment of hybrid vehicles recycling: Comparison of three business lines of dismantling. **Waste Management**, v.50, p.184–193, 2016.
- BRASIL. Lei 12.977, de 20 de Maio de 2014. Regula e disciplina a atividade de desmontagem de veículos automotores terrestres; altera o art. 126 da Lei no 9.503, de 23 de setembro de 1997 - Código de Trânsito Brasileiro; e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 21 maio 2014. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2014/Lei/L12977.htm>. Acesso em: 17 julho 2015.
- CONTRAN - Conselho Nacional de Trânsito. Resolução nº 611, de 24 de maio de 2016. Regulamenta a Lei nº 12.977, de 20 de maio de 2014, que regula e disciplina a atividade de desmontagem de veículos automotores terrestres, altera o § 4º do art. 1º da Resolução CONTRAN nº 11, de 23 de janeiro de 1998, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 24 maio 2016. Disponível em: < <http://www.denatran.gov.br/images/Resolucoes/Resolucao61120162.pdf>>. Acesso em: 27 agosto 2016.
- CRUZ-RIVERA, R.; ERTEL, J. Reverse logistics network design for the collection of End-of-Life Vehicles in Mexico. **European Journal of Operational Research**, v.196, p.930–939, 2009.
- DERIMEL, E.; DERIMEL, N.; GÖKÇEN, H.A mixed integer linear programming model to optimize reverse logistics activities of end-of-life vehicles in Turkey. **Journal of Cleaner Production**, v.112, p.2101-2113, 2016.

DETRAN/RS – Departamento Estadual de Trânsito. **Frota em Circulação no RS**, Disponível em: <http://www.detran.rs.gov.br/uploads/13995742031_Frota_do_RS.pdf>. Acesso em: 22 março 2016.

FERRÃO, P.; AMARAL, J. Assessing the economics of auto recycling activities in relation to European Union Directive on end of life vehicles. **Technological Forecasting & Social Change**, v.73, p.277–289, 2006.

FUNAZAKI, A.; TANEDA, K.; TAHARA, K.; INABA, A. Automobile life cycle assessment issues at end-of-life and recycling. **JSAE Review**, v.24, p.381–386, 2003.

GIL, A.C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

GO, T.F.; WAHAB, D.; RAHMAN, M.; RAMLI, R.; AZHARI, C. Disassemblability of end-of-life vehicle: a critical review of evaluation methods. **Journal of Cleaner Production**, v.19, p.1536–1546, 2011.

GRADIN, K.T.; LUTTROP, C.; BJÖRKLUND, A. Investigating improved vehicle dismantling and fragmentation technology. **Journal of Cleaner Production**, v.54, p.23–29, 2013.

HU, S.; WEN, Z. 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**, v. 95, p.91–99, 2015.

JOAQUIM FILHO, J. **Tratamento dos veículos em final do ciclo de vida no Brasil: Desafios e Oportunidades**. Monografia (MBA em Gestão Ambiental e Práticas de Sustentabilidade) - Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, São Paulo, 2012.

LU, Y.; BROUGHTON, J.; WINFIELD, P. A review of innovations in disbonding techniques for repair and recycling of automotive vehicles. **International Journal of Adhesion and Adhesives**, v.50, p.119–127, 2014.

LI, W.; BAI, H.; YIN, J.; XU, E. Life cycle assessment of end-of-life vehicle recycling processes in China—take Corolla taxis for example. **Journal of Cleaner Production**, v.117, p.176–187, 2016.

KIM, K.H.; JOUNG, H.T.; NAM, H.; SEO, Y.C.; HONG, J.H.; YOO, T.W. Management status of end-of-life vehicles and characteristics of automobile shredder residues in Korea. **Waste Management**, v.24, Issue 6, p.533–40, 2004.

KUMAR, V.; SUTHERLAND, J.W. Development and assessment of strategies to ensure economic sustainability of the U.S. automotive recovery infrastructure. **Resources, Conservation and Recycling**, v.53, p.470–477, 2009.

MAGNAGO, P. F.; ECHEVESTE, M. E. S. Caracterização de um modelo mínimo para o PDS por meio de uma revisão sistemática de literatura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS, 1., 2011, Porto Alegre, **Proceedings...** Porto Alegre, 2011.

MAMAT, T. N.A.R.; MAT SAMAN, M.Z.; SHARIF, S.; SIMIC, V. Key success factors in establishing end-of-life vehicle management system: A primer for Malaysia. **Journal of Cleaner Production**, v.135, p.1289–1297, 2016.

MAYYAS, A.; QATTAWI, A.; OMAR, M.; SHAN, D. Design for sustainability in automotive industry: A comprehensive review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.16, p.1845–1862, 2012.

PAN, Y.; LI, H. Sustainability evaluation of end-of-life vehicle recycling based on energy analysis: a case study of an end-of-life vehicle recycling enterprise in China. **Journal of Cleaner Production** xxx, 1-9, 2016.

SANTINI, A.; MORSELLI, L.; PASSARINI, F.; VASSURA, I.; DI CARLO, S.; BONINO, F. End-of-Life Vehicles management: Italian material and energy recovery efficiency. **Waste Management**, v.31, p.489–494, 2011.

SCHMID, A.; NAQUIN, P.; GOURDON, R. Incidence of the level of deconstruction on material reuse, recycling and recovery from end-of life vehicles: an industrial-scale experimental study. **Resources, Conservation and Recycling**, v.72, p.118– 126, 2013.

TIAN, J.; CHEN, M. Sustainable design for automotive products: Dismantling and recycling of end-of-life vehicles. **Waste Management**, v.34, p.458–467, 2014.

VERMEULEN, I.; VAN CANEGHEM, J.; BLOCK, C.; BAEYENS, J.; VANDECASTEELE, C. Automotive shredder residue (ASR): Reviewing its production from end-of-life vehicles (ELVs) and its recycling, energy or chemicals' valorization. **Journal of Hazardous Materials**, v.190, p.8–27, 2011.

WANG, L.; CHEN, M. Policies and perspective on end-of-life vehicles in China. **Journal of Cleaner Production**, v.44, p.168-176, 2013.

ZHAO, Q.; CHEN, M. A comparison of ELV recycling system in China and Japan and China's strategies. **Resources, Conservation and Recycling**, v.57, p.15–21, 2011.

4 Considerações Finais

Este capítulo apresenta as considerações finais dessa dissertação, abrangendo as conclusões e resultados obtidos, assim como sugestões de trabalhos futuros.

4.1 Conclusões

A presente dissertação teve como objetivo propor um sistema de reciclagem de VFVs ambientalmente mais sustentável, a partir da identificação de exemplos globais de melhores práticas adotadas, atendendo à legislação vigente do país. Este objetivo foi pautado na escassez de sistemas consolidados de reciclagem de veículos no Brasil e no grande volume de veículos em final de vida (VFVs) junto aos pátios do Departamento Estadual de Trânsito do Rio Grande do Sul - DETRAN/RS servindo de base para o desenvolvimento desta dissertação. Para tanto, essa pesquisa foi composta por dois artigos que se basearam em revisões sistemáticas e estudos de caso.

Inicialmente, através dos resultados da primeira revisão sistemática (artigo 1), que possibilitou a comparação de sistemas de gestão de reciclagem de veículos, identificados em 25 países, foi possível ampliar o conhecimento de tecnologias e de procedimentos adotados em diferentes realidades, permitindo a proposição de oito políticas a serem adotadas em âmbito nacional, bem como três ações de melhorias ao sistema atual do DETRAN/RS. Em seguida, a segunda revisão sistemática (artigo 2) permitiu a proposição de um sistema ambientalmente adequado para reciclagem de VFVs, que deva servir de base para a futura padronização de processos de reciclagem, visando a potencial criação de centros especializados (CERVs).

Sobre as políticas sugeridas, ainda no artigo 1, conclui-se que são necessários esforços de todos os entes federados envolvidos com a finalidade de criar/desenvolver legislações que definitivamente ampliem a reciclagem de VFVs no país. Para tanto, verifica-se que algumas ações se fazem necessárias, entre elas:

- (i) a revisão e complementação da legislação ambiental atualmente existente na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), visto que a mesma não é

específica com relação à destinação de resíduos provenientes de veículos, nem sobre a responsabilização e deveres de cada um dos *stakeholders* envolvidos no processo;

- (ii) a condução de estudo técnico para a parametrização e o desenvolvimento de normativa, que estipule o quanto e de quem será cobrado o valor associado à manutenção financeira do sistema nacional de reciclagem de VFVs;
- (iii) a criação de incentivo financeiro ou fiscal a ser concedido, seja na entrega de um VFV para reciclagem adequada (veículos de particulares) ou para troca por um veículo novo (veículos de frota); aos CERVs para assegurar a manutenção do processo de reciclagem; às empresas que utilizem materiais reciclados em seus processos; e ao desenvolvimento ou à aquisição de veículos eco-amigáveis (*ecofriendly*);
- (iv) criação de incentivo temporário para assegurar que a frota existente e que ainda não estaria contemplada pelas novas legislações, sejam encaminhadas a reciclagem através de um CERV. Para tanto, sugere-se a mudança da legislação brasileira no que tange especificamente a baixa do registro do VFV, passando a mesma a ser realizada após a comprovação de entrega do veículo ao centro, concomitante com a adoção da redução em percentual dos débitos associado ao VFV, ou ainda, a quitação total desses pelo encaminhamento adequado ao CERV.
- (iv) a criação do Fundo Nacional para Reciclagem de Veículos (FNRV), que será responsável pela gestão dos valores arrecadados, possibilitando o pagamento dos incentivos financeiros propostos nesse estudo.

Com relação à política para a criação dos CERVs, recomenda-se que a mesma receba especial atenção e celeridade de adoção, em função de ser do CERV a responsabilidade de executar a prática da reciclagem dos VFVs. Além disso, pode-se verificar que a valorização dos atuais desmanches de veículos, através de algumas adaptações nos processos existentes e da capacitação dos envolvidos, deve contribuir para consolidar e agilizar a criação dos CERVs. Uma vez que, esses desmanches possuem conhecimento, aptidão e estrutura mínima para a desmontagem de VFVs, e estão distribuídos em diversas cidades do país, de forma a criar uma rede de reciclagem, necessitando de baixo investimento e pouco tempo para sua operacionalização.

No que diz respeito ao sistema de reciclagem do DETRAN/RS, pode-se constatar que, mesmo sendo considerado um dos mais avançados do país, são necessárias melhorias ao seu

processo, principalmente com relação à prática da desmontagem e encaminhamento de resíduos, tornando-o um sistema de reciclagem ambientalmente mais sustentável. Para tanto, a adoção do sistema de reciclagem de VFVs proposto no artigo 2, deve proporcionar esse avanço ao atual sistema do DETRAN/RS. Ainda, cabe salientar que, o sistema proposto além de incorporar as três ações de melhoria sugeridas, no artigo 1, para o atual sistema do DETRAN/RS, adicionou outras práticas, entre elas: (i) a introdução do processo de desmontagem total do VFV, que separa os seus diferentes materiais para destinação ambientalmente adequada; e (ii) a possibilidade de valorização energética (recuperação de energia) para resíduos com poder calorífico, a partir da incineração.

Diante do exposto, pode-se concluir que a implantação do conjunto de políticas sugeridas, bem como do sistema de reciclagem proposto, poderá alcançar como principais benefícios: (i) o incremento no quantitativo de VFVs reciclados; (ii) o aumento do volume de reciclagem ambientalmente adequada de resíduos, dentre eles os ferrosos, não ferrosos, plásticos, borrachas e vidros; (iii) a ampliação da taxa de reciclagem; (iv) a redução do volume de resíduos encaminhados a aterro; (v) a redução dos custos de processo associados à melhor separação de resíduos e à comercialização de partes e peças; (vi) a ampliação da oferta de peças usadas para reposição, com qualidade assegurada; e (vii) redução dos veículos depositados junto aos pátios dos DETRANs.

Além disso, pode-se destacar como potenciais benefícios indiretos: (i) a ampliação da disponibilidade no mercado de partes e peças para reaproveitamento e reuso; (ii) a melhoria da manutenção veicular da frota nacional; (iii) a ampliação da segurança do trânsito, com veículos em melhores condições de rodagem; (iv) geração de empregos diretos e indiretos, com o aumento de oportunidades de trabalho para profissionais técnicos especializados em reciclagem de VFVs; (v) o desenvolvimento da cadeia de suprimento sustentável, incluindo os prestadores de serviços ambientais (PSAs); (vi) a redução de veículos abandonados em vias e/ou depósitos públicos, melhorando a imagem dos grandes centros urbanos; (vii) a ampliação na oferta de matéria prima, bem como a redução do consumo de energia; (viii) a redução da contaminação do solo; (ix) melhoria na qualidade do ar, com a redução de poluentes lançados por veículos sem manutenção; (x) renovação da frota de veículos; (xi) redução dos desmanches de veículos irregulares; (xii) fomento de projeto de veículos com foco em soluções ambientalmente adequadas e tecnologias sustentáveis; e (xiii) controle/rastreabilidade/gestão do ciclo de vida (matéria prima – veículo – VFV - matéria prima).

Em complemento, os resultados da pesquisa demonstraram que o tema da reciclagem de veículos está inserido num cenário mais amplo, que inicia na produção de materiais e autopeças, na montagem de subsistemas e do veículo, na manutenção, reparos e troca de peças, e na reciclagem ao fim da vida útil dos componentes e do próprio veículo, exigindo a participação de todos *stakeholders* do processo, a exemplo: das montadoras e fabricantes de peças, no desenvolvimento de tecnologias automotivas; dos entes federados, na criação de legislações mais rígidas e específicas, com foco na economia circular; e da sociedade na busca de produtos eco-amigáveis.

Por fim, conclui-se que, a reciclagem de veículos já é uma realidade em diversos países, porém no Brasil, falta planejamento e iniciativas para lidar com os crescentes volumes de VFVs. Para tanto, a adoção das políticas e ações de melhoria sugeridas, associadas à implantação do sistema ambientalmente adequado para reciclagem de VFVs proposto, poderá acelerar a criação de um ambiente favorável para o desenvolvimento e a consolidação da reciclagem de VFVs no país.

4.2 Sugestão de Trabalhos Futuros

Destaca-se que este estudo não encerra a discussão sobre a reciclagem de VFVs no Brasil, assim como seus procedimentos legais, técnicos e administrativos. É preciso, portanto, continuar estudando o tema da reciclagem de VFVs com foco fundamental em desenvolver e consolidar o sistema de reciclagem de VFVs no país. Para tanto, serão abordadas algumas recomendações para trabalhos futuros que contribuirão para o amadurecimento desse processo. Sendo elas:

- Identificar os aspectos técnicos e econômicos relativos à implantação das políticas propostas nesse trabalho;
- Estudar detalhadamente cada uma das práticas incluídas no sistema de reciclagem de VFVs proposto. Tendo por finalidade a criação de um padrão de caráter nacional, que poderá ser utilizado enquanto ferramenta de suporte à capacitação dos envolvidos nas diversas áreas do sistema;
- Analisar a viabilidade técnica e financeira da desmontagem em diferentes cenários, através da variação de um conjunto de características. Desta forma, pode-se verificar os custos associados, o tempo de operação, a tecnologia necessária e a redução de

impactos ambientais gerados pelo aumento da reciclagem, na busca da otimização do processo de desmontagem de VFV.

- Analisar a composição de materiais de um VFV, assim como o seu processo de desmonte e destinação ambientalmente adequada de resíduos, permitindo ampliar e melhorar a qualidade dos resíduos encaminhados à reciclagem e reuso, e por consequência reduzir os resíduos encaminhados à incineração e aterro;
- Estudar a inserção mercadológica das partes e peças resultantes da desmontagem de VFVs, avaliando o seu valor agregado, o potencial desenvolvimento de mercado associado à sua comercialização, buscando desenvolver a economia circular e os prestadores de serviços ambientais associados ao final do ciclo de vida de um veículo;
- Estudar o impacto do ciclo de vida de um veículo a partir do processo de reciclagem proposto.

Referências

ACEA – European Automobile Manufacturers Association. **Average Vehicle Age**. Disponível em: <<http://www.acea.be/statistics/tag/category/average-vehicle-age>>. Acesso em: 06 novembro 2016.

AKONBENG, A. K. Understanding Systematic Reviews and Meta-analysis. **Archives Disease Childhood**, v.90, p.845-848, 2005.

ÁLVAREZ, M.L. **Head of Automotive Recycling project**, Research Division at Accountancy and Administration Faculty, National Autonomous University of Mexico (UNAM), México City, 2007.

AMARAL, J. **Desenvolvimento de uma metodologia de Ecodesign**: aplicação ao automóvel. 2005. 157 f. Tese (Doutorado em Design) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2005.

AMELIA, L.; DA WAHAB, D.; CHE HARON, C.; MUHAMAD, N.; AZHARI, C. Initiating automotive component reuse in Malaysia. **Journal of Cleaner Production**, v.17, p.1572–1579, 2009.

ANDRADE, C. O projeto RenovAr. In: Seminário Internacional sobre reciclagem de veículos e renovação de frota, 1. 2010, Brasília. **Anais eletrônicos...** Brasília, CNT, 2010. Disponível em: <[http://www.cntdespoluir.org.br/Documents/PDFs/SEMINARIO_DE_RECICLAGEM_\(CURVA\).pdf](http://www.cntdespoluir.org.br/Documents/PDFs/SEMINARIO_DE_RECICLAGEM_(CURVA).pdf)>. Acesso em: 22 junho 2014.

ANPACT - Asociación Nacional de Productores de Autobuses, Camiones y Tractocamiones, A.C. **¿Qué es la chatarrización?** Disponível em: <<http://www.anpact.com.mx/PlanEstrategicoSustentable/>>. Acesso em: 26 junho 2014.

ARN - Auto Recycling Nederland. **Recycling van Auto's**. Disponível em: <<http://www.arn.nl/recycling/recycling-van-autos/>>. Acesso em 22 novembro 2014.

- BELBOOM, S.; LEWIS, G.; BAREEL, P.; LÉONARD, A. Life cycle assessment of hybrid vehicles recycling: Comparison of three business lines of dismantling. **Waste Management**, v.50, p.184–193, 2016.
- BELLMANN, K.; KHARE, A. Economic issues in recycling end-of-life vehicles. **Technovation**, v.20, p.677–690, 2000.
- BERZI, L.; DELOGU, M.; GIORGETTI, A.; PIERINI, M. On-field investigation and process modelling of End-of-Life Vehicles treatment in the context of Italian craft-type Authorized Treatment Facilities. **Waste Management**, v.33, p.892–906, 2013.
- BORGES, A.L.; FONSECA, L.S. **Logística como fonte de vantagem competitiva**. XXIV ENANGRAD, 29/09 a 02/10 de 2013, Florianópolis, 2013.
- BRASIL. Lei 12.305, de 02 de Agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 3 agosto 2010. Disponível em : <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 22 maio 2015.
- _____. Lei 12.977, de 20 de Maio de 2014. Regula e disciplina a atividade de desmontagem de veículos automotores terrestres; altera o art. 126 da Lei no 9.503, de 23 de setembro de 1997 - Código de Trânsito Brasileiro; e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 21 maio 2014. Disponível em : < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2014/Lei/L12977.htm>. Acesso em: 17 julho 2015.
- BRAUNGART, M.; MCDONOUGH, W.; BOLLINGER, A. Cradle-to-cradle design: creating healthy emissions – a strategy for eco-effective product and system design. **Journal of Cleaner Production**, p. 1337-1348, 2007.
- CASTRO, D. E. **Reciclagem e Sustentabilidade na Indústria Automobilística**. Belo Horizonte, 2012.
- CASSELLS, S.; HOLLAND, J.; MEISTER, A. End-of-life vehicle disposal: Policy proposals to resolve an environmental issue in New Zealand. **Journal of Environmental Policy & Planning**, v. 7, issue 2, p.107-124, 2005.
- CEFET/MG - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. **CEFET-MG apresenta reciclagem automotiva no Festival do Japão**. Disponível em: < <http://www.campus2.cefetmg.br/2017/02/21/cefet-mg-apresenta-reciclagem-automotiva-no-festival-do-japao/>>. Acesso em: 23 fevereiro 2017.
- CHEN, K.; HUANG, S.; LIAN, I. The development and prospects of the end-of-life vehicle recycling system in Taiwan. **Waste Management**, v.30, Issues 8-9, p.1661-1669, August-September, 2010.
- CHENG, Y.W.; CHENG, J.; WU, C.; LIN, C. Operational characteristics and performance evaluation of the ELV recycling industry in Taiwan. **Resources, Conservation and Recycling**, v.65, p. 29–35, 2012.
- CNT – Confederação Nacional de Transporte. **Rio de Janeiro isenta ICMS na compra de caminhões**. Disponível em: <http://www.cnt.org.br/Paginas/Agencia_Noticia.aspx?noticia=caminhoes-carga-ICMS-RiodeJaneiro-Renovar-renovacao-frota-03052013>. Acesso em: 23 outubro 2014.
- CNT – Confederação Nacional de Transporte. **Centro Sistema de Reciclagem de veículos e**

caminhões será instalado em Minas Gerais. Disponível em:

<<http://www.cntdespoluir.org.br/paginas/Entrevistas.aspx?n=435>>. Acesso em: 15 setembro 2015.

COIMBRA, N. S.; DANILEVICZ, A. M. F. Public policy models that strengthen circular economy: a study applied to the consolidation of vehicle recycling process in Brazil. In: GLOBAL CLEANER PRODUCTION AND SUSTAINABLE CONSUMPTION CONFERENCE, 1., 2015, Sitges.

Proceedings... Sitges, Elsevier, 2015.

CONTRAN - Conselho Nacional de Trânsito. Resolução nº 611, de 24 de maio de 2016. Regulamenta a Lei nº 12.977, de 20 de maio de 2014, que regula e disciplina a atividade de desmontagem de veículos automotores terrestres, altera o § 4º do art. 1º da Resolução CONTRAN nº 11, de 23 de janeiro de 1998, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 24 maio 2016. Disponível em : <

<http://www.denatran.gov.br/images/Resolucoes/Resolucao61120162.pdf>>. Acesso em: 27 agosto 2016.

CRUZ-RIVERA, R. **The implementation of End-of-Life Vehicles recycling in developing countries, case study Mexico.** PhD thesis. Doctorate Program at the Chair of Industrial Sustainability at Brandenburg University of Technology in Cottbus, Germany, p. 203, 2007.

CRUZ-RIVERA, R.; ERTEL, J. Reverse logistics network design for the collection of End-of-Life Vehicles in Mexico. **European Journal of Operational Research**, v.196, p.930–939, 2009.

DE LA FUENTE, M.V.; ROS L, CARDÓS, M. Integrating Forward and Reverse Supply Chains: Application to a metal-mechanic company, **International Journal of Production Economics**, p. 782–792, 2007.

DENATRAN - Departamento Nacional de Trânsito. **Estatística – Frota.** Disponível em:

<<http://www.denatran.gov.br/frota2016.htm>>. Acesso em: 08 maio 2016.

DERIMEL, E.; DERIMEL, N.; GÖKÇEN, H. A mixed integer linear programming model to optimize reverse logistics activities of end-of-life vehicles in Turkey. **Journal of Cleaner Production**, v.112, p.2101-2113, 2016.

DESENVOLVE SP. **Programa Renova SP.** Disponível em:

<<http://desenvolvesp.com.br/portal.php/renova-sp>>. Acesso em: 23 outubro 2014.

DETRAN/RS – Departamento Estadual de Trânsito. Portaria DETRAN/RS nº 383, de 23 de dezembro de 2009. **Diário oficial do Estado do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, RS, 23/12/2009. Disponível em: < <http://www.detrans.rs.gov.br/conteudo/25248/383>>. Acesso em: 13 março 2014.

_____. Portaria DETRAN/RS nº 254, de 26 de julho de 2010. **Diário oficial do Estado do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, RS, 23/12/2009. Disponível em: <

<http://www.detrans.rs.gov.br/conteudo/26171/254>>. Acesso em: 13 março 2014.

_____. **Frota em Circulação no RS**, Disponível em:

<http://www.detrans.rs.gov.br/uploads/13995742031_Frota_do_RS.pdf>. Acesso em: 22 março 2016a.

_____. Portaria DETRAN/RS nº 144, de 09 de maio de 2016. **Diário oficial do Estado do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, RS, 09/05/2016. Disponível em: <

<http://www.detrans.rs.gov.br/conteudo/40266/144>>. Acesso em: 30 novembro 2016b.

_____. **Editais de Leilão.** Disponível em: <<http://www.detrans.rs.gov.br/editais-leilao-reciclagem>>. Acesso em: 15 janeiro 2017.

EC - European Commission. Directive 2000/53/EC of the European Parliament and of the Council of 18 September 2000 on End-of-life Vehicles - Commission Statements. **Official Journal of the European Communities**. L n° 269, p.0034-0043, 21/10/2000. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:02fa83cf-bf28-4afc-8f9f-eb201bd61813.0009.02/DOC_1&format=PDF>. Acesso em: 22 maio 2014.

_____. Commission Directive 2013/28/EU of 17 May 2013 amending Annex II to Directive 2000/53/EC of the European Parliament and of the Council on end-of-life vehicles Text with EEA relevance. **Official Journal of the European Union**. L n° 135, 22/05/2013. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013L0028&from=EN>>. Acesso em: 20 agosto 2015.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **The Circular Economy Applied to the Automotive Industry**. Disponível em: <<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/interactive-diagram/the-circular-economy-applied-to-the-automotive-industry>>. Acesso em: 03 outubro 2016.

ESPAÑA. UNE 26470:2002. Vehículos de carretera. Instalaciones de tratamiento de vehículos al final de su vida útil. Especificaciones técnicas de las instalaciones. **Boletín Oficial del Estado**, BOE n° 238, de 04/10/2002. Disponível em: <<http://www.boe.es/boe/dias/2003/01/03/pdfs/A00185-00191.pdf>>. Acesso em: 20 abril 2015.

_____. Real Decreto 1383/2002, de 20 de diciembre de 2002, sobre gestión de vehículos al final de su vida útil. **Boletín Oficial del Estado**, BOE n° 3, de 03/01/2003. Disponível em: <<http://www.boe.es/boe/dias/2003/01/03/pdfs/A00185-00191.pdf>>. Acesso em: 20 abril 2015.

FAREL, R.; YANNOU, B.; GHAFARI, A.; LEROY, Y. A cost and benefit analysis of future end-of-life vehicle glazing recycling in France: A systematic approach. **Resources, Conservation and Recycling**, v.74, p.54–65, 2013.

FEBELAUTO. **Overzicht van het recyclageproces**. Disponível em: <<http://www.febelauto.be/nl/recyclageproces/algemeen/>>. Acesso em: 20 abril 2015.

FEDEREC - Fédération Professionnelle des Entreprises du Recyclage. **Déconstruction automobile**. Disponível em: <<http://www.federec.org/les-nouvelles-matieres-premieres/vehicules-hors-dusage>>. Acesso em: 11 abril 2015.

FENABRAVE - Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores. **Anuário FENABRAVE 2015**. Disponível em: <<http://www3.fenabrave.org.br:8082/plus/modulos/listas/index.php?tac=indices-e-numeros&idtipo=6&layout=indices-e-numeros>>. Acesso em: 05 abril 2016.

FERRÃO, P.; AMARAL, J. Assessing the economics of auto recycling activities in relation to European Union Directive on end of life vehicles. **Technological Forecasting & Social Change**, v.73, p.277–289, 2006.

FERRER, G.; WHYBARK, C. The economics of remanufacturing. Business aspects of closed-loop supply-chains: exploring the issues. In: **Proceedings...** of the Carnegie Bosch Institute International Conference on Closed-Loop Supply-Chains, p. 317–354. 2001.

FORTON, O.T.; HARDER, M.K.; MOLES, N.R. Value from shredder waste: Ongoing limitations in the UK. **Resources, Conservation and Recycling**, v.46, p.104–113, 2006.

- FUNAZAKI, A.; TANEDA, K.; TAHARA, K.; INABA, A. Automobile life cycle assessment issues at end-of-life and recycling. **JSAE Review**, v.24, p.381–386, 2003.
- GIL, A.C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**.4 ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002.
- GO, T.F.; WAHAB, D.; RAHMAN, M.; RAMLI, R.; AZHARI, C. Disassemblability of end-of-life vehicle: a critical review of evaluation methods. **Journal of Cleaner Production**, v.19, p.1536–1546, 2011.
- GOLEBIEWSKI, B.; TRAJER, J.; JAROS, M.; WINICZENKO, R. Modelling of the location of vehicle recycling facilities: A case study in Poland. **Resources, Conservation and Recycling**, v.80, p.10–20, 2013.
- GRADIN, K.T.; LUTTROPP, C.; BJÖRKLUND, A. Investigating improved vehicle dismantling and fragmentation technology. **Journal of Cleaner Production**, v.54, p.23-29, 2013.
- GUIDE, D.; VAN WASSENHOVE, L. Managing product returns for remanufacturing. Business aspects of closed-loop chains: Exploring the issues. **Carnegie Bosch Institute**, Carnegie Mellon University Press, p. 355–380, 2003.
- HARRAZ, N. A.; GALAL, N. M. Design of Sustainable End-of-life Vehicle recovery network in Egypt. **Ain Shams Engineering Journal**, p. 211–219, 2011.
- HATSCHBACH, R. N.; NAVEIRO, R.M. Panorama da reciclagem de componentes no setor automobilístico. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – ENEGEP, 23., 2003, Ouro Preto. **Anais eletrônicos...** Rio de Janeiro, ABEPRO, 2003. Disponível em:<http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2003_TR1005_0875.pdf>. Acesso em: 22 junho 2014.
- HU, S.; WEN, Z. 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**, v. 95, p.91–99, 2015.
- JOAQUIM FILHO, J. **Tratamento dos veículos em final do ciclo de vida no Brasil: Desafios e Oportunidades**. Monografia (MBA em Gestão Ambiental e Práticas de Sustentabilidade) - Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, São Paulo, 2012.
- JUÁREZ, I. Experiência na Espanha. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE RECICLAGEM DE VEÍCULOS E RENOVAÇÃO DE FROTA, 1., 2010, Brasília. **Anais eletrônicos...** Brasília, CNT, 2010. Disponível em: <[http://www.cntdespoluir.org.br/Documents/PDFs/SEMINARIO_DE_RECICLAGEM_\(CURVA\).pdf](http://www.cntdespoluir.org.br/Documents/PDFs/SEMINARIO_DE_RECICLAGEM_(CURVA).pdf)>. Acesso em: 22 junho 2014.
- KIM, K.H.; JOUNG, H.T.; NAM, H.; SEO, Y.C.; HONG, J.H.; YOO, T.W. Management status of end-of-life vehicles and characteristics of automobile shredder residues in Korea. **Waste Management**, v.24, Issue 6, p.533–40, 2004.
- KRIKKE, H.; LE BLANC, I.; VAN KRIEKEN, M.; FLEUREN, H. Low-frequency collection of materials disassembled from end-of-life vehicles On the value of on-line monitoring in optimizing route planning. **International Journal Production Economics**, v.111, p.209–228, 2008.
- KUMAR, V.; SUTHERLAND, J.W. Development and assessment of strategies to ensure economic sustainability of the U.S. automotive recovery infrastructure. **Resources, Conservation and Recycling**, v.53, p.470–477, 2009.

- LASHLEM, A.A.; WAHAB, D.; ABDULLAH, S.; CHE HARON, C. A Review on End-of-life Vehicle Design Process and Management. **Journal of Applied Sciences**, p. 654-662, 2013.
- LI, W.; BAI, H.; YIN, J.; XU, E. Life cycle assessment of end-of-life vehicle recycling processes in China - take Corolla taxis for example. **Journal of Cleaner Production**, v.117, p.176-187, 2016.
- LINDE, K.; WILLICH, S.N. How objective are systematic reviews? Differences between reviews on complementary medicine. **Journal of the Royal Society of Medicine**, v. 96, p.17-22, 2003.
- LIZARRAGA, M. A bem sucedida experiência mexicana. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE RECICLAGEM DE VEÍCULOS E RENOVAÇÃO DE FROTA, 1., 2010, Brasília. **Anais eletrônicos...** Brasília, CNT, 2010. Disponível em: <[http://www.cntdespoluir.org.br/Documents/PDFs/SEMINARIO_DE_RECICLAGEM_\(CURVA\).pdf](http://www.cntdespoluir.org.br/Documents/PDFs/SEMINARIO_DE_RECICLAGEM_(CURVA).pdf)>. Acesso em: 22 junho 2014.
- LU, Y.; BROUGHTON, J.; WINFIELD, P. A review of innovations in disbonding techniques for repair and recycling of automotive vehicles. **International Journal of Adhesion and Adhesives**, v.50, p.119-127, 2014.
- MAGNAGO, P. F.; ECHEVESTE, M. E. S. Caracterização de um modelo mínimo para o PDS por meio de uma revisão sistemática de literatura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS, 1., 2011, Porto Alegre, **Proceedings...** Porto Alegre, 2011.
- MAHMOUDZADEH, M.; MANSOUR, S.; KARIMI, B. To develop a third-party reverse logistics network for end-of-life vehicles in Iran. **Resources, Conservation and Recycling**, v.78, p.1-14, 2013.
- MAMAT, T. N.A.R; MAT SAMAN, M.Z.; SHARIF, S.; SIMIC, V. Key success factors in establishing end-of-life vehicle management system: A primer for Malaysia. **Journal of Cleaner Production**, v.135, p.1289-1297, 2016.
- MANOMAIVIBOOL, P. Network management and environmental effectiveness: the management of end-of-life vehicles in the United Kingdom and in Sweden. **Journal of Cleaner Production**, v.16, Issue 18, p.2006-2017, 2008.
- MAYYAS, A.; QATTAWI, A.; OMAR, M.; SHAN, D. Design for sustainability in automotive industry: A comprehensive review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.16, p.1845-1862, 2012.
- MAZZANTI, M.; ZOBOLI, R. Economic instruments and induced innovation: The European policies on end-of-life vehicles. **Ecological Economics**, v. 58, issue 2, p.318-337, 2006.
- OGUSHI, Y.; KANDLIKAR, M. The impact of end-of-life vehicle recycling law on automobile recovery in Japan. In: INTERNATIONAL ENVIRONMENTALLY CONSCIOUS DESIGN AND INVERSE MANUFACTURING SYMPOSIUM, 4., 2005, Tokyo. **Proceedings...**, Tokyo: 2005. p.626-33.
- PAN, Y.; LI, H. Sustainability evaluation of end-of-life vehicle recycling based on emergy analysis: a case study of an end-of-life vehicle recycling enterprise in China. **Journal of Cleaner Production** xxx, 1-9, 2016.
- PONS, F. Experiência na Argentina. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE RECICLAGEM DE VEÍCULOS E RENOVAÇÃO DE FROTA, 1., 2010, Brasília. **Anais eletrônicos...** Brasília, CNT, 2010. Disponível em: <[http://www.cntdespoluir.org.br/Documents/PDFs/SEMINARIO_DE_RECICLAGEM_\(CURVA\).pdf](http://www.cntdespoluir.org.br/Documents/PDFs/SEMINARIO_DE_RECICLAGEM_(CURVA).pdf)>. Acesso em: 22 junho 2014.

PORTUGAL. Decreto Lei n.º 196/2003, de 23 de agosto de 2003. Transpõe para a ordem jurídica nacional a Directiva n.º 2000/53/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 18 de Setembro, relativa aos veículos em fim de vida. **Procuradoria-Geral Distrital de Lisboa – Ministério Público**. Disponível em: <http://www.pgdlisboa.pt/leis/lei_mostra_articulado.php?nid=371&tabela=leis&ficha=1&pagina=1&so_miolo=S>. Acesso em: 13 janeiro 2015.

PORTUGAL. Decreto Lei n.º 114/2013, de 07 de agosto de 2013. Procede à sexta alteração ao Decreto-Lei n.º 196/2003, de 23 de agosto, que estabelece o regime jurídico a que fica sujeita a gestão de veículos e de veículos em fim de vida e seus componentes e materiais, transpondo para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2013/28/UE, da Comissão, de 17 de maio, que altera o anexo II à Diretiva n.º 2000/53/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 18 de setembro, relativa aos veículos em fim de vida. **Procuradoria-Geral Distrital de Lisboa – Ministério Público**. Disponível em: <http://www.pgdlisboa.pt/leis/lei_print_articulado.php?tabela=leis&artigo_id=&nid=1986&nversao=&tabela=leis>. Acesso em: 13 janeiro 2015.

REINO UNIDO. **Statutory Instruments, 2003, n.º 2635** - Environmental Protection. The End-of-Life Vehicles Regulations 2003. Disponível em: <http://www.legislation.gov.uk/uksi/2003/2635/pdfs/uksi_20032635_en.pdf>. Acesso em: 21 junho 2014.

REINO UNIDO. **Statutory Instruments, 2005, n.º 263**. The end-of-life vehicles (producer responsibility) Regulations 2005. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/415921/ELV_producer_responsibility_regulations_2005_statutory_instrument_2005.pdf>. Acesso em: 21 junho 2014.

REVISTA CESVI – Centro de Experimentação e Segurança Viária. **Reciclagem de Veículos: Brasil ainda está no 3º mundo quanto ao aproveitamento de veículos fora de uso**. São Paulo, v. 12, n. 63, 2009.

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v.11, n.1, p.83-89, 2007.

SANTINI, A.; MORSELLI, L.; PASSARINI, F.; VASSURA, I.; DI CARLO, S.; BONINO, F. End-of-Life Vehicles management: Italian material and energy recovery efficiency. **Waste Management**, v.31, p.489–494, 2011.

SCHMID, A.; NAQUIN, P.; GOURDON, R. Incidence of the level of deconstruction on material reuse, recycling and recovery from end-of life vehicles: an industrial-scale experimental study. **Resources, Conservation and Recycling**, v.72, p.118– 126, 2013.

SCHULTMANN, F.; ZUMKELLER, M.; RENTZ, O. Modeling reverse logistic tasks within closed-loop supply chains: An example from the automotive industry. **European Journal of Operational Research**, v.171, p.1033–1050, 2006.

SINDEPEÇAS - Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores. **Desempenho do setor de autopeças 2014**. Disponível em: <<http://www.virapagina.com.br/sindipecas2014/files/assets/common/downloads/publication.pdf>>. Acesso em: 22 junho 2014.

SMINK, C. K. Vehicle recycling regulations: lessons from Denmark. **Journal of Cleaner Production**, v.15, ed.11-12, p.1135–1146, 2007.

SMITH, M.; JACOBSON, J.; WEBB, B. Abandoned vehicles in England: Impact of the End of Life Directive and new initiatives, on Likely Future Trends. **Resources, Conservation and Recycling**, v.41, p.177–189, 2004.

SUÉCIA. Svensk Författningssamling n° 343, 22/05/1975. Svensk Författningssamling 1975:343. **Miljödepartementet**. Disponível em: <https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/bilskrottningslag-1975343_sfs-1975-343>. Acesso em: 20 setembro 2015.

SUÉCIA. Svensk författningssamling n° 788, 23/10/1997. Svensk författningssamling 1997:788. **Miljödepartementet**. Disponível em: <https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/forordning-1997788-om-producentansvarfor_sfs-1997-788>. Acesso em: 20 set. 2015.

STAUDINGER, J.; FLYINN, M.S. **Management of end-of-life vehicles (ELVs) in the US**. Centre for Sustainable University of Michigan Reports; 2001.

TIAN, J.; CHEN, M. Sustainable design for automotive products: Dismantling and recycling of end-of-life vehicles. **Waste Management**, v.34, p.458–467, 2014.

VALORCAR. **Relatório de Atividades – 2013**. Disponível em: <http://www.valorcar.pt/core/components/manageLibFiles/uploads/D/RelAct2013_VFV_FINAL_Internet.pdf>. Acesso em: 21 junho 2014.

VERMEULEN, I.; VAN CANEGHEM, J.; BLOCK, C.; BAEYENS, J.; VANDECASTEELE, C. Automotive shredder residue (ASR): Reviewing its production from end-of-life vehicles (ELVs) and its recycling, energy or chemicals' valorization. **Journal of Hazardous Materials**, v.190, p.8–27, 2011.

WANG, L.; CHEN, M. Policies and perspective on end-of-life vehicles in China. **Journal of Cleaner Production**, v.44, p.168-176, 2013.

WORDSWORTH, A.; MILLER, S. **Improving the Management of End-of-life Vehicles in Canada**. Canadá: Canadian Environmental Law Association – CELA, 2011. Disponível em: <<http://www.cela.ca/sites/cela.ca/files/784.ELV%20April%202011.pdf>>. Acesso em: 20 de março de 2013.

ZHAO, Q.; CHEN, M. A comparison of ELV recycling system in China and Japan and China's strategies. **Resources, Conservation and Recycling**, v.57, p.15–21, 2011.