



**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL GRADUAÇÃO  
EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

**CLASSIFICAÇÃO DE MATERIAIS DE UM VFV SEGUNDO ABNT 10.004/2004:  
APLICAÇÃO EM UMA PORTA AUTOMOTIVA**

**Jennifer Oliveira Costa**

**Belo Horizonte  
2022**

**Jennifer Oliveira Costa**

**CLASSIFICAÇÃO DE MATERIAIS DE UM VFV SEGUNDO ABNT 10.004/2004:  
APLICAÇÃO EM UMA PORTA AUTOMOTIVA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Orientador: Prof. M.Sc. Gilberto Cifuentes Dias Araujo.

Belo Horizonte  
2022



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL - NS



FORMULÁRIO DE DADOS PESSOAIS (DISCENTE) Nº 3 / 2022 - DCTA (11.55.03)

Nº do Protocolo: 23062.061922/2022-88

Belo Horizonte-MG, 13 de dezembro de 2022.

**JENNIFER OLIVEIRA COSTA**

**CLASSIFICAÇÃO DE MATERIAIS DE UM VFV SEGUNDO ABNT 10.004/2004:  
APLICAÇÃO EM UMA PORTA AUTOMOTIVA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Aprovado em 12 de dezembro de 2022.

Banca examinadora:

Prof. Me. Gilberto Cifuentes Dias Araujo  
Presidente da banca - Orientador  
CEFETMG/DCTA

Prof. Dsc. Daniel Brianezi  
Membro I da Banca  
CEFETMG/DCTA

Prof. Dsc. Rogério Antônio Xavier Nunes  
Membro II da Banca  
CEFETMG/DEM

(Assinado digitalmente em 14/12/2022 10:08 )  
DANIEL BRIANEZI  
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO  
CEAMS (11.51.05)  
Matricula: 2150591

(Assinado digitalmente em 21/12/2022 11:11 )  
GILBERTO CIFUENTES DIAS ARAUJO  
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO  
DEPT (11.60)  
Matricula: 1655395

(Assinado digitalmente em 13/12/2022 18:02 )  
ROGERIO ANTONIO XAVIER NUNES  
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO  
DEM (11.65.09)  
Matricula: 2645512

Visualize o documento original em <https://sig.cefetmg.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: 3, ano: 2022, tipo: FORMULÁRIO DE DADOS PESSOAIS (DISCENTE), data de emissão: 13/12/2022 e o código de verificação: **bbbe0ae244**

## AGRADECIMENTOS

Na etapa final desta jornada acadêmica agradeço primeiramente a Deus, minha esperança e a minha fortaleza. Agradeço aos meus pais, Cláudio Vieira e Marilda Pereira, por acreditarem em mim e me apoiarem até aqui. Estão sempre por perto para aconselhar, diante das dificuldades e me nortear no melhor caminho e dar força e amor sempre que preciso. Obrigada mãe, pelo apoio de sempre, por ter me incentivado a continuar e não desistir do caminho que foi desafiante, e por sempre me fazer acreditar na minha capacidade. Pai, obrigada por sempre me incentivar a buscar o meu melhor, por ter me inspirado a finalizar esta jornada e por sempre estar por perto quando preciso.

Aos meus irmãos, Diógenes e Jonathan, pela amizade, pelas brincadeiras, e pelo incentivo de sempre. Diógenes, por meio das suas experiências de vida, por me ensinar sempre a persistir. Jonathan, pela tranquilidade de sempre, me ensina a ser mais leve e a ser mais calma diante da vida. Aos meus familiares que ajudaram a finalizar essa caminhada e sempre vibrar comigo a cada pequena conquista e superação. Agradeço aos meus amigos e colegas do CEFET-MG que me acompanharam durante a graduação, por ter me socorrido durante os estudos e desafios nas matérias. Pelas risadas e loucuras de final de semestre.

Agradeço ao meu orientador, professor Gilberto Cifuentes, que me trouxe até esse projeto, pelos ensinamentos e por sempre ter sido compreensivo durante esse desafio. Aos professores durante o curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, por sempre ter compartilhado os ensinamentos e sabedoria, para que eu pudesse concluir o curso. Ao CEFET-MG que me permitiu aprender e a me desenvolver e crescer, pela UPRA, onde foi o local de desenvolvimento do meu trabalho, ao Itamar que nunca mediu esforços para me ajudar, a todos os professores que contribuíram para informações deste trabalho. Por todos que de alguma forma me ajudaram a chegar até aqui.

Agradeço ao Maurício, por sempre ser generoso e por sempre ter me ajudar e me ensinado bastante. Por fim, pela Engenharia Ambiental e Sanitária que me fez crescer como pessoa, como profissional e como futura Engenheira. E por todas as pessoas que passaram pelo meu caminho e me permitiram melhorar a cada dia.

## RESUMO

COSTA Oliveira, Jennifer. **Classificação de Materiais de um VFV segundo ABNT 10.004/2004: Aplicação em uma Porta Automotiva** .83 páginas. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

Este trabalho destina-se a estudar o problema da reciclagem de veículos em final de vida útil – “VFV” – mediante pesquisa das características principais da frota nacional de automóveis, da estimativa da geração de VFV do processo básico de desmontagem e classificação dos resíduos e sua inserção na cadeia de reciclagem assim como o potencial econômico de alguns dos principais resíduos e subprodutos gerados. Foi realizada uma simulação da desmontagem de um VFV com uma parte selecionada de um automóvel na UPRA – Unidade Piloto de Reciclagem Automotiva do CEFET – MG, seguindo-se a segregação, avaliação e classificação dos resíduos gerados conforme a norma aplicável NBR 10.004/2004. Procedeu-se ainda à simulação do potencial econômico da reciclagem de materiais e peças. Os resultados apontaram para resíduos classificados como Classe I e Classe II dos materiais avaliados conforme a citada norma e a crescente importância dos materiais termoplásticos na cadeia de reciclagem de VFV tendo-se optado pelo estudo mais detalhado do Polipropileno (PP). O potencial econômico da reciclagem do PP envolve valores de mais de 78 milhões de Reais por ano, mas é largamente superado pela cadeia de reciclagem de matérias metálicas cujo potencial econômico ultrapassa 2 bilhões de Reais por ano. Concluiu-se que ainda não há uma estrutura econômica e institucional estabelecida no Brasil para tratar da reciclagem de VFV de forma eficaz e que o potencial econômico pode ser um catalizador e incentivador, além de incentivos governamentais, para o estabelecimento desta estrutura.

Palavras-chaves: Desmantelamento. Carro. Tratamento. Plástico. Remanufatura e Reuso. Potencial. Componentes.

## ABSTRACT

COSTA Oliveira, Jennifer. **Classification of ELV Materials according to ABNT 10.0004/2004: Application in an Automotive Door**. 83 p. Undergraduate thesis (Undergraduate degree in Environmental and Sanitary Engineering) – Department of Environmental Science and Technology, Federal Center for Technological Education of Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

This final paper is intended to study the question of recycling vehicles at the end of their useful life – “End-of-life Vehicles ELVs” – through the research on the main characteristics of the national fleet of automobiles, the evaluation of the generation of ELVs, the basic process of dismantling and classifying waste and its insertion in the recycling chain, as well as the economic potential of some of the main waste and by-products generated. A simulation of the dismantling of an ELV with a selected part of a car was carried out at UPRA – CEFET Automotive Recycling Pilot Unit – MG, followed by the segregation, evaluation, and classification of the waste generated according to the applicable ABNT 1004:2004 standard. A simulation of the economic potential of recycling materials and parts is also carried out. The results pointed to residues as Class I and Class II of the materials evaluated according to the cited norm and the growing importance of thermoplastic materials in the recycling chain of ELVs, having opted for the more detailed study of Polypropylene PP. The economic potential of recycling PP involves values of more than 78 million reais per year, but it is largely surpassed by the metal material recycling chain, whose economic potential exceeds 2 billion reais per year. It was concluded that there is still no economic and institutional structure established in Brazil to deal with the recycling of ELVs effectively and that the economic potential can be a catalyst and incentive, in addition to government incentives, for the establishment of this structure.

Keywords Dismantling. Car. Processing. Plastic. Remanufacturing and Reuse. Potential. Elements.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
1	INTRODUÇÃO..... 12
2	OBJETIVOS..... 16
2.1	Objetivos Gerais ..... 16
2.2	Objetivos Específicos ..... 16
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... 17
3.1	Produção de Automóveis no Brasil ..... 21
3.2	Impactos Ambientais Causados pelos VFV ..... 26
3.2.1	Legislação Ambiental Aplicável ao Desmonte Veicular e Atividades Utilizadas 29
3.2.2	Reuso e Remanufatura de Peças ..... 34
3.2.3	Reciclagem Automotiva de VFV em Alguns Países e no Brasil..... 38
3.3	Caracterização e Classificação de componentes Gerados pelos VFV conforme NBR 10004/2004 ..... 42
4	METODOLOGIA ..... 49
4.1	Local do desenvolvimento da parte prática do trabalho ..... 49
4.2	Veículo utilizado no desmonte ..... 50
4.2.1	EPI (Equipamentos de proteção Individual) de segurança e Ferramentas utilizadas para o desmonte do Automóvel ..... 51
4.2.2	EPI de Segurança Usadas para Desmonte ..... 51
4.2.3	Ferramentas Utilizadas para o Desmonte ..... 52
4.3	Procedimentos realizados para o desmonte da porta do AFV ..... 53
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES..... 56
5.1	Resultados..... 56
5.2	O Polipropileno (PP) ..... 59
5.2.1	Introdução ..... 59
5.2.2	Estrutura Molecular ..... 60
5.2.3	Aplicações ..... 60
5.3	Discussões ..... 61
5.3.1	Utilização de Plásticos na Construção dos Automóveis..... 61
5.4	Estimativa da Geração de VFV no Brasil ..... 62
5.4.1	Avaliação do Potencial Econômico da Reciclagem do PP..... 64
5.4.1.1	Estimativa do volume de Termoplásticos Gerados na Reciclagem de VFV... 64
5.4.1.2	Considerações sobre a reciclagem do PP ..... 65
5.4.1.3	Estimativa do Potencial Econômico da Reciclagem de PP oriundo de VFV ..... 66
5.5	Outros Potenciais Econômicos relevantes da Reciclagem de VFV ..... 69
5.5.1	Sucata Metálica..... 69
5.6	Resumo do Potencial Econômico da Reciclagem de Materiais Oriundos de VFV .. 70
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS ..... 72
	Anexo A - Caracterização e Classificação de resíduos Fonte: NBR 20004..... 82

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>Figura 3.1:</b> <i>Mileage of passenger cars depending on their age</i> (Quilometragem de automóveis de passeio em função da sua idade) (tradução da autora).....	20
<b>Figura 3.2:</b> Ordem de prioridade na gestão e no gerenciamento de resíduos sólidos .....	31
<b>Figura 3.3:</b> Canais de distribuição diretos e reversos.....	33
<b>Figura 3.4:</b> Gráfico de Faturamento do mercado de Reposição em número índice (Jan. 2015=100) médio móvel trimestral. ....	35
<b>Figura 3.5:</b> Saldo Setorial de Empregos Celetistas (CLT).....	36
<b>Figura 3.6:</b> Principais Componentes de um veículo.....	37
<b>Figura 3.7:</b> Indústria arterial e Indústria Venosa.....	40
<b>Figura 3.8:</b> Caminho genérico da reciclagem automotiva.....	42
<b>Figura 3.9:</b> Vários tipos de materiais usados para a produção das partes de um carro. ....	43
<b>Figura 3.10:</b> Estratégias da circularidade na cadeia de suprimentos.....	45
<b>Figura 3.11:</b> Possibilidades de aplicações de ultra - alta resistência ligas de nova geração para detalhes do carro. ....	46
<b>Figura 4.1:</b> Parte externa e Planta baixa com corte – Áreas operacionais da Unidade Piloto de Reciclagem Automotiva. ....	50
<b>Figura 4.1:</b> Dependências da UPRA-CEFET/MG. ....	50
<b>Figura 4.3:</b> Modelo Fiat Argo 1.4 .....	51
<b>Figura 4.4:</b> Dispositivos de equipamentos de proteção Individual. ....	52
<b>Figura 4.5:</b> Item 1: Óculos de proteção. Item 2: Luvas de látex e PVC. Item 3: Capacete de segurança. Item 4: Trena métrica e fita adesiva .....	52
<b>Figura 4.6:</b> Conjunto de ferramentas utilizadas, bancada de teste e balança plataforma .....	53
<b>Figura 4.7:</b> Porta dianteira (frente e verso) .....	53
<b>Figura 4.8:</b> Processo de desmontagem dos materiais e componentes da porta.....	54
<b>Figura 4.9:</b> Peças e componentes encontrados após desmontagem da porta .....	54
<b>Figura 5.1:</b> Peso dos itens da porta.....	56
<b>Figura 5.2:</b> Disposição dos materiais por Grupos .....	57
<b>Figura 5.3:</b> Molécula de Polipropileno.....	60
<b>Figura 5.4:</b> Uso médio de plásticos e compostos de polímeros em veículos leves Norte Americanos (NAFTA) em 2019, Libras/Veículo (Tradução nossa). ....	67
<b>Figura 5.5:</b> Utilização de polipropileno por carros. ....	67

## LISTA DE TABELAS

	<b>Página</b>
<b>Tabela 3.1</b> - Frota circulante (Ft).....	25
<b>Tabela 3.2</b> - Licenciamento de automóveis novos, nacionais e importados- 2012/2021 .....	26
<b>Tabela 3.3:</b> Materiais utilizados na fabricação e uso de veículos e suas questões ambientais. .....	27
<b>Tabela 3.3:</b> Comparação das leis e metas sobre a reciclagem automotiva em alguns países..	39
<b>Tabela 3.4:</b> Resíduos gerados e sua classificação de acordo com a NBR 10.004/2004.....	48
<b>Tabela 5.1:</b> Grupos de materiais e critérios de classificação conforme a norma NBR 10.004 .....	57
<b>Tabela 5.2:</b> Grupos de materiais e seus pesos, área ocupada e classificação segundo a NBR 10.004/2004.....	58
<b>Tabela 5.3:</b> Vantagens e desvantagens do uso de plásticos nos automóveis, em substituição a outros materiais. ....	61
<b>Tabela 5.4:</b> Resumo do potencial econômico da reciclagem de alguns materiais oriundos de VFV .....	71

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- ABIPEÇAS- Associação Brasileira da Indústria de Autopeças
- ABS- Acrilonitrila butadieno estireno.
- AFV- Automóvel em fim de vida.
- ANFAVEA - Associação Nacional de Fabricantes de Veículos Automotores.
- BMW – *Bayerische Motoren Werke*.
- CAOA- Carlos Alberto de Oliveira Andrade.
- CEFET - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais.
- CIRA - Centro Internacional de reciclagem Automotiva.
- CESV - Conselho Estadual de Sustentabilidade Veicular.
- CLT- Saldo Setorial de Empregos Celetistas.
- CNI- Confederação Nacional da Indústria.
- CO – Monóxido de carbono.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente.
- CONTRAN - Conselho Nacional de Trânsito.
- COVID-19- Coronavirus
- DETRAN - Departamento de Trânsito estadual.
- DETRAN-MG - Departamento de Trânsito de Minas Gerais.
- EC - Economia Circular.
- ELVs - End of life Vehicles.*
- EU - UNIAO EUROPEIA.
- EUA- Estados Unidos da América .
- EPA – *Environmental Protection Agency.*
- EPI - Equipamento de Proteção Individual.
- FCA – *Fiat Chrysler Automobiles.*
- FIAT – *Fabbrica Italiana Automobili Torino.*
- GPGP – *Great Pacific Garbage Petch.*
- IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- IMT - Instituto da Mobilidade e Dos Transportes.
- IPI - Imposto sobre Produto Industrializado.
- JICA - Agência de Cooperação Internacional do Japão.

LR – Logística Reversa.

MTE - Ministério do Trabalho e Emprego.

NR - A norma regulamentadora.

OICA - Organização Internacional dos Fabricantes de Veículos Automotores.

PIB - Produto Interno Bruto.

PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos.

PP – Polipropileno.

PROCONVE – Programa de controle da poluição do ar por veículos automotores.

PRRV - Programa de Reciclagem de Resíduos Veiculares.

RENAVAM - Registro Nacional de Veículos Automotores.

SINDIPEÇAS - Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores.

SINIR - Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos.

UPRA - Unidade Piloto de Reciclagem Automotiva.

VFV - veículos em fim de vida.

NBR- Norma Brasileira Regulamentadora.

USP- Universidade de São Paulo.

PVC- Policloreto de Vinila.

PA- Poliamida.

PE-LLD - Polietileno de baixa densidade.

HP- *Horsepower*.

FORD- Ford Moto Company.

FCA- Fiat Chrysler Automóveis.

PSA- Peugeot S.A.

## 1 INTRODUÇÃO

A pesquisa apresentada neste Trabalho de Conclusão de Curso consolidou-se em 2022, quando a autora tomou conhecimento do Centro Internacional de reciclagem Automotiva (CIRA) e, anexo a este, o Projeto Unidade Piloto de Reciclagem Automotiva (UPRA), localizada no campus II do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG). O interesse pelo projeto adveio da busca genuína por informações sobre as normas que envolvem a questão do desmonte automotivo no Brasil. Ou seja, adveio da curiosidade em conhecer as disposições práticas que envolvem o tema reciclagem automotiva, para assim contribuímos cumulativamente com os estudos de tal área, pois trata-se de um campo que, não apresenta até hoje, normativas legais que regulam a reciclagem.

A evolução da indústria automobilística nos últimos cem anos, mudou decisivamente o estilo de vida da civilização humana alega Castro (2012). O automóvel provocou mudanças na rotina da sociedade que interferem tanto no equilíbrio natural do planeta como nas próprias relações sociais das pessoas. Segundo a *Organisation Internationale des Constructeurs d' Automobiles* (OICA)<sup>1</sup> a produção total de veículos automotores em 2019 superou a marca de 90 milhões. No Brasil, no mesmo ano, a Associação Nacional de Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA), entidade que reúne os fabricantes de veículos automotores, informou que a produção chegou a 2.448.490 carros de passeio.

Essa alta produção impactam significativamente no meio ambiente, contribuindo para o “efeito estufa” devido às emissões de gás carbônico, e para a criação de resíduos sólidos e líquidos oriundos do aumento contínuo dos chamados VFV (veículos em final de vida). Além disso, o armazenamento inadequado dos VFV torna os locais de armazenagem impróprios, possibilitando a proliferação de diversos vetores causadores de doenças. Dessa forma, faz-se urgente o desenvolvimento de novas tecnologias que otimizem a reciclagem dos resíduos automotivos.

---

<sup>1</sup> OICA (Organização Internacional dos Fabricantes de Veículos Automotores), foi fundada em Paris em 1919, composta por associações automotivas de 37 países, é uma organização não governamental de fabricantes de carros e caminhões credenciados pela Organização das Nações Unidas, e representa os interesses técnicos em instituições e organizações internacionais).

A reciclagem teve seus primórdios no Brasil em meados do século XIX, ganhando corpo a partir da década de 1920, quando o país viu-se melhor equipado para a realização de reciclagem de lixo devido ao surgimento e à criação de novas ferramentas e produtos que facilitavam o processo. Isso incluiu o retorno de material descartado para as fábricas que o reutilizavam para o processo produtivo.

Seguindo essa lógica, pode-se acrescentar que a reciclagem é a melhor forma de transformação dos resíduos sólidos automotivos, haja vista que, ao alterar as propriedades dos rejeitos, gera um novo produto, diminuindo os danos ambientais. Cabe pontuar que por reciclagem defini-se o que está disposto no artigo 3, § XIV da Lei Federal nº 12.305/2010, instituída pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS): “processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos [...]”. (BRASIL, 2010).

Diante dessa definição, Junior et al. (2018) destacam o seguinte: falar de reciclagem, não refere-se somente aos produtores, mas também deve ser considerado toda a cadeia de suprimentos, desde a indústria extrativista, que processa a extração da matéria prima, até o consumidor final. Isso porque, ainda que a matéria prima reciclada retorne para sua base de origem, existem resíduos de difícil reaproveitamento que geram desafios e, por tal razão, necessitam de estratégias específicas, como a Logística Reversa (LR).

No livro *A Logística Ambiental de Resíduos Sólidos*, Bartholomeu e Caixeta-Filho (2011) afirmam que a LR possui como função gerenciar, planejar, integrar e otimizar todo o sistema que envolve a cadeia produtiva, desde a produção até a sua disposição final. Os autores evidenciam a “[...] existência de duas categorias de canais de distribuição reversos: pós-consumo e pós-venda”, as quais serão discutidas adiante nesse trabalho.

Para Castro (2012, p. 103), o Brasil, em comparação com outros países do mundo, a exemplo do Japão, avançou pouco em relação à reciclagem de veículos. Recentemente, alguns movimentos, como a Certificação de autopeças, a regulamentação de desmonte de veículos, a implantação de inspeção veicular e de programas de eficiência energética e motores mais limpos e mais eficientes, têm contribuído para melhorar esse cenário. Em março de 2020, foi aprovada a Lei nº 23.592, em Minas Gerais, que dispõe sobre o Programa de Reciclagem de Resíduos Veiculares (PRRV), amparada pelo Conselho Estadual de Sustentabilidade Veicular (CESV). Também ocorreu a aprovação, em fevereiro de 2021, da Portaria nº 92 pelo

Departamento de Trânsito de Minas Gerais (DETRAN-MG), que dispõe sobre o credenciamento, a rastreabilidade de peças automotivas e a regulamentação das atividades de desmonte por pessoas jurídicas.

Para além dessas normativas, existem também: a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que dispõe sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos; a Lei Federal nº 12.977, de 20 de maio de 2014 e a Resolução nº 611, de 24 de maio de 2016, que regulam e disciplinam a atividade de desmontagem de veículos automotores terrestres (BRASIL, 2010; 2014; 2016).

No *Automotive Business*, Chaves (2021) comenta que o Brasil é um dos maiores consumidores de veículos do mundo e, conseqüentemente, um dos maiores geradores de resíduos de VFV, fato que proporciona um amplo campo de estudo que ainda é incipiente no país. Por exemplo, há poucas pesquisas sobre a correta seleção e segregação de resíduos. Sendo assim, é essencial que haja interesse em conhecimento sobre os resíduos automotivos gerados, sua classificação, a aplicação das legislações, o processamento necessário e os estudos de mercado que ajudem a compor o ciclo de reciclagem e a incluir a disposição final adequada dos resíduos não recicláveis.

Feitas tais considerações, cabe pontuar que esse trabalho será desenvolvido com o propósito de respondermos ao seguinte problema: como podemos classificar os resíduos provenientes do desmonte de VFV? Nossa hipótese é a de que eles podem ser classificados em duas classes, a I (resíduos perigosos) e a II (resíduos não perigosos). Essa é a delimitação mais comum no Brasil, utilizada para categorizar resíduos sólidos em conformidade com a Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT NBR 10004/2004.

A fim de comprovar a hipótese, será feito uma pesquisa bibliográfica para analisar as publicações existentes sobre o tema em artigos científicos, livros, monografias, dissertações, teses, entre outros. Em consonância com Manzo (1981, p. 32) e Trujillo-Ferrari (1974, p. 230), a bibliografia pertinente “oferece meios para definir, resolver, não somente problemas já conhecidos, como também explorar novas áreas onde os problemas não se cristalizaram suficientemente” e tem por objetivo permitir ao cientista “o reforço paralelo na análise de suas pesquisas ou manipulação de suas informações”.

Em segundo, a revisão de literatura será desenvolvida, pois é através dela que o tema será contextualizado, situando-o dentro da área da Engenharia Ambiental e Sanitária. Nesse sentido, definir-se-ão os autores pertinentes a fim de fundamentar a pesquisa, apresentando os conhecimentos já produzidos em produções prévias, isto é, os procedimentos, os resultados, as discussões e as conclusões relevantes para o estudo.

Em terceiro, adotará-se a Classificação, entendida por Dunne (2007) como um tipo de arranjo que deve ser realizado de maneira explícita para que possa ser transmitido. Tal técnica será fundamental para a classificação dos resíduos provenientes do desmonte de um subsistema de um veículo, no caso a porta, que faz parte do sistema carroceria do automóvel, pois dará a base necessária para a metodologia proposta neste trabalho.

É importante mencionar que será usada essa definição de Classificação junto àquela existente na NBR 10004/2004, haja vista que assim será possível propor a correta destinação dos resíduos oriundos do desmonte. Segundo a Norma (NBR 10004/2004, p. 5): “A classificação de resíduos sólidos envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem, de seus constituintes e características [...]”, e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido.

Por fim, em quarto e último lugar, será trabalhada a abordagem quantitativa, estabelecendo uma hipótese que exige uma relação entre causa e efeito e que apoia suas conclusões em dados estatísticos, comprovações e testes (FONTANA, 2018, p. 227). Após a desmontagem do subsistema porta, será realizado o agrupamento dos materiais de modo a classificá-los em classe I ou classe II. A partir do material encontrado em maior volume, um estudo potencial do seu uso mercadológico, com base em sua reciclabilidade e destinação final, para que-se possa propor um ciclo de reutilização da matéria-prima.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivos Gerais**

Apresentar a situação da reciclagem de VFV no Brasil identificando os principais materiais constituintes e seu potencial.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Definir um grupo de materiais de um dos subsistemas veiculares.
- Classificar os materiais do subsistema selecionado de acordo com a NBR 10.004/2004.
- Avaliar a natureza dos constituintes em relação ao reuso, à remanufatura, à reciclagem e o potencial mercadológico dos principais materiais classificados..

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este Capítulo apresenta uma revisão da literatura sobre a questão existente da destinação dos veículos em fim de vida útil, do seu reaproveitamento e das dificuldades atuais existentes, além de contribuir para o desenvolvimento da pesquisa de forma a explorar os conhecimentos adquiridos na temática abordada anteriormente por outros pesquisadores.

Para Aguiar e Joaquim Filho (2012, p. 2) “a indústria automobilística produz alguns dos bens mais desejados pelas pessoas: os carros”. Essa indústria foi uma das atividades mais importantes do século XX, e “[...] a sua evolução marcou decisivamente o desenvolvimento econômico do homem nos últimos 100 anos” (CASTRO, 2012, p. 54).

O automóvel é considerado um bem de consumo durável que revolucionou o modo de vida das sociedades modernas. De acordo com Silva (2016), essa grande invenção modificou de forma profunda a dinâmica da vida do ser humano por interferir de forma direta na rotina de trabalho, na mobilidade, no transporte em geral e até na forma de se relacionar.

Diante do forte apelo comercial e da complexidade envolvida no automóvel, atualmente este se tornou um dos produtos de maior consumo. Para Castro (2012, p. 82),

O veículo é considerado hoje um bem de consumo dos mais valorizados pelos homens e deixou de ser um mero meio de transporte para facilitar a movimentação das pessoas de um ponto a outro dentro de uma cidade ou entre cidades para tornar-se um complexo equipamento dotado de sistemas auxiliares (CASTRO, 2012, p.82).

Além disso, ele exerce um poder muito grande na contribuição da renda de um país, pois devido à demanda de mão-de-obra, contribui para a geração de empregos para a indústria automotiva, e é capaz de provocar importantes e positivos impactos na sociedade (SILVA, 2016). Silva (2016) elenca os impactos que se estendem desde a produção, até a geração de resíduos, devido à ampla gama de materiais envolvidos em sua constituição, a toxicidade presente, e aspectos positivos para o mercado consumidor e para as tecnologias, cada vez mais presentes e inovadoras.

O automóvel, porém, pode trazer consideráveis consequências ambientais que influenciam negativamente o meio ambiente, tornando-se um grande problema. Silva (2016) destaca que a

relação entre o automóvel e o meio ambiente não é tão simples, haja vista que é necessário compreender os impactos que esse bem pode causar na sua cadeia global.

Segundo Medina e Gomes (2002, p. 2), ao longo dos séculos, houve significativas mudanças no que diz respeito à evolução dos sistemas de produção automobilística, de forma que o automóvel se tornou um produto inovador, com “soluções tecnológicas arrojadas, transporte rápido, ágil, seguro”. Castro (2012) adiciona que o veículo possui cada vez mais sistemas avançados capazes de trazer inúmeros benefícios, desde monitorar uma simples temperatura interna, independente das circunstâncias ambientais externas, até representar *status* e poder de compra para quem o utiliza, sendo assim um bem cada vez mais atraente.

Embora o automóvel seja considerado um bem durável, diante das modernas tecnologias empregadas em sua produção e as decorrentes das demandas sociais, tais avanços têm reduzido sua vida útil, gerando danos ao meio ambiente. De acordo com Aguiar e Joaquim Filho (2012, p. 1), por mais que o automóvel seja um produto tangível de deterioração longa e de durabilidade prolongada, os elevados e instantâneos avanços tecnológicos, além do modo de vida imediatista das sociedades modernas, corroboram para a diminuição do tempo de vida útil desses bens duráveis.

Ao mesmo tempo, eles são constantemente reprojatados para atender nossas necessidades crescentes por melhores produtos. Essas demandas por produtos novos e mais modernos têm implicado em um grande custo para nossos recursos naturais, como excessiva utilização de matérias primas, água e energia, durante a produção, uso e final de ciclo de vida destes bens (AGUIAR; JOAQUIM FILHO, 2012, p.1).

Para Castro (2012, p. 82), as empresas têm utilizado nos veículos materiais cada vez mais difíceis para a reciclagem.

Possui sistemas com muitos componentes que, em muitos casos, possuem materiais de alto valor agregado, mas de difícil recuperação, como por exemplo, componentes eletroeletrônicos, plásticos e diversos materiais de acabamentos, que apresentam alto custo de fabricação e são de difícil recuperação para posterior reciclagem no final de vida útil dos veículos.

Com os novos desafios ambientais, também surge a necessidade de criação de modelos inovadores que, de certa forma, impactarão em menor escala o meio ambiente, beneficiando todo o sistema produtivo. Medina e Souza (2002, p. 2), afirmam que

Os novos modelos dos anos 90 já incorporaram, em toda sua cadeia produtiva, materiais e processos de menor impacto ambiental. Como não existe solução universal para um produto complexo como o automóvel, todas as etapas de produção têm que

ser monitoradas, da fabricação de materiais à montagem final. Os chamados *carros verdes* que devem sair de *fábricas verdes*, onde todo o ciclo de produção e de vida do produto é planejado e gerenciado de forma a evitar qualquer impacto ambiental. Outro aspecto que tem favorecido o tratamento da dimensão ambiental pela indústria automobilística é a redução do número de plataformas. É a chamada diversificação aparente, que se baseia em uma tendência já irreversível, que é a utilização de mesmas peças, sistemas e materiais de forma consorciada por vários modelos. Esse esquema, chamado de plataformas integradas ou consorciadas, facilita a desmontagem com ganhos de tempo e de escala de produção, que se constituem em gargalos importantes à viabilização econômica da reciclagem.

Reafirmando as sugestões dos autores, é importante que a indústria repense a criação de modelos de automóveis mais “verdes”, e a reformulação de toda a cadeia produtiva, desde a sua fabricação até a sua previsão de desmontagem, já é uma tendência de maior parte das montadoras mundiais. A reciclagem dos componentes de um carro tem se tornado cada vez mais frequente, ocorrendo desde a sua confecção, aumentando, assim, o seu potencial reciclador e de reutilização.

Dessa maneira, cada vez mais a indústria automobilística busca empregar tecnologias ambientalmente benignas no desenvolvimento de novos veículos para ampliar a frota ativa no Brasil, o que não dispensa a preocupação ambiental, que é de complexa solução. Apesar de o automóvel ser resultado de um múltiplo avanço tecnológico no que diz respeito aos materiais e do modo de vida atual, temos um desafiador problema envolvido no que se refere ao seu descarte ao fim de sua vida útil. Com base nesse argumento, para Medina e Souza (2002), “Desmontar, separar, despoluir e recuperar suas partes para reinserir seus materiais na cadeia produtiva, torna-se então um problema tão complexo quanto sua produção”. Dessa forma, inclui-se que devido ao automóvel ser considerado um produto repleto de materiais diversos, segrega-los e classificá-los a fim de buscar melhores soluções que visem a melhor destinação final dessa sucata ainda é considerada um grande desafio (MEDINA; SOUZA, 2002).

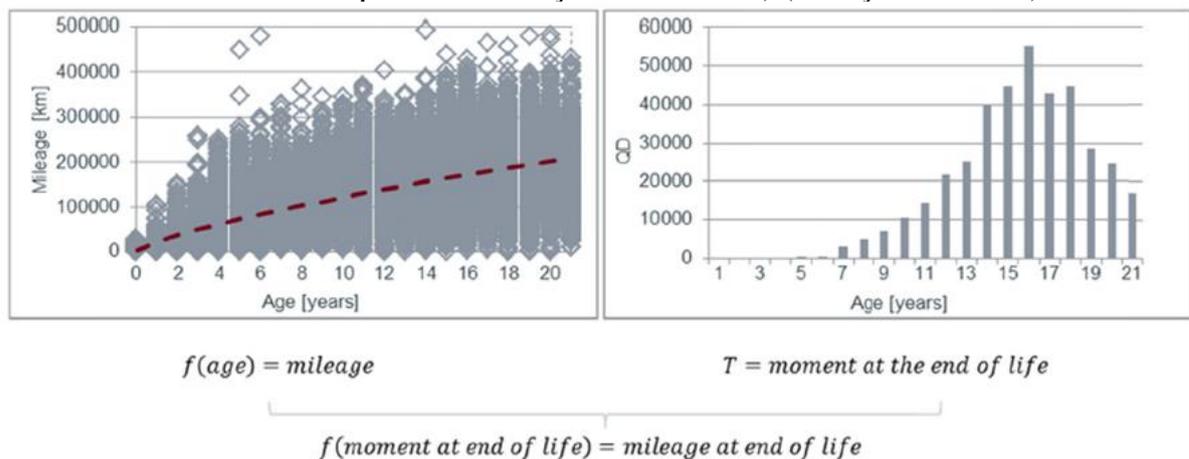
Em síntese, pode-se dizer que a pouca disponibilidade de controles que tangem ao tema reciclagem desses automóveis também conhecidos como VFV (veículo em fim de vida) , não se pratica, geralmente, a melhor destinação dos resíduos gerado. No ano de 2000, a união europeia criou a Directiva 2000/53/EC que classifica esses veículos como sendo *ELV (End of Life Vehicles)*. Na literatura, VFV geralmente são classificados como veículos que não podem ser capazes de circular, pois já atingiram seu fim de vida útil.

De acordo com o:

Instituto da Mobilidade e Dos Transportes (IMT): corresponde genericamente aos veículos que não apresentam condições para a circulação, em consequência de acidentes, avaria, mau estado ou outro motivo, chegaram ao fim da respectiva vida útil, passando a constituir um resíduo (IMT, 2022).

Ainda nesse caminho inclui-se, os automóveis em fim de vida útil ou os chamados inservíveis, conhecidos como AFV(Automóveis em Fim de Vida), que são incapazes de circular novamente, ou também podem ser considerados como um resíduo sólido (NOGUEIRA,2017). O artigo *Statistical analysis of empirical lifetime mileage data for automotive LCA*, publicado em 2016 pelo *International Journal of life Cycle Assessment*, fez uma análise gráfica, a fim de avaliar a idade em anos de um automóvel de passeio em função da sua quilometragem rodada (Figura 3.1).

**Figura 3.1:** *Mileage of passenger cars depending on their age* (Quilometragem de automóveis de passeio em função da sua idade) (tradução da autora).



Fonte: Weymar e Finkbeiner (2016, p. 220).

Na imagem, é possível verificar que veículos com vida útil superior a 10 anos têm quilometragem superior a 300.000 km, sendo que a maior parte dos automóveis destinados a VFV está em torno de 15 anos de vida útil. Dessa forma, o cálculo da quilometragem rodada de um veículo pode estimar o tempo aproximado em que ele perderá sua utilidade, e poderá se tornar um futuro VFV.

A estimativa acima pode variar conforme o local. Silva (2016) destaca que, em certos países da Europa, veículos quando chegam a seu fim de vida útil têm por volta de oito a dez anos de uso; nos Estados Unidos, esse tempo gira em torno de dez anos. No Japão, essa média diminui para cinco anos. Os automóveis no Brasil são usados até 15 anos a mais do que em países da Europa,

atingindo seu final de vida útil de aproximadamente 20 anos de uso. Existem alguns fatores que interferem no ciclo de vida do automóvel no Brasil, conforme Silva (2016, p. 37) elenca:

[...] O valor sentimental que o veículo representa para o proprietário, o baixo poder de compra de veículos novos por grande parte da população e em função do comércio de peças ser bem estruturado para atender as empresas de reparo de veículos existentes no Brasil o baixo poder aquisitivo para estimular a troca do automóvel ou até mesmo o apego a esse bem pelo proprietário.

Dessa maneira, tais informações podem ser reafirmadas pela falta de uma cadeia reversa de reciclagem de materiais no país, onde grande parte dos VFV acaba indo para o desmanches ou dispostos em áreas inapropriadas, e são desmontados sem nenhum critério, conforme Tonarque e Vital (2020, p. 60) “[...] não há a destinação correta para os *ELV* que, em sua maioria, ainda são abandonados em locais inapropriados, como os pátios do DETRAM ou “ferros-velhos”.

Sendo assim, é preciso repensar as maneiras de consumo e alternativas que visem o reaproveitamento ou a incorporação dos materiais oriundos do desmanche desses VFV na cadeia de reprocessamento de matérias primas, porque tais componentes seriam descartados inadequadamente, sem preocupação e segurança com o meio ambiente.

Diante disso, já existem países mais avançados do que o Brasil no que tange a questão da reciclagem automotiva. De acordo com Silva (2016), países desenvolvidos já possuem sistemas de reciclagem regulamentados por leis, como o Japão que “[...] é o país que mais tem unidades de tratamento de VFV”, e alguns países da comunidade Europeia. Nos Estados Unidos não existe uma lei específica sobre a reciclagem de veículos, mas há regulamentações ambientais que exigem dos fabricantes de veículos o gerenciamento dos resíduos dos VFV (SILVA, 2016).

Embora existam formas diferentes de destinação, legislação, tempo e idade de vida útil do veículo, tecnologias empregadas e perfil de consumo em diferentes países, no Brasil ainda há uma extensa lacuna em relação a essa problemática e suas possíveis soluções.

### **3.1 Produção de Automóveis no Brasil**

A indústria automobilística exerce um papel importante no cenário mundial e no Brasil em diversos aspectos, sobretudo na economia. De acordo com os estudos da *Indústria Automotiva*, de Daudt e Willcox (2018), o setor automotivo no país representa uma parcela considerável na geração de empregos, tecnologia e cadeias produtivas diversas. “Dedicado à fabricação de bens de grande valor agregado, o setor automotivo possui bastante representatividade no conjunto

da indústria nacional” (VILELA, 2014, p. 12), teve como marco inicial de crescimento os anos 2000, com expansão ao longo dos anos, porém apresentando retração do Produto Interno Bruto (PIB) no setor devido à crise mundial no biênio 2015- 2016 (DAUDT;WILLCOX,2018).

Ainda segundo Daudt e Willcox (2018), a indústria automobilística no Brasil representa uma expressiva parcela na soma dos bens e serviços, ou do PIB, e da indústria de transformação, contribuindo diretamente e indiretamente para a economia nacional. Conforme os dados retirados da última atualização da ANFAVEA, até o momento presente de confecção deste trabalho, a indústria de autoveículos foi responsável por 20% do PIB da indústria de transformação brasileira, e cerca de 2,5% do PIB total em 2019. Assim, atualmente o Brasil se destaca como o sétimo maior mercado consumidor, e o nono maior produtor mundial de autoveículos<sup>2</sup>.

Ainda de acordo com os dados da ANFAVEA, o avanço da produção interna de automóveis e do licenciamento coloca o país como o principal detentor da maior frota de veículos da América Latina. Outro fator importante para a expansão da produção da indústria automobilística no país, é que esta vem acompanhado as mudanças e tendências internacionais que o setor vem enfrentando como “[...] eletrificação veicular, conectividade e veículos autônomos” (DAUDT; WILLOX, 2018, p. 185).

Segundo dados da OICA (2022), existem cerca de 26 fabricantes de autoveículos e máquinas agrícolas e rodoviárias no Brasil, instalados em diversas regiões brasileiras. Conforme dados dessas instituições, as fabricantes de automóveis, objeto de estudo deste trabalho são: Audi; Renault; BMW; CAO A; FCA (Fiat, Jeep); Honda; HPE (Mitsubishi, Suzuki); Jaguar Land Rover; Mercedes-Benz; Nissan; PSA (Peugeot, Citroën); Ford; Hyundai; General Motors; Toyota e Volkswagen, com destaque às “cinco últimas como as maiores montadoras mundiais” (DAUDT; WILLCOX, 2018).

Além dos fabricantes de veículos, o mercado também é composto pelos fabricantes de autopeças que representam cerca de “582 plantas instaladas no país” de acordo com o Anuário da Indústria Automobilística Brasileira (2019), o que contribui ativamente para a cadeia produtiva automotiva, conforme citado por Barros, de Castro e Vaz (2015, p. 168). O setor de autopeças representa uma cadeia produtiva fundamental para o complexo automotivo, sendo

---

<sup>2</sup> Os autoveículos incluem : Automóveis, Comerciais Leves, Caminhões e Ônibus.

responsável por parte significativa do desenvolvimento tecnológico, tanto a partir de encomendas das montadoras quanto a partir de inovações e aprimoramentos autônomos. Além disso, os autores afirmam que o setor de autopeças é responsável por boa parte da absorção da mão de obra trabalhadora.

Devido a sua importância na indústria nacional, o Governo Federal frequentemente implanta medidas colaborativas de incentivo ao setor, dentre as quais cabe salientar a redução da alíquota do IPI (Imposto sobre Produtos Industrializados) de 24,75% para 18% para aquisição de veículos novos, no último decreto nº 11.158, de julho de 2022. Conforme o Ministério da Economia, tais medidas contribuirão para ampliar a competitividade da indústria brasileira, e aumentar a produção da frota no país.

Neste trabalho, será avaliada a produção de automóveis, que contemplará um importante período da história recente do Brasil, utilizando os dados dos anos de 2012 a 2021. O recorte de dez anos permite estimar a potencial geração de resíduos oriundas de VFV, a partir da produção da frota de automóveis.

De acordo com dados da OICA, em 2010 foram produzidos pouco mais de 77 milhões de veículos automotores no mundo todo e, em 2019, pouco mais de 91 milhões. Esse mesmo órgão estima que apenas o Brasil produziu 2.944.988 de veículos em 2019.

No ano de 2020 e 2021 houve uma queda na produção mundial de veículos automotores em aproximadamente 14 milhões, redução que teve forte influência devido à pandemia do Covid-19, conforme a OICA (2022). Esperava-se uma retomada de crescimento de 25% na produção de autoveículos em 2021, porém o ano fechou apenas com uma elevação de 11,6% e, no Brasil, um simples crescimento de 0,7% conforme dados do relatório do SINDIPEÇAS sobre a frota circulante no ano de 2022.

A recessão mundial, abalada pela crise sanitária da Covid-19, afetou de maneira significativa o fornecimento da cadeia de suprimentos em escala global, além das elevadas taxas comerciais e dos produtos de bens duráveis atreladas ao crescente desemprego formal. Essa crise afetou drasticamente o setor automobilístico e o poder de compra do consumidor

O descompasso logístico global e as restrições produtivas para fornecimento de matérias-primas, commodities e componentes, principalmente, semicondutores, conjuntamente com o encarecimento dos fretes marítimos, somados a aumento das restrições nas concessões de crédito, decorrente da elevação da taxa Selic e aumento

da inadimplência das famílias, entre outros fatores, frustraram o potencial produtivo e de vendas de automóveis no Brasil, solapando o ânimo inicial (SINDIPEÇAS, 2022 p. 01).

Com a contenção da crise sanitária, renovação da cadeia de suprimentos, expectativas de crescimento industrial, diminuição das taxas de juros e aquecimento da empregabilidade, a produção de veículos automotores tende a uma esperançosa retomada do aumento produtivo de forma expressiva.

Dessa maneira, é essencial que indústria, órgãos públicos e privados façam estudos para a incorporação de novas tecnologias e de componentes recicláveis, ou menos agressivos ao ambiente para a produção veicular, prevendo a minimização dos impactos negativos promovidos por esse setor no ecossistema. Segundo Vieira (2013), cada vez mais é notória a busca de meios de desenvolvimento tecnológico para a melhoria da mobilidade e da locomoção. Para tanto, há uma crescente necessidade de ampliar a produção de automóveis de passeio, o que, conseqüentemente aumentará o número de veículos em circulação.

Conforme afirmam Aguiar e Joaquim Filho (2012), se por um lado há uma crescente circulação de carros que demandam cada vez mais uma ampla e diversificada quantidade de materiais e componentes em sua constituição, a obsolescência programada desses bens tende a ser catalisada pela aderência de novas tecnologias e mudanças do sistema de abastecimento energético dos motores.

Isso corresponde a uma crescente geração de resíduos provenientes dos VFV que necessitam de diferentes processos de destinação. Dessa forma, a busca por uma melhor classificação, reciclagem e destinação desses materiais oriundos desses “carros velhos”, configura-se em um grande desafio. Aguiar e Joaquim Filho (2012), afirmam que, o aumento considerável do mercado automobilístico no Brasil e no mundo, trará desafios ainda maiores sobre a destinação dos veículos em fim de vida.

No Brasil não há uma indústria operante para busca e emissão de dados sobre o descarte (correto ou irregular) de VFV, a falta de informações e dados pode estar ligada a uma indústria incipiente e à falta de políticas públicas e legislação para tratar e gerenciar o assunto.

Para avaliar o impacto ambiental, social e econômico da Reciclagem de VFV será necessário proceder-se a uma estimativa da geração anual de VFV no Brasil, o que se fará no capítulo 5 Resultados e Discussões.

Para tanto, será necessário reunir os seguintes dados da frota nacional de automóveis: frota circulante total existente de onde provém os VFV gerados, taxa média de crescimento anual da frota e números de veículos novos adentrando esta frota, ou seja, número de veículos licenciados por ano.

Como fontes desta pesquisa não será adotado os dados sobre a frota disponíveis no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) uma vez que a metodologia adotada pela instituição refere-se a uma simples compilação de dados do Registro Nacional de Veículos Automotores (RENAVAM), fornecidos pelos Departamento de Trânsito estaduais (DETRAN), que não diferenciam os veículos em circulação e fora de circulação. Por este motivo, adotar-se-á os dados disponíveis no Anuário da Indústria Automobilística da ANFAVEA de 2022, pois esta entidade possui longa tradição na pesquisa de dados do setor, e sofisticados métodos de modelagem estatística. Para que se tenha ainda mais confiabilidade nos dados adotados, cotejaram-se os dados da ANFAVEA com os do Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores (SINDIPEÇAS), entidade igualmente de longa tradição nas pesquisas do setor, para verificação de possíveis desvios na tabela 3.1.

**Tabela 3.1 - Frota circulante (Ft)**

<b>ANO</b>	<b>ANFAVEA (adotado)</b>	<b>SINDIPEÇAS</b>	<b>Desvio</b>
2012	31.122.609	30.898.766	0,7%
2021	37.910.819	38.235.585	0,8%

Fonte: Adaptado dos Anuários da ANFAVEA e do SINDIPEÇAS (2022).

Uma vez afirmada a confiabilidade dos dados da fonte selecionada – a ANFAVEA –, para estimar-se a geração de VFV no Brasil, serão compilados os demais dados necessários conforme Tabela 3.2. Cabe salientar que para a viabilidade deste trabalho, analisará-se apenas os dados referentes aos automóveis, retirados das fontes supracitadas, já que estamos considerando estes como VFV.

**Tabela 3.2 - Licenciamento de automóveis novos, nacionais e importados- 2012/2021**

Ano	Automóveis	Ano	Automóveis
2012	3.115.233	2017	1.856.584
2013	3.040.783	2018	2.102.114
2014	2.794.687	2019	2.262.073
2015	2.123.009	2020	1.615.942
2016	1.688.289	2021	1.558.467
Total: 22.157.181			

Fonte: Adaptado do Anuário da Indústria Automobilística – ANFAVEA (2022)

Os dados apresentados na Tabela 3.1 e na Tabela 3.2 serão a fonte da estimativa de geração de VFV que será apresentada no capítulo 5.

Diante do que foi apresentado anteriormente, é possível perceber que a vasta produtividade da indústria automobilística influencia diretamente no aumento dos VFV, e tratar essas questões como fatores que estão entrelaçadas com o meio socioambiental é de suma importância para traçar estratégias pertinentes de minimização dos impactos que estes agentes podem causar a médio e longo prazo. Conforme Aguiar e Joaquim Filho (2012, p. 2),

trata-se, portanto, de um problema ambiental com tendência clara de crescimento, e que deve ser objeto de estudo para estabelecimento de soluções técnicas e políticas que viabilizem soluções compatíveis com os princípios do desenvolvimento sustentável.

Portanto, fica evidente a grande importância do desenvolvimento e implementação de um sistema eficaz de reciclagem para alívio da geração de resíduos, dinamização da economia circular e melhoria da eficiência da cadeia de suprimentos da indústria automobilística.

### 3.2 Impactos Ambientais Causados pelos VFV

A indústria automobilística necessita massivamente de muitos e importantes componentes para a montagem de um veículo, demandando demasiadamente a extração de matéria-prima pela indústria extrativista, e de muita mão de obra. No livro *Reciclagem e Sustentabilidade na Indústria*, Castro (2012, p. 158) diz que “o processo industrial necessita de muita energia e gera uma grande quantidade de resíduos sólidos e de efluentes líquidos gasosos”, não apenas nos processos industriais de fabricação, mas após o fim de vida útil do automóvel, e que podem causar diversos impactos ao meio ambiente.

De acordo com o Departamento do Meio Ambiente e Patrimônio Australiano (2002, p. 18, tradução da autora), “o descarte incorreto de VFV dá origem a possibilidades de fluidos

operacionais (óleo, gasolina, fluidos de freio, transmissão, etc.) e outros materiais potencialmente nocivos serem liberados no meio ambiente”.

Castro (2012) diz que um dos maiores impactos negativos causados pela indústria automobilística, não estão relacionadas apenas com o efeito dos gases estufas na atmosfera, mas também pela geração de resíduos desses veículos que seriam descartados de forma errada, quando estão em seu fim de vida útil. Um veículo possui uma gama de variedades de materiais que podem gerar impactos, conforme mostram os estudos de Aguiar e Joaquim Filho (2012), no quadro (Figura 3.2).

**Tabela 3.3:** Materiais utilizados na fabricação e uso de veículos e suas questões ambientais.

<b>Material</b>	<b>Impactos Ambientais Potenciais da Disposição Inadequada</b>
Metais em gerais	Desperdício de recursos não renováveis, proliferação de vetores urbanos e ocupação de espaço em aterros
Plásticos	Desperdício de recursos não renováveis, proliferação de vetores urbanos e ocupação de espaço em aterros
Borrachas	Desperdício de recursos não renováveis, proliferação de vetores urbanos e ocupação de espaço em aterros
Espumas, Tecidos, Carpetes e Forrações	Desperdício de recursos não renováveis, proliferação de vetores urbanos e ocupação de espaço em aterros
Vidros	Desperdício de recursos não renováveis, proliferação de vetores urbanos e ocupação de espaço em aterros
Baterias	Contaminação por chumbo e por ácido
Componentes Eletroeletrônicos	Contaminação por metais pesados e dioxinas
Catalisadores	Contaminação por metais pesados. Desperdício de recursos não renováveis (metais nobres como platina).
Componentes Pirotécnicos	Contaminação por metais pesados. Desperdício de recursos não renováveis (metais nobres como platina)
Lubrificantes & Combustíveis	Contaminação de solo e água por óleo
Fluido hidráulico de freios	Contaminação de solo e água por componentes químicos diversos
Fluido de ar condicionado	Danos a camada de ozônio Aumento do efeito estufa

Fonte: Adaptado de Aguiar e Joaquim filho (2012, p. 4).

É importante salientar que os resíduos gasosos oriundos dos automóveis apontam como um dos piores vilões para a degradação da saúde humana, poluição atmosférica, mudanças climáticas,

entre outros. De acordo com Silva (2016), os principais gases oriundos dos escapamentos dos motores veiculares são os “materiais particulados”, “dióxido e trióxido de enxofre”, “monóxido e dióxido de carbono”, “hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio”.

Outra informação a considerar é que as emissões gasosas oriundas da combustão interna dos motores veiculares têm interferência direta com a idade da frota; conforme afirma Silva (2016, p. 23), “veículos mais novos são menos poluidores devido a introdução de novas tecnologias e limites de emissão mais restritivos, porém veículos seminovos sem manutenção podem emitir mais poluentes do que veículos antigos conservados e com a manutenção em dia”. Dessa forma, criam-se iniciativas para a reformulação do padrão de emissões veiculares estabelecidas ao longo dos anos e aperfeiçoadas a fim de minimizar tais impactos citados.

Não obstante, foi criado o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE), pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e instituído pela Resolução CONAMA nº 18, de 06 de maio de 1986, que definiu os primeiros limites de emissão para veículos leves, visando o atendimento aos padrões de qualidade do ar. A Resolução do CONAMA nº 18/86 estabelece em seu artigo primeiro:

O PROGRAMA DE CONTROLE DA POLUIÇÃO DO AR POR VEÍCULOS AUTOMOTORES - PROCONVE, com os objetivos de: reduzir os níveis de emissão de poluentes por veículos automotores visando o atendimento aos Padrões de Qualidade do Ar, especialmente nos centros urbanos; promover o desenvolvimento tecnológico nacional, tanto na engenharia automobilística, como também em métodos e equipamentos para ensaios e medições da emissão de poluentes; criar programas de inspeção e manutenção para veículos automotores em uso; promover a conscientização da população com relação à questão da poluição do ar por veículos automotores; estabelecer condições de avaliação dos resultados alcançados; promover a melhoria das características técnicas dos combustíveis líquidos, postos à disposição da frota nacional de veículos automotores, visando a redução de emissões poluidoras.à atmosfera (Brasil, 1986).

Reforçada pela Lei nº 8.723, de 28 de outubro de 1993, que “dispõe sobre a redução de emissão de poluentes por veículos automotores e dá outras providências”, e de acordo com dados do Instituto Nacional do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), essa lei estabeleceu a diminuição dos níveis de emissão de monóxido de carbono, óxido de nitrogênio, hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos, fuligem, material particulado e outros compostos poluentes nos veículos comercializados no país.

O PRONCOVE passou por diversas fases e trouxe ganhos positivos como “[...] redução na fonte móvel (veículo) de 98% na emissão de poluentes (IBAMA, 2016). Ainda conforme dados

do IBAMA (2016), “A emissão média, por exemplo de monóxido de carbono (CO), de um veículo leve era de 54 g/km, na atualidade essa emissão está por volta de 0,4g/km”. Neste contexto, para o melhoramento desses veículos, segundo Aguiar e Joaquim Filho (2012, p. 2),

Estudar alternativas de transporte, incluindo tecnologias mais limpas tais como o uso de carro elétrico, combustíveis alternativos e motores mais econômicos tem sido objeto e foco de diversos estudos em busca de inovações tecnológicas que tornem essa atividade mais sustentável.

Outros ganhos do programa foram a introdução de novas tecnologias como o uso obrigatório de catalisadores na fabricação de novos automóveis. Em estudo realizado pelo IBAMA (2016), que avalia os impactos econômicos e os benefícios socioambientais do PRONCOVE, cita-se uma pesquisa elaborada pelo Laboratório de Poluição Atmosférica da Faculdade de Medicina da USP e a consultoria Environmentality, em que houve uma redução significativa de CO mesmo com uma frota quase o triplo maior desde a implantação do programa em 1986.

Embora a alta produtividade automobilística gere impactos significativos ao meio ambiente, os setores industriais já vêm buscando alternativas e meios para que se minimizem esses possíveis danos. Nos estudos de Cury et al. (2008, p. 3), isso pode ser possível “[...] através do reuso, remanufatura e reciclagem dos materiais, peças e componentes dos veículos produzidos [...]”, o que trará efeitos consideráveis em todas as etapas dos processos industriais, contribuindo ativamente para diminuir a extração direta dos recursos naturais.

### *3.2.1 Legislação Ambiental Aplicável ao Desmonte Veicular e Atividades Utilizadas*

Considerando os desafios e impactos ambientais relacionados à indústria automobilística e ao descarte inadequado dos resíduos provenientes dessa, observa-se que o desmonte veicular deve seguir legislações ambientais que lhe são aplicáveis para que se possa minimizá-los.

A Lei Federal nº 12.977/2014, conhecida popularmente como “lei do desmonte ou desmanche”, que legaliza o desmonte de veículos automotores e a correta destinação e disposição de peças oriundas dessas atividades, e regulamentada pela resolução do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) nº 611/2016, dispõem, respectivamente:

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. Art. 2º Para os efeitos desta Lei, entende-se por:

I - Desmontagem: a atividade de desmonte ou destruição de veículo, seguida da destinação das peças ou conjunto de peças usadas para reposição, sucata ou outra destinação final (BRASIL, 2014).

A Resolução CONTRAN nº 611/2016 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 (Brasil, 2016).

A Lei Federal nº 12.977/2014 incentiva à reutilização de peças e a preocupação com a destinação final ambientalmente correta dos componentes, sendo considerada infração a falta dessa destinação final, inclusive passível de multas. A Resolução CONTRAN nº 611/2016 também incentiva ao reaproveitamento de peças dos veículos desmontados e restringe a destinação de itens de segurança para a reciclagem e o tratamento de resíduos além de determinar procedimentos mínimos a serem cumpridos por empresas desmontadoras de veículos, tais como: possuir instalações e equipamentos que permitam a remoção e manipulação de materiais com potencial poluidor ao meio ambiente, impermeabilização de pisos, além de atender obrigatoriamente em sua totalidade aos requisitos da PNRS.

Além disso, um dos objetivos principais da lei é acabar com os furtos de veículos e o comércio ilegal de peças roubadas. Segundo Nogueira (2017), é bem frequente o roubo de peças automotivas e o desmanche ilegais de VFV no mercado de autopeças.

Conforme Souza (2019), é importante salientar que, com a regulamentação da lei teremos avanços para no mercado de comercialização peças usadas de automóveis, pois as empresas de desmonte e revenda de peças automotivas que trabalham com o desmanche de VFV, que não circulam mais, passarão por fiscalização e deverão cumprir a normativa e os procedimentos legais para obtenção de credenciamento.

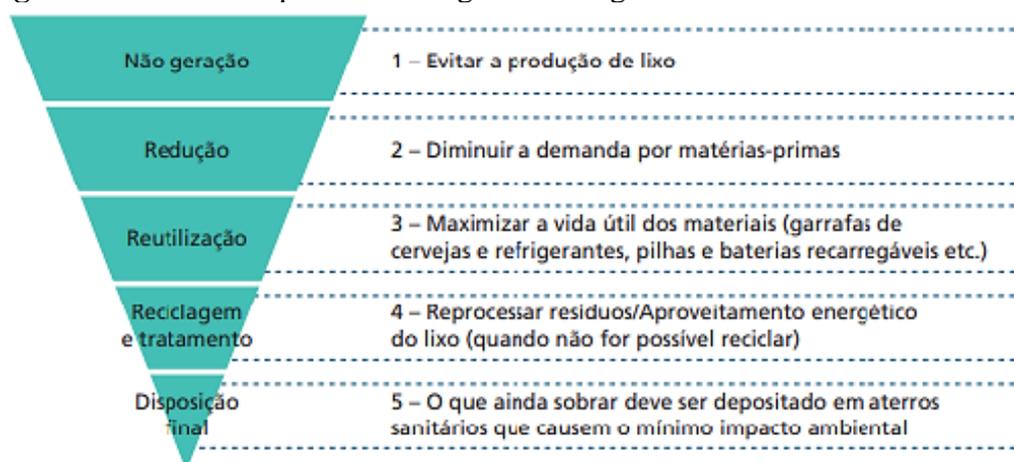
Não obstante, a regulamentação das empresas se iniciou com a criação da Portaria de nº 92, de 2021 (MINAS GERAIS, 2021), que dispõe “Sobre o credenciamento de pessoas jurídicas que exercem a atividade de desmontagem de veículos automotores terrestres, reciclagem, recuperação e/ou comercialização das partes e peças provenientes das desmontagens, no Estado de Minas Gerais”.

Assim, as empresas de desmonte e de revenda de peças automotivas irão atuar sobre veículos classificados como “veículo irrecuperável”, “definitivamente desmontado”, “vendidos ou leiloados como sucata” (SOUZA, 2019, p. 9).

Dessa maneira, a atividade de desmonte deve ser seguida da destinação das peças usadas para reposição, e as que não podem ser reutilizadas devem ser encaminhadas à sucata ou outra destinação adequada. Além disso, as empresas destinadas ao desmonte devem possuir estruturas necessárias que protejam o meio ambiente, a fim de evitar futuros impactos negativos, conforme dispositivos legais.

No que tange ao gerenciamento e a gestão dos resíduos sólidos, há a Lei Federal nº 12.305 de 2010, intitulada PNRS, criada pelo Congresso Nacional, que possui como principais objetivos a não geração, a redução, a reutilização, a reciclagem e o tratamento dos resíduos sólidos, bem como a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Diante dessa priorização/hierarquização, conforme a Figura 3.3, deve-se obter ao máximo aproveitamento dos materiais e gerar a menor quantidade de resíduos possível a fim de atender os “princípios de precaução”, “valorização do resíduo”, “desenvolvimento sustentável” (CAPANEMA; PIMENTEL, 2018, p. 39).

**Figura 3.2:** Ordem de prioridade na gestão e no gerenciamento de resíduos sólidos



Fonte: Capanema e Pimentel (2018).

Além disso, os planos municipais de resíduos devem atuar em conjunto com o poder público e com a cadeia produtiva, de forma a exercerem sua autonomia, adequando a melhor destinação possível dos resíduos sólidos. Dentre outros conceitos introduzidos pela PNRS, tem-se o da Responsabilidade Compartilhada pelo Ciclo de vida dos produtos, pelos “procedimentos operacionais de segregação, acondicionamento, coleta, triagem, armazenamento, transbordo, tratamento de resíduos sólidos e disposição final adequada dos rejeitos” (MOTTA, 2013, p. 4). Esses conjuntos de atribuições individualizadas devem envolver todas as partes do processo, desde os fabricantes, comerciantes, consumidores, aos prestadores de serviços públicos urbanos.

Outro importante conceito trazido pela PNRS é o da Logística Reversa (LR), definida em seu capítulo II no 3º, Artigo e inciso XXII como:

Instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

Ainda de acordo com a LR, o artigo 33 obriga os setores empresariais a implementar sistemas de LR, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, aos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de: resíduos e embalagens; produtos que constituam resíduos perigosos; pilhas e baterias; pneus; óleos lubrificantes; lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista; produtos eletroeletrônicos e seus componentes. Dessa forma, a partir dos componentes que a atividade de desmonte veicular gera, verificamos que ela é obrigada a adotar um sistema de LR para os seguintes materiais conforme dispostos no Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos (SINIR):

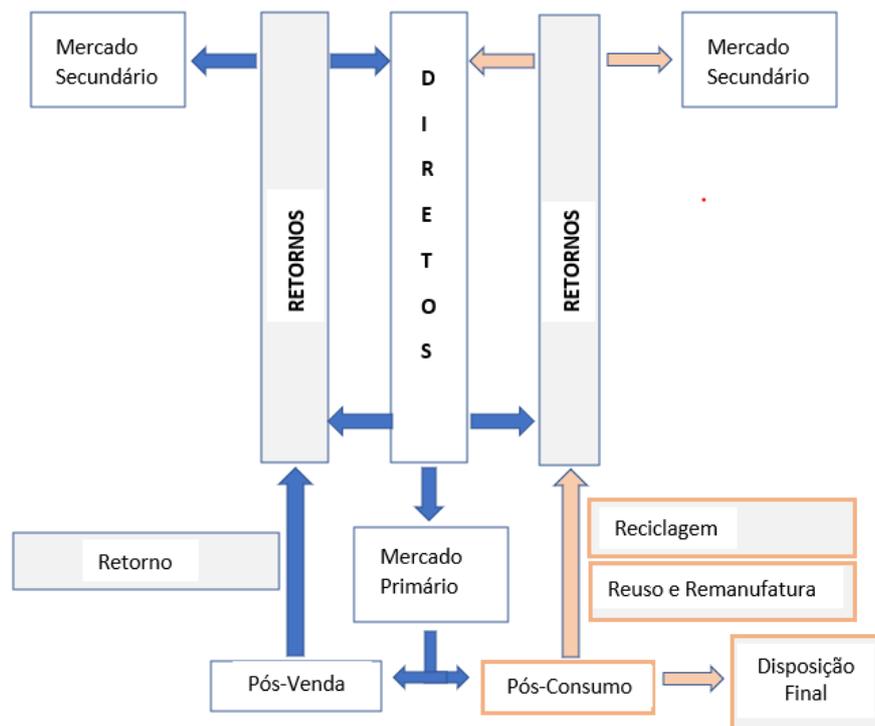
- Pneus Inservíveis- Resolução Conama nº 416, de 2019 “dispõe sobre a prevenção e a degradação ambiental causada por pneus insensíveis e sua destinação ambientalmente adequada”;
- Baterias- Resolução Conama de nº 401, de 2008 “estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado”.
- Fluidos refrigerados- Resolução Conama nº 340, de 2003 “dispõe sobre a utilização de cilindros para o envasamento de gases que destroem a Camada de Ozônio, e dá outras providências”;
- Óleos lubrificantes- Resolução Conama nº 362, de 2005 “dispõe sobre o recolhimento, a coleta e a destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado”.

A LR pode ser classificada como pós-venda ou pós-consumo. A LR possui no fluxo reverso o processo em que “integrantes do produto de pós consumo” (MOTTA,2013, p.4) ou seja, os componentes descartados após seu uso são dados uma destinação correta ao final de vida útil ou podem ser reaproveitados e reinseridos em alguma parte do processo. Conforme diz Hatschbach e Naveiro (2003, p. 06) “o processo de logística reversa gera materiais que são incorporados ao processo tradicional de suprimento, produção e distribuição”. Compreendemos

que a logística agrega todas as atividades envolvidas no processo para operar em perfeita simbiose, de forma a respeitar os limites de tempo determinados, como querem Tonarque e Vital (2020).

Dessa maneira, implementar a LR pode melhorar ou amenizar problemas que antes eram tidos como sem solução, como é o caso da gestão dos resíduos sólidos, além do aumento da vida útil dos aterros sanitários e preservação dos recursos naturais, conforme citado no SINIR. Em relação aos resíduos automotivos, podemos gerar produtos passíveis de serem reutilizados quando estes podem ser postos novamente nas cadeias produtivas e de comércio, fechando um ciclo conforme exemplifica o gráfico da Figura 3.4 que particulariza em destaque os fluxos da LR aplicados ao caso dos VFV.

**Figura 3.3:** Canais de distribuição diretos e reversos.



Fonte: Adaptado de Bartolomeu e Caixeta-filho (2011, p. 12).

A Figura 3.4 demonstra que VFV são necessariamente provenientes de Pós-Consumo e geram resíduos sólidos destinados à Remanufatura e Reuso, Reciclagem ou Disposição Final. A Remanufatura e Reuso, e a Reciclagem retornam, respectivamente, ao Mercado Secundário e aos canais diretos, no caso, a Cadeia Produtiva Automotiva.

### *3.2.2 Reuso e Remanufatura de Peças*

No que tange ao reuso e à remanufatura, é possível perceber diversos benefícios, pois ela traz menos impactos ambientais uma vez que o seu processo é ecologicamente correto. De acordo com a remanufatura economiza a utilização de recursos naturais e a energia gasta para os processos de manufatura de peças ou produtos, de forma que essas peças remanufaturadas se reintegrem na linha de produção novamente.

O setor automotivo tem uma história bem conhecida de comércio de peças usadas sem remanufaturas. A remanufatura de peças de veículos é o processo de condicionamento de uma peça usada para um prolongamento da sua vida útil. No entanto, esta operação é extensa e inclui desmontagem, limpeza, recuperação e remontagem.

Ainda de acordo com Modro e Neto (2010, p. 74), os autores definem a remanufatura como “o conserto de peças no fim da sua vida útil para montagem de um novo produto remanufaturado, onde estas peças, bem como o produto final, deverão apresentar o mesmo desempenho das novas”. Dessa forma, é possível que haja uma maior competitividade e acessibilidade no mercado consumidor entre as peças de remanufatura, uma vez que serão mais baratas e de qualidade similar a uma nova, além de um maior emprego da mão de obra nesse mercado (MODRO; NETO, 2010).

Simic (2013) pontua que, as motivações por trás da remanufatura de motores de automóveis de passageiros incluem, procedimentos que respeitem as legislações vigentes, responsabilidade ética e participação no mercado, com vistas a lucratividade.

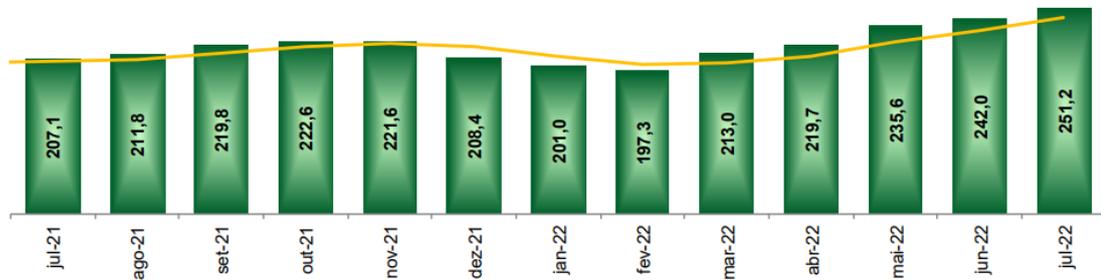
Dentro desse cenário, é importante frisar que o reuso de peças automotivas é relativamente difundido no Brasil especialmente devido à idade média avançada da frota a qual demanda reposições frequentes de peças desgastadas ou danificadas. Esse mercado ainda dominado por negócios informais ou irregulares, não obstante, segundo Piazza (2019), a desmontagem dos VFV no Brasil, homologada pela Lei Federal nº 12.977, de 2014, a qual regula e disciplina a atividade de desmontagem de veículos automotores terrestres, enfrenta o desafio de sua regulamentação, legalização e efetiva fiscalização.

É de conhecimento geral da população, especialmente nos grandes centros urbanos, a existência dos chamados “desmanches” onde partes e peças usadas de veículos usados são vendidos no

mercado de reposição, marcado pela ilegalidade apesar de que essas atividades devem ser realizadas por empresas legalizadas e registradas mediante aos órgãos do DETRAN realizarem o desconto de peças, de acordo com a Lei citada anteriormente.

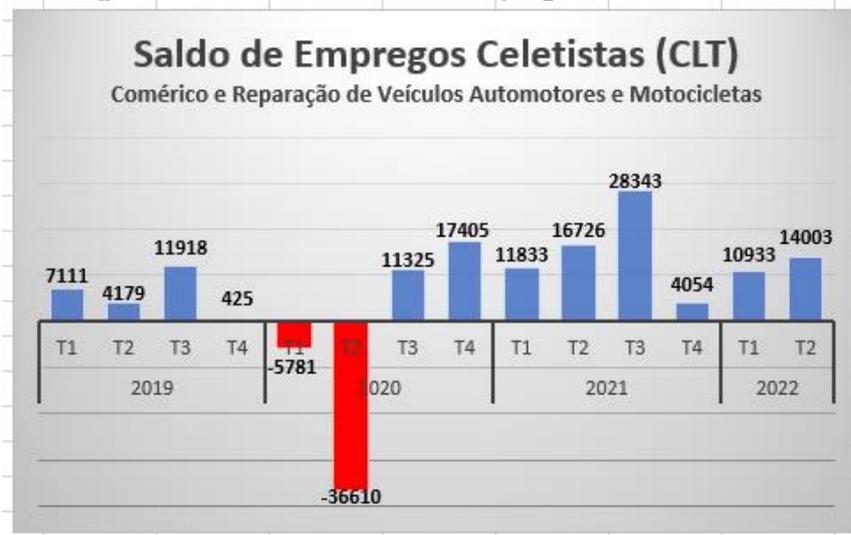
Apesar de suas restrições formais, o mercado de autopeças de reposição é estimado pelo Sindipeças, em R\$ 26 bilhões no ano de 2022 (projeção), apresentando tendência de crescimento (Figura 3.5), sendo esse o mercado total potencial para as peças destinadas a reuso e remanufatura.

**Figura 3.4:** Gráfico de Faturamento do mercado de Reposição em número índice (Jan. 2015=100) médio móvel trimestral.



Fonte: Sindipeças/Abipeças (2022).

O potencial econômico-financeiro acima descrito há que se destacar também a importância do setor de comércio e reparação de veículos na geração de empregos o que reveste a atividade de grande importância social. Segundo dados disponíveis no Smartlab (2022), que organiza e que compila estatísticas a respeito do emprego no Brasil, houve desde o primeiro trimestre de 2019 ao segundo trimestre de 2022 a criação líquida de 95.864 vagas de emprego no setor de Comércio e Reparação de Veículos Automotores e Motocicletas (Figura 3.6).

**Figura 3.5:** Saldo Setorial de Empregos Celetistas (CLT)

Fonte: Smartlab - Retrato de Localidade (<http://smartlabbr.org>).

Sobre o raciocínio anterior, cabe comentar que alguns autores propõem a reciclagem ou recuperação de componentes veiculares oriundos de VFV como o plástico reforçado com fibra. Conforme a ideia apresentada, o Simic (2013), indica a fundação da União Europeia Empresa de Serviços de Reciclagem de Compósitos. Outros estudos abordam que os materiais ferrosos tendem a perder rendimento; a mescla desses materiais pode ser direcionada para a reciclagem de VFV. Porém, a reciclagem de alumínio sofrerá alterações até 2050, com foco na introdução de veículos de última geração e tecnologia de triagem de sucata.

Conforme a ideia apresentada, diante da infinidade de matérias-primas e de peças presentes em um automóvel (Figura 3.7), estes componentes estão permeados por diversos sistemas podendo ser beneficiados diante do potencial de reciclagem e do reaproveitamento como explicitado anteriormente.

**Figura 3.6:** Principais Componentes de um veículo



Fonte: Adaptado de ANFAVEA (2017 apud PIAZZA, 2019, p. 41).

Conforme a publicação *Major Systems and Components of an Automobile*, do *Occupation Outlook Handbooks do U.S., Bureau of Labor Statistics*, um automóvel típico constitui-se dos principais sistemas:

- |  |   |
|--|---|
| a) Sistemas de admissão e escapamento    | i) Sistemas de ignição                            |
| b) Sistema de arrefecimento              | j) Eixos dianteiro e traseiro                     |
| c) Sistema de lubrificação               | k) Sistemas de direção e suspensão                |
| d) Sistema de transmissão e embreagem    | l) Rodas, freios e pneumáticos                    |
| e) Chassi e carroceria                   | m) Sistema elétrico, eletrônico e ar-condicionado |
| f) Motorização                           | n) Sistemas de segurança                          |
| g) Sistema de refrigeração               | o) Acessórios: lanternas, vidros e retrovisor.    |
| h) Sistema de alimentação de combustível |   |

Cada um desses sistemas, por sua vez, é constituído de subsistemas como é o caso da porta que integra a carroceria - item (e) da relação acima – subsistema selecionado para os objetivos deste trabalho, como será visto adiante.

### *3.2.3 Reciclagem Automotiva de VFV em Alguns Países e no Brasil*

A proposta da reciclagem automotiva é o reaproveitamento dos materiais que constituem um veículo, para que as peças e seus componentes possam ser reutilizados, ou até mesmo servirem como um produto em escala industrial. Segundo Castro (2012, p. 146), “atualmente as únicas regiões do mundo que possuem regulamentação para aspectos importantes referentes à implementação de processos sistêmicos de reciclagem de veículos são a Comunidade Europeia, os Estados Unidos (EUA) e o Japão”.

A União Europeia criou a Diretiva nº 2000/53/CE, aprovada em 2001 pelo parlamento europeu, e exige que as montadoras europeias proponham metas de reciclagem que estão dispostas na Tabela 3.3. De acordo com o artigo nº 251 do tratado, os princípios fundamentais são a reutilização e a valorização dos resíduos. Ainda, inclui disposições para a recolha dos VFV de forma a garantir que todos os veículos sejam transferidos para instalações de tratamento autorizadas, através de um sistema de anulação do registo de veículos com base num certificado de destruição. Além disso, a diretiva propõe taxas de recuperação de materiais pois, segundo Castro (2012), os materiais reciclados de um não superam 2% do valor do veículo novo, o que dificulta os incentivos de reciclagem.

**Tabela 3.3:** Comparação das leis e metas sobre a reciclagem automotiva em alguns países.

País	EU (União europeia)	Japão	Coreia do sul	China	EUA
Regulação aplicável	Diretiva 2000/53/EC	Lei de reciclagem de VFV de 2005.	Ato para reciclagem de eletroeletrônicos, equipamentos e veículos, de 2008	Regulamento para reciclagem de VFV de 2001 e Política Tecnológica de reciclagem de produtos automotivos de 2006.	“Clean Air Act” “Recovery Act”, e outras leis de conservação de recursos.
Metas de reciclagem	Até 2015: Reuso + Remanufatura: 95% Reuso+ Reciclagem: 85%	A partir de 2015: Airbag 85% e resíduos prensados/triturados 70%	A partir de 2015: Materiais + geração de energia 95%	2017: 95% dos VFV e 85% dos materiais	Sem meta específica. (95% dos VFV entram na rota de reciclagem, dos quais 80% dos materiais são reciclados.

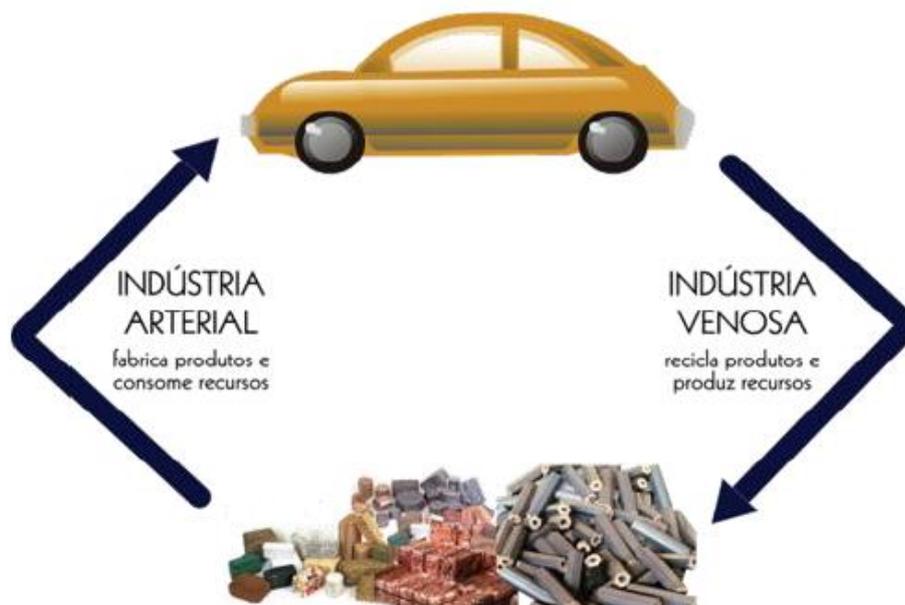
Fonte: Adaptado de Sakai et al. (2013).

De acordo com Silva (2016), os EUA não possuem legislação nacional sobre a reciclagem de automóveis, mas têm leis estaduais e municipais que tratam certos aspectos do tema. Além disso, foi criada a Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA – *Environmental Protection Agency*), que regulamenta a gestão dos resíduos perigosos com metas de reciclagem. Há também leis que incentivam a troca de VFV por um veículo novo e menos poluente, e associações entre empresas de reciclagem de veículos que atuam em conjunto com órgãos do governo para elaboração de diretrizes para reciclagem veicular. Segundo Castro (2012), hoje os EUA encaminham cerca de 95% de VFV para empresas que reciclam, para reaproveitar ao máximo seus componentes, a fim de não serem destinados para os aterros sanitários.

No Japão, em 2005, foi criada a lei que regulamenta a reciclagem de VFV no país, e as atividades como o uso de materiais reciclados e disposição desses rejeitos provenientes da indústria automotiva. De acordo com Castro (2012), a lei no Japão é a mais eficiente atualmente, pois lá se reciclam 95% de um VFV e, por meios de incentivos, criou-se um conceito de

indústria que opera em ciclos. Semelhante ao sistema circulatório humano, denominado “indústria arterial”, onde os veículos são fabricados por meio do consumo dos seus recursos. Assim, quando os VFV chegam ao fim, são processados novamente pela “indústria venosa” através da reciclagem, transformados em matérias-primas novamente para produzir novos produtos (Figura 3.8).

**Figura 3.7:** Indústria arterial e Indústria Venosa.



Fonte: IREC (2010) *apud* Castro (2012, p. 154).

Para efeito comparativo, indica-se na Tabela 3.3, a regulação específica e as metas já traçadas a longo tempo para reciclagem de VFV em alguns dos países com as maiores frotas de veículos.

Atualmente no Brasil, não existe um sistema de Gestão Ambiental para VFV e parâmetros necessários que regulem a disposição mínima de resíduos não reciclados ou reutilizados aos aterros sanitários.

Isso se deve ao fato de não haver um modelo robusto de reciclagem, reuso ou reutilização desse produto em fim de ciclo, haja vista que os pátios dos Detran encontram-se sobrecarregados de VFV e o que se tem de leis e iniciativas para o tema em questão não contempla essa problemática ou são bastante incipientes ainda. Partindo dessa perspectiva, percebe-se que o setor automotivo possui alto potencial para reciclagem, remanufatura e reuso, “[...] mas pouco explorado e quando se visualiza o macro, demonstra uma grande fonte de trabalho para se desenvolver” (TONARQUE; VITAL, 2020, p. 66).

E, levando em consideração os aspectos econômicos relacionados com a questão ambiental são importantíssimos, uma vez que definem, entre outras coisas, a viabilidade do reuso, remanufatura, disposição final e adoção dos procedimentos e técnicas de reciclagem de materiais em larga escala, “[...] tal setor trará ganhos não só sociais e ao meio ambiente, mas também, ganhos econômicos” (TORNAQUE; VITAL, 2020, p. 66).

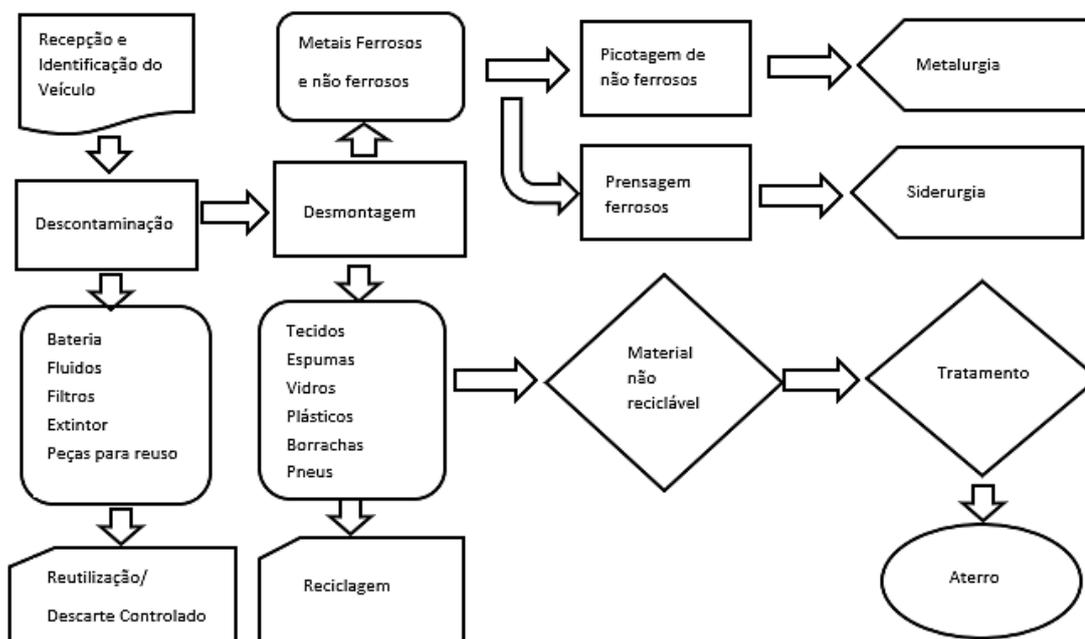
Partindo dessa perspectiva, percebe-se que no Brasil, a questão da reciclagem ainda é bastante incipiente, carecendo de uma cadeia de suprimentos que garanta o ciclo completo de reciclagem e normatização específica, sendo aplicável por similaridade a Lei Federal 12.305 de 2010, intitulada PNRS e a “lei do desmonte” que legaliza o desmanche dos automóveis. Vale salientar que hoje, no país, não existe a reciclagem global de todo o veículo, mas apenas de alguns componentes.

De acordo com Tonarque e Vital (2020), o processo de reciclagem de um automóvel se guia basicamente por uma sequência de etapas já estabelecidas, que se denomina desmontagem. O processo de reciclagem automotiva pode ser dividido em duas fases básicas, de acordo com Medina e Gomes (2003, p. 36):

Fase A- denominada “despoluição”, em que os resíduos líquidos (fluidos de freios e embreagem, restos de combustíveis, óleos e outros lubrificantes e demais fluídos), são retirados em locais apropriados para evitar a contaminação da rede pluvial, de esgoto e de lençol freático. Esses fluídos armazenados em recipientes próprios são classificados como recicláveis e não recicláveis. Os fluídos recicláveis são destinados à cadeia produtiva própria e os não recicláveis encaminhadas à destinação final. Outras partes incluindo itens críticos como as baterias, filtros e extintor, também são desmontados nessa fase. Finalmente nessa fase procede-se a separação do motor e da caixa de marchas que normalmente seguem para remanufatura, assim como outros componentes de maior valor agregado. É realizado o desmonte e separação de peças que podem ser diretamente encaminhadas para reuso tais como, faróis, portas, escapamentos, para-choques e similares.

Fase B- Materiais como tecidos, espumas, vidros, plásticos e borrachas são retirados nesta fase e encaminhados para processamento destinados à redução do volume. Os pneus especificamente, são picotados para redução de volume e destinação às diversas formas de reciclagem e aproveitamento. Finalmente, as partes metálicas são prensadas (*shredder*) e encaminhadas ao processamento siderúrgico. Cabe salientar aqui, que as partes metálicas são classificadas em dois grupos distintos, a saber, ferrosos e não ferrosos com destinação própria.

O fluxograma esquemático do que se refere aos processos da reciclagem automotiva pode ser visualizado de forma didática (Figura 3.9).

**Figura 3.8:** Caminho genérico da reciclagem automotiva

Fonte: Adaptado de Medina e Gomes (2003).

Centros de desmonte de componentes automotivos com vistas à reciclagem automotiva já vêm sendo criados no país. De acordo com Silva (2016, p. 95), em Belo Horizonte, foi construída a UPRA, localizada no CEFET-MG, e que consiste na primeira usina de reciclagem veicular no Brasil, a qual possui como meta utilizar-se de tecnologias sofisticadas com bases no modelo Japonesa de reciclagem. A UPRA possui como meta “reciclar 95% de um veículo no final de vida útil”.

Outro Incentivo para o mercado de reciclagem de veículos, foi a criação da Lei nº 23.592, de 09 de março de 2020, que dispõe sobre o PRRV de forma que seja articulada em concordâncias com a PNRS e com as demais política nacional e estadual de Meio Ambiente. Um dos objetivos principais da lei é o incentivo por meio de facilidades de crédito para que haja a substituição do VFV por um seminovo ou novo de forma que estejam ambientalmente seguros. Além de visar o melhor controle do manejo dos resíduos para que sejam mais bem reaproveitados ou reciclados, conforme preconizados pela LR.

### 3.3 Caracterização e Classificação de componentes Gerados pelos VFV conforme NBR 10004/2004

A produção de automóveis modernos envolve uma infinidade de materiais desde os mais simples até os mais avançados. Além disso, “[...] a composição dos veículos varia muito em

função da idade, modelo, tecnologia e do fabricante do veículo” (AGUIAR; JOAQUIM FILHO, 2012, p. 3). De acordo com Piazza (2019), os veículos móveis podem ser compostos por cerca de três mil a 30 mil peças em sua estrutura. Dessa maneira, diante da busca por otimização e melhor eficiência em seus processos de produção, as fabricantes de veículos têm incorporado cada vez mais materiais como metais, vidros, borrachas, fibras, tecidos, e polímeros de diferentes tipagens, conforme Aguiar e Joaquim Filho (2012).

Segundo Havorun et al. (2017, p. 3, tradução da autora),

mais da metade da massa total de materiais utilizados na produção de um carro moderno consiste em peças de ferro fundido e aço (55%), cerca de 11% – plásticos, o terceiro lugar – ligas de alumínio (9%); borracha e vidro – 7 e 3% respectivamente; a participação de ligas não ferrosas (magnésio, titânio, cobre e zinco) não excede 1%; outros materiais (vernizes, tintas, fios elétricos, materiais de revestimento, etc.) perfazem 13,5%, (Figura 3.10).

**Figura 3.9:** Vários tipos de materiais usados para a produção das partes de um carro.



Fonte: Adaptado de HAVORUN et al. (2017, p. 9).

De acordo com as visões de Baldassarre et al (2022) em seus estudos *Drivers and Barriers to the Circular Economy Transition: the Case of Recycled Plastics in the Automotive Sector in the European Union*, a porcentagem de plástico na composição da massa total de um veículo já havia chegado de 15% a 18% o que demonstra, em comparação com o dado de 2017 mostrado no gráfico da figura 3.10 um rápido crescimento do uso deste material nesta indústria. Ainda de acordo com Baldassarre et al (2022), nos automóveis, os plásticos podem ser aplicados em quatro partes como nas partes externas (para-choques), nas partes do interior (painel), sob o capô(tampa do motor), e decorações (tampas de rodas).

Hoje, graças aos últimos avanços da ciência dos materiais, os compostos poliméricos apresentam dureza e resistência muito maiores até do que o aço convencional. Devido ao entrelaçamento de fibras sintéticas, forma-se uma forte estrutura de reforço pela qual a carga é distribuída uniformemente por toda a superfície da peça. Além disso, as peças de fibra de carbono pesam quase três vezes menos do que as de resistência semelhantes ao aço.

A utilização de materiais poliméricos pode reduzir significativamente o custo de fabricação de componentes automotivos. De acordo com Havorun et al. (2017), os componentes feitos de fibras sintéticas por conformação em moldes próprios, deixam-nos totalmente prontos para instalação, sem necessidade de processamento adicional e até de coloração. A partir de materiais sintéticos é simples fabricar peças de formas muito complexas, o que seria mais difícil de fazer com chapas de aço. Conforme Silva (2016), os materiais poliméricos têm vida útil virtualmente ilimitada, não estão sujeitos à corrosão e suportam facilmente os efeitos de esforços e vibrações significativas.

Sobre o exposto apresentado, cabe comentar que além dos materiais apresentados na figura 3.10, existem uma série de outros materiais oriundos de VFV que apresentam potencial poluidor elevado como é o caso dos fluídos, baterias, pneus e outros. Destaca-se também o plástico como um item crítico uma vez que, embora possa ser reciclado, em pequena quantidade, o que resta em sua maioria, não tem sido reciclado, e destina-se à disposição final em aterros sanitários ou mesmo lixões.

De acordo com o artigo publicado por Lebreton et al. (2018) na renomada revista *Nature*, o enorme descarte de plástico no meio ambiente levou a um acúmulo de, pelo menos, 79 mil toneladas de plástico em uma área estudada de 1,6 milhão de quilômetros quadrados. Formada por diversos tipos de resíduos, desde os maiores até os micros fragmentos chamados de “microplásticos”, correntes marinhas e de vento provocaram o fenômeno das chamadas “ilhas de plástico” como, por exemplo, a GPGP – *Great Pacific Garbage Petch* (Grande ilha de lixo do Pacífico) cuja poluição por plásticos está, segundo os autores, “aumentando exponencialmente e em um ritmo mais rápido do que nas águas circundantes”.

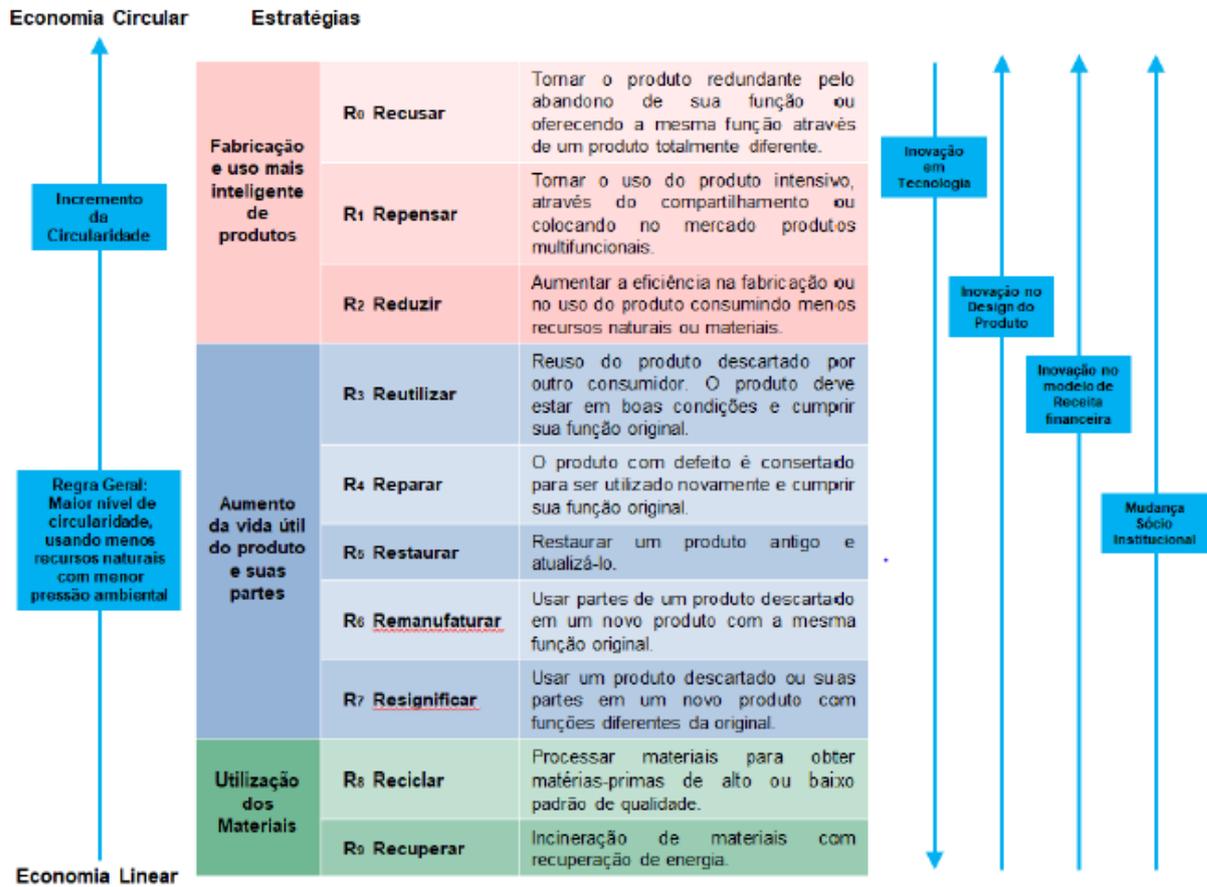
Pode-se afirmar segundo as pesquisas, que os materiais poliméricos são descartados constantemente de maneira incorreta nas águas, cerca de “60 % a 80”, além de esses materiais serem de difícil degradação, “podendo levar mais de 400 anos”, conforme cita Gonçalves (2011).

Considerando que a reciclagem de VFV envolve grandes volumes de material como mostrado neste trabalho a citar os plásticos, as exigências de recursos de processamento, transporte e reaproveitamento dependem fundamentalmente do avanço tecnológico dos processos e de sua viabilidade econômica. Isso remete ao conceito de Economia Circular (EC) e podem ser melhor detalhadas na Figura 3.11.

De acordo com a Confederação Nacional da Indústria (CNI)(2019) :

O conceito de EC é variável, tendo sido reportadas diferentes definições. Mas, o entendimento geral é de que nesse tipo de economia a energia e matéria utilizadas nas Atividades devem recircular de forma a minimizar a geração de resíduos. Numa economia circular, as atividades econômicas contribuem para a saúde geral do sistema.

**Figura 3.10:** Estratégias da circularidade na cadeia de suprimentos



Fonte: Adaptado de Potting et al. (2017) *apud* Piazza (2019, p. 26).

Apesar do uso crescente de novos materiais de construção na indústria automotiva como acima citado, a produção de peças de aço continua a desempenhar um papel de liderança na produção de veículos. O uso de materiais de aço para carros tem suas vantagens e desvantagens. Silva (2016) cita que a maioria das carrocerias, devido a muitas razões, é feita de chapa de aço. De

acordo com Havorun et al. (2017), as mais importantes dessas razões são: alta resistência, deformabilidade, soldabilidade, pintura, longa vida útil com tratamento anticorrosivo adequado, custo satisfatório. Além disso, a reciclabilidade do aço é muito alta e possui uma cadeia já estabelecida globalmente.

Para ter-se um exemplo do uso de aços especialmente de alta resistência em um automóvel, pode-se observar o modelo Audi Q5 (Figura 3.12). Segundo Havorun et al. (2017, p. 4, tradução da autora),

A parcela de aços macios padrão na carroceria deste crossover é de 31% (feita de componentes especialmente resistentes e componentes externos que absorvem energia quando atingidos), alta resistência – mais de 44% (quase toda a estrutura de força protegendo os passageiros), especialmente de alta resistência – quase 25% (dos quais 9,1% são aços de ultra alta resistência de nova geração, que são usados nas áreas mais críticas).

**Figura 3.11:** Possibilidades de aplicações de ultra - alta resistência ligas de nova geração para detalhes do carro.



Fonte: Adaptado de Havorun et al. (2017).

Castro (2012) diz que, na reciclagem de um automóvel é importante haver o reaproveitamento dos componentes, pois diminuiríamos o gasto energético para a fabricação de novos materiais. Dessa forma, para que tal situação ocorra, é necessário que o VFV passe pelas etapas iniciais de descontaminação e desmontagem de seus materiais para assim serem classificados, fragmentados e possivelmente encaminhados para algum tratamento como a reciclagem.

Para definição do correto tratamento e/ ou destinação dos resíduos gerados é necessário classificá-los conforme a norma NBR 10004/2004, que possui como objetivo “classificar os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que possam ser gerenciados adequadamente” (ABNT, 2004). A mesma norma define que:

Resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004).

Quando o resíduo é identificado, ele precisa passar por um processo de classificação que “envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem e de seus constituintes e características e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias com impacto à saúde e ao meio ambiente” (ABNT, 2004). Anexo A (fluxograma de classificações de resíduos conforme a NBR 10004/2004).

Para os efeitos desta Norma (2004), os resíduos são classificados em:

Resíduos classe I – Perigosos: São aqueles cujas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas podem acarretar riscos à saúde pública e/ou riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada. Para que um resíduo seja apontado como classe I, ele deve estar contido nos anexos A ou B da NBR 10004 ou apresentar uma ou mais das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

Resíduos classe II A – Não Inertes

Aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I - Perigosos ou de resíduos classe II B - Inertes. Os resíduos classe II A – Não inertes podem apresentar propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

Resíduos classe II B – Inertes:

Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme anexo G, da NBR 10004.

Os componentes presentes em um AFV podem ser caracterizados conforme Castro (2012):

- 1) Metálicos
  - a. Ferrosos (carroceria, rodas, parafusos, sistemas de freios etc.).
  - b. Não ferrosos (rodas de liga, pastilhas de freio etc.).

- 2) Não metálicos
  - a. Fluídos (óleos, gases e similares), radiador, mangueiras e conduteis, sistema de climatização (ar-condicionado e ar quente), etc.
  - b. Polímeros (para-choque, frisos, painel, quebra sol, lentes, espumas etc.).
  - c. Borracha (pneu, vedações etc.).
  - d. Vidro (janelas, espelho).
  - e. Tecidos (bancos, cinto de segurança, fibras etc.).
- 3) Itens críticos (bateria, catalisador e demais itens com chumbo, cádmio e mercúrio).

A classificação desses itens nos grupos supracitados, conforme a NBR 10.004/2004, é fundamental para que as partes e peças sejam adequadamente agrupadas e tenham o correto tratamento e destinação. Dessa forma, os principais tipos de resíduos gerados de um VFV, podem ser classificados seguindo as normas da NBR 100.004/2004, conforme exemplificados na Tabela 3.4.

**Tabela 3.4:** Resíduos gerados e sua classificação de acordo com a NBR 10.004/2004

<b>Tipo de Resíduo</b>	<b>Classe NBR 10.004</b>
Sucata metálica	Classe II
Sucata não metálica: Fluídos	Classe I
Sucata não metálica: Polímeros	Classe II
Sucata não metálica: Borrachas	Classe II
Sucata não metálica: Vidros	Classe II
Sucata não metálica: Tecidos	Classe II
Itens Críticos	Classe I

Fonte: Adaptada da NBR 10004/2004.

## **4 METODOLOGIA**

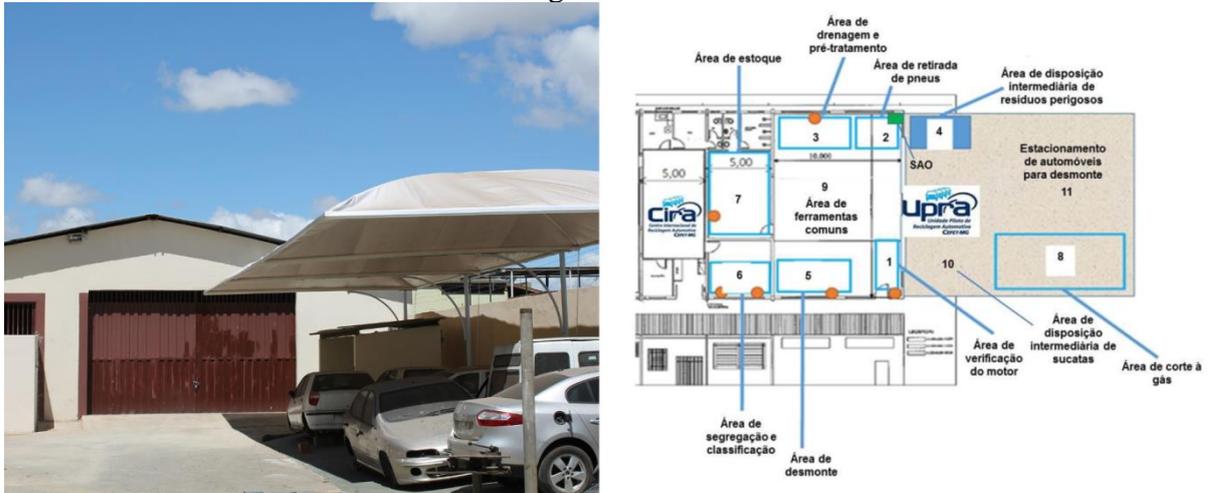
Devido à importância ambiental relacionada à reciclagem, à reutilização, reaproveitamento e destinação correta de resíduos sólidos, conforme a PNRS de 2010, e, principalmente, no que diz respeito aos resíduos oriundos de VFV, foi proposto neste trabalho utilizar de métodos viáveis e qualitativos, utilizando a norma NBR 10.004/2004., e de acordo com a proposta de sustentabilidade envolvida no projeto Unidade Piloto de Reciclagem Automotiva (UPRA), localizada na Cidade de Belo Horizonte, no Centro Federal de educação tecnológica, no Estado de Minas Gerais, e indicar um modelo sustentável para o setor industrial automobilístico do país, o que torna nossa pesquisa inédita.

Para a elaboração desse trabalho, foram definidas duas etapas. O estudo teórico, baseado no levantamento de bibliografias sobre o tema em bases de dados de periódicos, artigos científicos, anais, livros físicos, cartilhas, relatórios desenvolvidos e demais textos de referências sobre a reciclagem, e a reciclagem automotiva, em consonância com a legislação aplicável e as normas da ABNT NBR. O experimento prático, em que se realizou o desmonte de um subsistema de um automóvel VFV, para a separação correta dos principais grupos de materiais constituintes, a fim de classificá-los de forma qualitativa em classes que tipifiquem resíduos, conforme normatização aplicável. Devido a não disponibilidade de outros ensaios, utilizou-se o método de análise visual para segregação e agrupamento de materiais similares para efeitos de destinação. Os materiais assim agrupados foram classificados conforme a norma aplicável NBR 10.004/2004.

### **4.1 Local do desenvolvimento da parte prática do trabalho**

O desenvolvimento deste trabalho foi feito nas instalações da (UPRA), situada no CEFET, na cidade de Belo Horizonte, no Estado de Minas Gerais. Nas Figuras 4.1 e 4.2 tem-se a planta a parte externa juntamente com a baixa da UPRA e as dependências internas da UPRA respectivamente. A aprovação do termo que legaliza a execução do projeto UPRA ocorreu no ano de 2014, em concordância com o CEFET-MG, e entre a Agência de Cooperação Internacional do Japão (JICA) e a empresa japonesa de reciclagem de veículos Kaiho Sangyo. Devido às necessidades das questões ambientais entrelaçadas com a proposta do projeto, “[...] é a primeira iniciativa do tipo na América Latina, e é um projeto da Diretoria de extensão e Desenvolvimento Comunitário do CEFET-MG [...]”. (CEFET-MG, 2019).

**Figura 4.1:** Parte externa e Planta baixa com corte – Áreas operacionais da Unidade Piloto de Reciclagem Automotiva.



Fonte - Wilken et al., (2018).

**Figura 4.1:** Dependências da UPRA-CEFET/MG.



Fonte: Arquivo Pessoal (2022).

## 4.2 Veículo utilizado no desmonte

O veículo utilizado no desmonte foi o de modelo Argo 1.4, em bom estado de conservação de ano de fabricação 2016, da montadora Fiat (Figura 4.3).

**Figura 4.3:** Modelo Fiat Argo 1.4

Fonte- carrosnaweb.com

O modelo utilizado para desmonte foi fornecido à UPRA, CEFET-MG, pela *Fiat*, que até então, o utilizava para testes drive. O grupo *Fiat*, atualmente, faz parte de um dos maiores conglomerados automotivos do mundo na produção de veículos, cujo nome *Stellantis*, resultou da fusão com outras 13 montadoras do setor, no ano de 2019. A produção de modelos de automóveis leves, equipados com motores de 1.0 a 1.6 cilindradas, tornou-se semelhante ao modelo de produção massificado para suprir uma das maiores frotas do mundo, como a do Brasil. O modelo Argo representa, portanto, um exemplo da maior parte da frota nacional, justificando seu uso neste experimento, devido sua disponibilidade e viabilidade das informações que serão necessárias para este estudo.

#### **4.2.1 EPI (Equipamentos de proteção Individual) de segurança e Ferramentas utilizadas para o desmonte do Automóvel**

##### *4.2.2 EPI de Segurança Usadas para Desmonte*

De acordo com o Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), o EPI (equipamento de proteção individual), é todo dispositivo ou produto, de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho”. A norma regulamentadora 6 (NR6) definida pela portaria N° 25 de 15 de outubro de 2001 do Departamento de Segurança e Saúde no Trabalho, ligado ao Ministério do Trabalho e Previdência, estabelece os requisitos legais relativos aos EPI. Os EPI são listados no anexo I da referida norma como capacete para proteção da cabeça, óculos para proteção de olhos e face, protetores auditivos, protetores de membros superiores e inferiores como luvas e calçados entre outros (Figura 4.4).

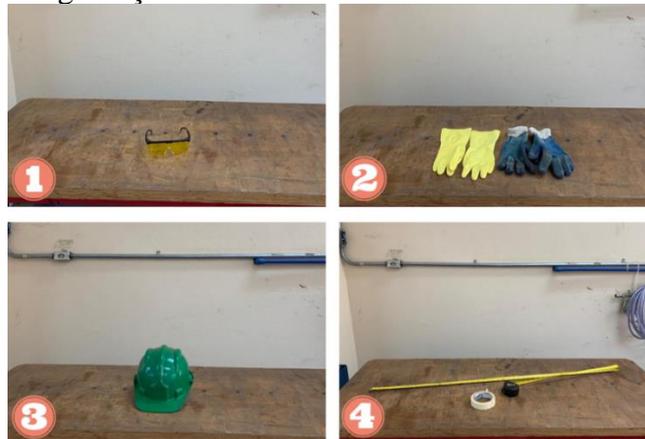
**Figura 4.4:** Dispositivos de equipamentos de proteção Individual.



Fonte – EngeHall (2022)

Para o desmonte do automóvel de modelo Argo, utilizou-se óculos e luvas de proteção (Luvas de látex e PVC). (Figuras 4.5).

**Figura 4.5:** Item 1: Óculos de proteção. Item 2: Luvas de látex e PVC. Item 3: Capacete de segurança. Item 4: Trena métrica e fita adesiva



Fonte: Arquivo pessoal (2022).

#### 4.2.3 Ferramentas Utilizadas para o Desmonte

As ferramentas necessárias para o desmonte, bancada de teste e balança para pesagem são listadas a seguir e apresentadas na Figura 4.6.

- |                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| 1. Alicates de corte                | 7. Kit Chave Allen                      |
| 2. Jogo de Soquetes encaixe de ½”   | 8. Kit Chave tórnx L                    |
| 3. Jogo de Soquetes encaixe de 3/8” | 9. Soquete tórnx                        |
| 4. Chave de Fenda 5/16”x 150mm      | 10. Chave fixas estriadas 10 mm e 13 mm |
| 5. Chave de Fenda 3/16”x 100mm      |   |
| 6. Chave Philips (fenda cruzada)    |   |

**Figura 4.6:** Conjunto de ferramentas utilizadas, bancada de teste e balança plataforma



Fonte: Arquivo pessoal (2022).

### 4.3 Procedimentos realizados para o desmonte da porta do AFV

Optou-se pelo subsistema porta do automóvel, com finalidade de exemplificar alguns dos principais grupos de materiais constituintes de um automóvel completo. Diante dos poucos recursos disponíveis para o desmonte, como tempo hábil e ferramental, escolheu-se a porta dianteira como um Protótipo do automóvel e posterior classificação dos componentes encontrados. Nas figuras 4.7, porta dianteira da frente e do verso do modelo Argo escolhido, respectivamente.

**Figura 4.7:** Porta dianteira (frente e verso)



Fonte: Renova peças (2022).

Primeiramente, a porta foi retirada do AFV, e em seguida, disposta na bancada de teste da UPRA. Como método, foram retiradas as peças externas, como parafusos e plásticos, retrovisor, vedações de borrachas, dobradiças, vidros, maçanetas e fiação do controle automático da porta. A sequência de desmontagem da Porta, conforme figuras 4.8, foi:

1. Retirada da porta dianteira do automóvel;
2. Retirada das borrachas da porta do vidro, e retirada do vidro propriamente dito;
3. Retirada das presilhas de fixação e da guarnição de borrachas de vedação do perímetro da porta;
4. Retirada das presilhas para separação do revestimento interno da porta;

5. Desmontagem do acabamento interno da porta;
6. Retirada da película plástica de vedação interna da porta;
7. Retirada dos vidros e mecanismos de abertura e fechamento do vidro elétrico;
8. Retirada dos parafusos de fixação dos demais acessórios da porta (maçaneta, retrovisor, limitador de porta, hastes da fechadura);
9. Organização das partes sobre bancadas para agrupamento inicial por tipo de material.

**Figura 4.8:** Processo de desmontagem dos materiais e componentes da porta



Fonte: Arquivo pessoal (2022).

Após a desmontagem, os materiais foram separados e agrupados por afinidade de material (Figuras 4.9) para, posteriormente, serem classificados conforme a NBR 10004/2004.

**Figura 4.9:** Peças e componentes encontrados após desmontagem da porta



Fonte: Arquivo pessoal (2022).

A classificação dos resíduos do AFV foi orientada pela seguinte lista:

- 1) Metálicos
  - a. Ferrosos: parafusos, carcaça metálica da porta etc.
  - b. Não ferrosos: fios de cobre, fechadura etc.
- 2) Não metálicos

- a. Polímeros (plásticos de revestimento, presilhas, espumas)
- b. Borracha (vedações etc.)
- c. Vidro (janelas, espelho).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Resultados

Diante do que foi proposto nos objetivos específicos e partindo da metodologia, classificou-se e reuniu em grupos os componentes encontrados após o desmonte da porta do automóvel utilizado neste trabalho, baseando-nos na NBR 10004/2004 como fonte para tal classificação. Após o desmonte, todas as peças e materiais presente na porta foram separadas por grupos de materiais e pesadas por meio da balança plataforma<sup>3</sup> e classificadas de acordo com a NBR 10004/2004 (Figura 5.1).

**Figura 5.1:** Peso dos itens da porta



Item 1: Pequenas peças metálicas- Item 2: Metálicos e plásticos acoplados- Item 3: Polímeros- Item 4: Borrachas e vedações. - Item 5: Vidros. - Item 6: Porta. - Item 7: Trancas e dobradiças.

Fonte: Aatoria própria (2022).

<sup>3</sup> Balança digital plataforma Industrial é uma balança eletrônica com microprocessador que desempenha um importante papel, pois informa os resultados de pesagens com precisão, agilidade e fácil manuseio por parte do profissional, em indústrias químicas, petroquímicas, indústrias alimentícias, dentre outras, ou seja, é importante para elevar a praticidade nas instalações industriais no momento de pesagem e contagem de peças, verificação de peso, cálculo estatístico, porcentagem absoluta, função básica e algumas outras funções (MARTE CIENTÍFICA, 2020). A resolução é de 0,02 kg, onde a pesagem mínima é 0,04 kg e máxima de 120 kg.

Uma vez realizada a etapa de separação e pesagem, os grupos de materiais foram agrupados conforme características semelhantes e dispostos em uma área total de 6,44 m<sup>2</sup> no chão da UPRA, e cada grupo de material foi realocado em áreas de formato retangular, e estas foram medidas por meio de uma trena métrica para uma avaliação do volume ocupado, conforme ilustrados na Figura 5.2 e seguiu os critérios de classificação de acordo com a Tabela 5.1. Encontrou-se os resultados conforme Tabela 5.2.

**Figura 5.2:** Disposição dos materiais por Grupos



Fonte: Autoria própria (2022).

**Tabela 5.1:** Grupos de materiais e critérios de classificação conforme a norma NBR 10.004

<b>Tipo de resíduo</b>	<b>Classe NBR 10.004</b>
Sucata metálica	Classe II
Sucata não metálica: Polímeros	Classe II
Sucata não metálica: Borrachas	Classe II
Sucata não metálica: Vidros	Classe II
Sucata não metálica: Tecidos	Classe II
Materiais contaminados por Graxas e óleos lubrificantes	Classe I

Fonte: Adaptado da NBR (ABNT, 2004).

**Tabela 5.2:** Grupos de materiais e seus pesos, área ocupada e classificação segundo a NBR 10.004/2004.

Grupos de Materiais	Peso (kg)	Área (m <sup>2</sup> )	Peso (%)	Classificação NBR 10004
1 - Partes metálicas	1,340	0,44 x 0,50	4,7%	Classe II
2 - Metálicos e plásticos acoplados	3,7408	0,44 x 0,96	13,1%	Classe II
3 - Plástico – PP	3,900	1,45x 1,58	13,7%	Classe II
4 - Borrachas de vedações	1,340	1,45x1,00	4,7%	Classe II
5 – Vidros	2,820	1,07x 0,90	9,9%	Classe II
6 – Porta	14,740	1,32x 0,44	51,7%	Classe II
7 - Trancas e dobradiças*	0,64	0,44 x 0,96	2,2%	Classe I

Trancas e dobradiças são classificadas como classe I, segundo NBR 10004. A norma classifica assim materiais sujos de óleos lubrificantes e graxas.

Fonte: Adaptado da NBR (ABNT, 2004).

Conforme disposto na norma em questão, **em seu Anexo C** - Substâncias que conferem periculosidade aos resíduos, certas substâncias presentes em lubrificantes como óleos e graxas que contaminam certos materiais, devem ser classificadas como Classe I. Conforme artigo de Mueller et al. (2003) *Removal of Oil and Grease and Chemical Oxygen Demand from Oily Automotive Wastewater by Adsorption after Chemical De-emulsification*, os autores citam em seus estudos que óleos lubrificantes e graxas possuem significativas quantidades de chumbo e níquel o que já os enquadra no citado anexo da norma, como materiais perigosos. Cabe salientar que certos materiais poliméricos como os plásticos, podem ser classificados como materiais Classe II A - Não inertes, devido as suas propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água, mas para constar tal dado, necessitar-se-ia de testes em laboratório para comprovações e não estavam disponíveis para a confecção deste trabalho, dessa forma, seguiu-se conforme a norma explícita, no Anexo H da norma – como resíduos classe II - Não perigosos.

Da análise dos resultados acima constatou-se que os resíduos plásticos do tipo polipropileno (PP)<sup>4</sup> presentes na porta do automóvel conforme a área ocupada, apresentou um peso de 3,900 kg, conforme disposto na Tabela 5.2, foi bastante significativo.

<sup>4</sup> Além do PP, Foram encontrados mais três tipos de Polímeros – (ABS, PE-LLD E PA), porem em uma quantidade insignificante de 0,65 kg, dos quais foram subtraídos do valor total de plásticos encontrados, mas para efeitos de praticidade, reuniu-os no grupo maior, no caso o PP.

Tendo em vista o grande potencial poluidor e ao mesmo tempo, de reciclagem ainda pouco explorada deste material no que tange ao setor automotivo, optou-se por focar nas discussões deste trabalho o tratamento deste polímero (PP), o que será exposto a seguir inclusive quanto ao potencial econômico.

Uma visão geral do potencial econômico dos metais (aço) coletados no processo de desmontagem da porta também será abordada tendo em vista ser este material o mais utilizado na fabricação de automóveis, como já visto, e também como demonstram os dados obtidos na pesagem e área ocupada conforme Tabela 5.2.

## **5.2 O Polipropileno (PP)**

### *5.2.1 Introdução*

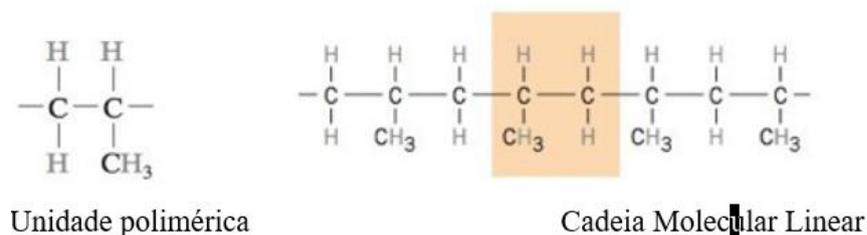
No livro *Ciências e Engenharia de materiais, uma Introdução*, Callister Jr. e Rethwisch (2012, p. 455), “o Polipropileno é um Polímero da classe Termoplástico”. Os Polímeros podem ocorrer naturalmente e têm sido usados há muito tempo. De acordo com os autores, esses materiais incluem madeira, borracha, algodão, lã, couro e seda. Proteínas, enzimas, amidos e celulose são outros tipos de polímeros naturais, muito importantes em processos biológicos e fisiológicos nas plantas e nos animais. Já os plásticos, borrachas e materiais fibrosos são polímeros sintéticos muito utilizados hoje em dia nas mais variadas aplicações. As vantagens de custo na produção desses polímeros sintéticos e suas inigualáveis propriedades de resistência e plasticidade tornam muitos deles superiores aos seus análogos naturais. Em algumas aplicações, como no caso de automóveis e demais veículos automotores, as peças metálicas foram substituídas por plásticos, os quais têm propriedades adequadas, podem ser produzidos a custos mais baixos e são muito mais leves.

De acordo com a variação das propriedades de um polímero com o aumento de temperatura, adota-se a classificação para esses materiais como “polímero termoplástico” ou “polímero termofixo”. Os termoplásticos amolecem e eventualmente se liquefazem quando são aquecidos, e endurecem quando são resfriados – processos que são totalmente reversíveis e que podem ser repetido enquanto os termofixos tornam-se permanentemente rígidos durante sua formação e não amolecem sob aquecimento. Uma degradação irreversível ocorre quando a temperatura de um polímero termoplástico fundido for aumentada excessivamente. Essas características do material são muito relevantes nos processos de reciclagem.

### 5.2.2 Estrutura Molecular

Não somente a massa molar e de sua fórmula, mas, principalmente, a estrutura das cadeias moleculares, definem as características físicas de um polímero. Essas cadeias moleculares se apresentam como “Lineares”, “Ramificadas”, “Ligações Cruzadas” e “Rede”, o que guarda estreita relação com a forma de sintetização dos diferentes Polímeros. As técnicas modernas de síntese dos polímeros permitem um controle considerável sobre várias possibilidades estruturais. Segundo Callister Jr e Rethwisch (2012), os polímeros lineares são aqueles nos quais as unidades repetidas estão unidas entre si extremidade a extremidade em cadeias únicas. Essas longas cadeias são flexíveis e podem ser consideradas como se fossem uma massa de espaguete. No caso do PP, apresenta-se uma típica cadeia “Linear” como apresentado na figura 5.3 o que propicia características favoráveis de flexibilidade e trabalhabilidade, embora as características mecânicas sejam modestas.

**Figura 5.3:** Molécula de Polipropileno



Fonte: Callister Jr. e Rethwisch (2012, p. 466).

### 5.2.3 Aplicações

Os principais processos de manufatura de produtos de Polipropileno são a extrusão e a moldagem. De acordo com Callister Jr e Rethwisch (2012), a extrusão se presta à produção de fibras longas, perfis e chapas que são transformados numa vasta gama de produtos e componentes úteis. Já a moldagem, que mais comumente se faz pelo método de injeção, é usada para produção de peças como copos, talheres, frascos, tampas, recipientes, utilidades domésticas e peças automotivas. São também utilizadas as técnicas relacionadas de moldagem por sopro e por vácuo embora esses processos sejam bem menos utilizados na indústria. O PP propicia um sem número de aplicações devido à capacidade de adaptar as propriedades físico-químicas às alterações necessárias das propriedades moleculares aliado à possibilidade de uso de aditivos durante sua fabricação. A fácil processabilidade e as excelentes propriedades finais, que incluem densidade baixa, alto brilho e rigidez, resistência térmica e química, entre outras

tornam o PP um material altamente apreciado. O PP é o polímero mais comumente utilizado como base em materiais compósitos em conjunto com outras fibras, conforme cita os autores. Sua capacidade de competir com plásticos de maior custo no mercado e ser utilizado em diferentes aplicações se deve à sua baixa temperatura de processamento, suas propriedades mecânicas, sua cristalinidade, ponto de fusão relativamente alto, fase cristalina que mantém resistência mecânica à altas temperaturas, baixa densidade, entre outros

### 5.3 Discussões

#### 5.3.1 Utilização de Plásticos na Construção dos Automóveis

A utilização crescente de plásticos na fabricação de veículos automotores deve-se à combinação de fatores como o desenvolvimento tecnológico dos materiais e às inúmeras vantagens, inclusive ambientais, de sua utilização. De acordo com Hemais (2003), a utilização de plásticos na indústria automobilista é extensa devido aos inúmeros benefícios gerados aos automóveis, sendo assim o autor cita as principais vantagens e desvantagens em se utilizar plásticos na confecção de um automóvel (Tabela 5.3).

**Tabela 5.3:** Vantagens e desvantagens do uso de plásticos nos automóveis, em substituição a outros materiais.

<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
redução de peso	deterioração por ação térmica e ambiental
redução da emissão de CO <sub>2</sub>	inflamabilidade
redução de custos	baixa resistência ao impacto
redução do tempo de produção	deformação permanente elevada
menores investimentos em manufatura	dificuldade de adesão de película de tinta
aumento da resistência à corrosão	facilidade de manchas permanentes
possibilidade de designs mais modernos	baixa estabilidade dimensional
formatos mais complexos	
excelente processabilidade veículos mais silenciosos	
melhor uso de espaço	
aumento de segurança	

Fonte: Hemais (2003, p. 110).

Ainda conforme Hemais (2003), sabe-se que o desempenho dos automóveis tem melhorado significativamente com a adoção de plásticos. Tais melhores são observadas ainda na fase de projeto do veículo, devido à baixa densidade desse polímero, uma vez que, esta característica é “essencial para a redução de combustíveis”.

Dessa forma, o automóvel se torna mais leve com a adição de polímero, já que este substitui vidros, borrachas e partes metálicas, o que contribui para a melhora da sua eficiência. Um Estudo feito pela *Economics Statistics Department American Chemistry Council* de 2020, sobre veículos leves, citando como exemplos dados da EPA, afirmam que a potencia média (HP) dos motores aumentaram dentro de quase 20 anos, passando de 181 (HP) no ano de 2000 para 244 (HP) no ano de 2019. Ainda de acordo com os mesmos estudos, o combustível também aumentou sua eficácia média em relação ao consumo por velocidade, passando a rodar 25,5 milhas por galão (11,3 km/L), assim, entre os anos de 2000 a 2010, passou de 19,8 milhas por galão (8,8 km/L) para 22,6 milhas por galão (10,0 km/L).

Embora tenham sido amplamente melhoradas as tecnologias de motores, que desempenharam um papel importante nesta evolução, é notório o ganho de eficiência devido ao aperfeiçoamento dos materiais utilizados na construção dos veículos, notadamente os Plásticos. Apenas como dado referencial, de acordo com Hemais (2003, p. 109), notou-se que:

Aproximadamente, para 100 quilos de peças plásticas utilizadas em um veículo, 200 a 300 quilos de outros materiais deixam de ser consumidos, o que se reflete em seu peso final. Assim, um automóvel, com uma vida útil de 150 mil quilômetros, poderá economizar 750 litros de combustível devido a utilização dos plásticos.

Ainda conforme o autor, o uso de materiais poliméricos em itens de seguranças como os cintos, freios ABS e *airbags*, são considerados melhores, pois são capazes de absorverem mais impactos contra choques, reduzindo assim acidentes fatais. Dessa forma, pode-se observar a grande variedade de plásticos do tipo PP empregada nos mais variados componentes de um automóvel, considerando assim um alto potencial se remanufaturados e introduzidos de volta ao ciclo produtivo, conforme os fundamentos da EC.

#### **5.4 Estimativa da Geração de VFV no Brasil**

Partindo dos dados apresentados no capítulo 3- REVISÃO BIBLIOGRÀFICA, foi proposto um critério de cálculo estimativo da geração de VFV no Brasil, uma vez que tal dado é de fundamental importância para poder-se avaliar o impacto ambiental e outros aspectos relacionados aos resíduos gerados.

Dos dados de Frota Circulante Total (Ft) apresentada no Quadro da Figura 3.2 e de Automóveis Licenciados nos últimos 10 anos (Vn) na Tabela 3.1, obteve-se um dado importante: o total de Automóveis com mais de 10 anos de uso em circulação, em 2021.

Obteve-se esse número pela subtração da ( $F_t$ ) do total de automóveis licenciados ( $V_n$ ), ou seja, automóveis que adentraram a frota nos últimos 10 anos, conforme equação (5.1) de autoria própria.

Ou seja:

$$F_o = F_t - V_n \quad (5.1)$$

em que

$F_o$  = Frota de automóveis com mais de 10 anos de uso.

$F_t$  = Frota Total Circulante em 2021.

$V_n$  = Total de veículos licenciados nos últimos 10 anos.

Assim:

$$\begin{aligned} F_o &= 37.910.819 - 22.157.181 \\ F_o &= 15.753.638 \end{aligned}$$

Portanto, existiam em 2021 mais de 15 milhões de automóveis com idade de uso igual ou superior à idade média da frota que, segundo o Anuário do Sindipeças de 2021, é de 10 anos e 3 meses.

A próxima etapa realizada para estimatimar a geração anual de AFV no Brasil, foi determinar a taxa de crescimento médio anual da frota. Para tanto adotou-se a equação (5.2), de autoria própria:

$$dF = \left( \frac{F_t - F_i}{F_i} + 1 \right)^{1/10} \quad (5.2)$$

em que

$dF$  = Taxa média de crescimento da frota nos últimos 10 anos.

$F_t$  = Frota Circulante Total final (2021).

$F_i$  = Frota Circulante Total inicial (2012).

Assim:

$$\left( \frac{37.910.819 - 31.122.609}{31.122.609} + 1 \right)^{0,1} = 0,019 = 1,9\%$$

Deste modo finalizou-se esta estimativa com o seguinte cálculo de equação (5.3) de autoria própria:

$$GVFV = V_{n2021} - (Ft \times dF) \quad (5.3)$$

em que

$V_{a2021}$  = Média Anual de Automóveis Licenciados, adotada para 2021.

$Ft$  = Frota Circulante Total 2021.

$dF$  = Taxa média de crescimento da frota nos últimos 10 anos.

$GVFV$  = Geração Líquida de AFV anual estimada

Assim:

$$GVFV = 2.215.718 - (37.910.819 \times 1,9) = 1.495.413$$

Portanto, foi aplicada a taxa de crescimento média de 1,9% a.a. à frota de 2021, ou seja, 37.910.819 automóveis, encontrou-se um acréscimo líquido de 720.305 automóveis adentrando à frota naquele ano. Comparou-se esse crescimento líquido estimado da frota com a média de automóveis licenciados por ano nos últimos 10 anos, de 2.215.718, resultando uma diferença de 1.495.413 de automóveis. Essa seria, então, a geração estimada anual de AFV no Brasil. Essa estimativa pôde ser corroborada por Sakai et al (2013) que fez um comparativo Internacional da reciclagem dos sistemas de VFV e estimaram que a geração de VFV é superior a um milhão de Unidades ao ano.

É importante salientar que não foi a intenção obter números exatos, que iriam requerer modelos mais sofisticados, mas apenas demonstrar a ordem de grandeza do problema, por isso essa estimativa simplificada foi utilizada.

#### 5.4.1 Avaliação do Potencial Econômico da Reciclagem do PP.

##### 5.4.1.1 Estimativa do volume de Termoplásticos Gerados na Reciclagem de VFV

Como já apresentado antes neste trabalho, os materiais termoplásticos respondem por 10% a 15% da composição de materiais de um VFV típico, em peso. Embora os dados disponíveis em estudos acadêmicos específicos sobre o assunto sejam limitados, segundo Hemais (2003), foram produzidos no mundo, no ano de 2000, cerca de 59 milhões de veículos. Com base nesses números, partindo-se do princípio que um automóvel médio pesa em torno de uma tonelada, e que cada veículo usa cerca de 100 quilos de plástico, isto é, aproximadamente 10% de seu peso, pode-se estimar que no ano de 2000, a indústria automobilística mundial consumiu em torno de 5,9 milhões de toneladas de plástico. Se esses números forem extrapolados para a produção

brasileira estimada em 2022 (até a data de produção deste trabalho), ou seja, 2,34 milhões de veículos, segundo o Anuário da Indústria Automobilística (2021), tem-se que no Brasil o consumo de plástico pela indústria automobilística será de 234.000 toneladas de Plástico em 2022, conforme a equação (5.4) de autoria própria:

$$Pnv \times Ppv = \frac{Tcp}{1000} \quad (5.4)$$

em que

$Pnv$  = Produção Nacional de Veículos estimada para 2022;

$Ppv$  = Peso de Plástico por Veículo em Quilogramas (kg);

$Tcp$  = Consumo total de Plástico estimado, pela Indústria Automobilística Nacional em 2022, em Toneladas (t);

Assim:

$$Tcp = 2.34 \times 10^6 \times 100$$

$$Tcp = \frac{234000000}{1000} =$$

$$= 234000 \text{ t}$$

Os cálculos foram os mesmos para o consumo total de plásticos estimado pela Indústria Automobilística Mundial em 2000, e em t.

#### 5.4.1.2 Considerações sobre a reciclagem do PP

Os materiais plásticos oriundos de VFV têm um vasto leque de opções para a sua reciclagem, o que não significa que sua implementação em nível industrial seja simples. Malagueta e Medina (2003) sugerem que a melhor forma de reaproveitar o material plástico é a associações de diferentes metodologias de reciclagem considerando a sua viabilidade econômica.

Além disso, a reciclagem deve ser efetuada a partir de condições mínimas viáveis para que seu processo seja eferente sem que haja comprometimento com o meio ambiente. Os autores Malagueta e Medina (2003) sugerem que seja feito um balanço energético para prever a melhor solução para o meio em questão.

Dessa forma, para a reciclagem dos plásticos, conforme já demonstrada neste trabalho, é necessária que haja a segregação dos diferentes grupos de materiais compostos nas partes de um carro. De acordo com Passos (2013), em um veículo podem ser encontrados cerca de 40 tipos de plásticos, e, devido a essa grande variedade, é primordial que sejam segregados, porém em casos quando componentes serem constituídos de um único plástico, como exemplo das partes sem pintura, resinas e óleos não necessitam de separação e podem ser reciclados diretamente sem perder suas propriedades originais. Porém, sabe-se que em maioria tem-se a mistura de tipos diferentes. Dessa forma, Malagueta e Medina (2003), explicam que é preciso passar por processos que envolvam separação por tratamentos químicos ou mecânica e visual.

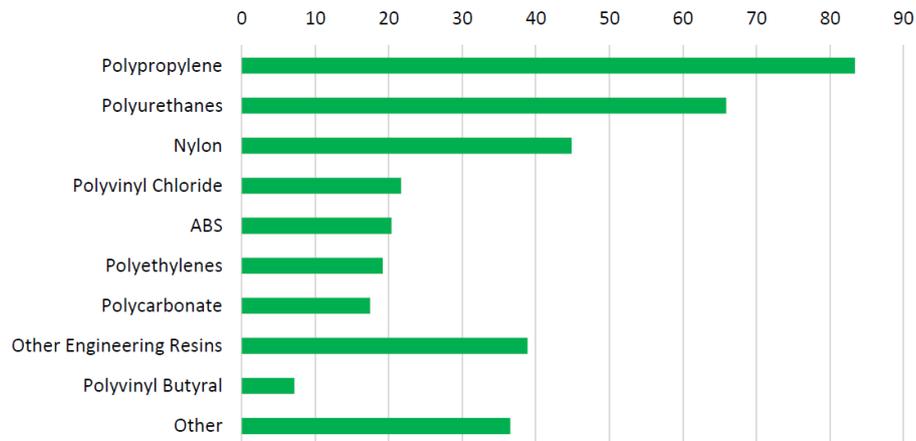
Ainda conforme Malagueta e Medina (2003), o tempo interfere na viabilidade da reciclagem, pois se o tempo para desmontar e separar tais componentes for alto, o processo se torna difícil e inviável. Além disso, atualmente, no que se referem a reciclagem, existem vários tipos de metodologias e vias tecnológicas em desenvolvimento, cabe aos fabricantes e centros de recicladores adotarem a melhor opção que atendam seus objetivos e legislações vigentes.

A reciclagem mecânica se dá pelo reaproveitamento dos materiais descartados. Dessa forma, conforme Malagueta e Medina (2003) “[...] se aplica tanto para plásticos misturados como para um único tipo”. Uma vez que esses materiais plásticos podem ser transformados em matéria prima secundária para produzir itens que não dependam de alta qualidade, como acessórios para automóveis. Já a reciclagem química, converte resíduos plásticos em produtos químicos e combustíveis termoquímicos, permitindo que a mistura de plásticos e compósitos retornem como matéria prima secundária de alta qualidade.

#### *5.4.1.3 Estimativa do Potencial Econômico da Reciclagem de PP oriundo de VFV*

Considerando que a maior parte do material termoplástico utilizado nos veículos é o PP (Figura 5.4), inclusive como ocorreu na desmontagem da Porta e registrado na tabela 5.2, concentrou-se neste material os esforços para estimativa do potencial econômico da reciclagem desta classe de materiais.

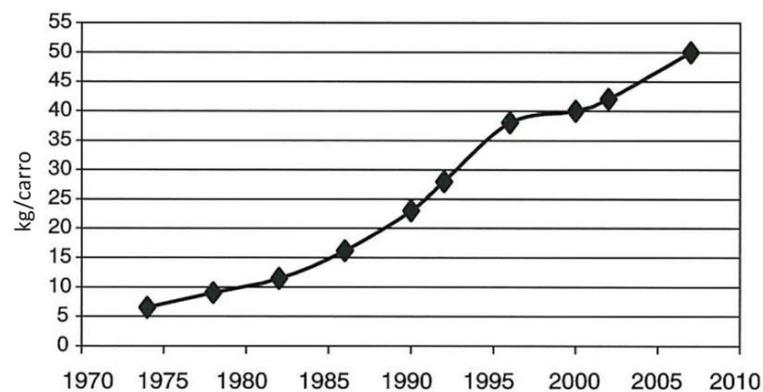
**Figura 5.4:** Uso médio de plásticos e compostos de polímeros em veículos leves Norte Americanos (NAFTA) em 2019, Libras/Veículo (Tradução nossa).



Fonte: *Economics & Statistics Department American Chemistry Council (2020)*.

Para estimar o mercado potencial do PP reciclado oriundo de VFV, o primeiro dado necessário foi saber qual a massa deste plástico utilizada em cada veículo. De acordo com Petry (2011), em citação a Pasquini (2005), houve uma grande evolução na utilização do PP em automóveis, como se pode verificar na Figura 5.5. Assim, adotou-se o valor de 50kg/AFV de PP como referência, uma vez que o dado refere-se à época aproximada em que se fabricavam os automóveis hoje em final de vida útil. Utilizou-se o dado estimado de 1,5 milhões de AFV, encontrado na equação (5.3) do item 5.4.

**Figura 5.5:** Utilização de polipropileno por carros.



Fonte: Pasquini (2005) *apud* Petry (2011).

Assim, adotou-se a equação (5.5) de autoria própria, para estimar a quantidade potencial de PP gerado para a reciclagem dos VFVs no Brasil:

$$Q_{pr} = (N_{ev} \times M_{pu})/1000 \quad (5.5)$$

em que

$Q_{pr}$  = Quantidade anual potencial gerada de PP oriundo de VFV em toneladas;

$N_{ev}$  = Geração potencial de AFV por ano;

$M_{pu}$  = Massa estimada de PP que compõe um VFV em Kg;

De acordo com as fórmulas acima a seguinte estimativa:

$$Q_{pr} = (1,5 \cdot 10^6 \times 50)/1000$$

$$Q_{pr} = 75.000 \text{ t}$$

Assim foi possível estimar que a geração potencial de PP oriundo da reciclagem de AFV foi de 75.000 Toneladas por ano.

Finalmente, considerou-se o preço atual médio de mercado da sucata de plásticos em geral, no qual foi atribuído esse preço médio para a sucata de PP destinada à reciclagem, de acordo com pesquisa de mercado realizada pela Associação Nacional dos Catadores (ANCAT), em que foi disposto em seu Anuário da Reciclagem de 2021, o valor médio de R\$ 1,04/Kg. É importante salientar que foi feita uma pesquisa de mercado da sucata de plástico durante a confecção deste trabalho, a qual realizou-se ligações para 2 empresas de reciclagem, mas não foi possível obter tais dados, desta forma optou-se pelo anuário mais atual, do ano de 2021 da ANCAT.

O cálculo do mercado potencial de reciclagem de PP, foi realizado de acordo com a equação (5.6) de autoria própria.

em que

$$M_{pp} = Q_{pr} \times P_p \quad (5.6)$$

$M_{pp}$  = Mercado potencial anual para o PP em milhões de reais;

$Q_{pr}$  = Quantidade anual potencial gerada de PP oriundo de VFV em toneladas;

$P_p$  = Preço médio do quilo de plástico em 2021 em reais.

em que

$$M_{pp} = 75.000 \text{ t} \times 1,04$$

$M_{pp} = 78$  Milhões.

Constatou-se que o mercado potencial anual para o PP reciclado, oriundo de VFV foi de R\$ 78 Milhões.

## 5.5 Outros Potenciais Econômicos relevantes da Reciclagem de VFV

### 5.5.1 Sucata Metálica

Com relação à sucata metálica já existe um mercado e uma cadeia logística bem estabelecida dada à grande demanda destes materiais pela indústria metalúrgica (não ferrosos) e siderúrgica (ferro e aço), como melhor descrito no trabalho de Ferreira et al. (2013).

Em relação ao potencial econômico da reciclagem de metais oriundos dos VFV, cita-se a matéria publicada pela Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração (ABM, 2020), o crescimento de 2,96% de exportações de sucata ferrosa, a qual o mercado de sucata (Ms) no Brasil envolveu 8 milhões de toneladas, o que representa, em valores atuais, aproximadamente de R\$ 12 bilhões por ano (estimando-se o preço por quilo de R\$ 1,50 (Ps)).<sup>5</sup> Esses valores encontrados podem ser explicitados na equação (5.7) de autoria própria.

$$M_{pa} = P_s \times M_s \quad (5.7)$$

em que

$M_{pa}$  = Mercado potencial de aço reciclado em Reais;

$M_s$  = Mercado de Sucata no Brasil;

$P_s$  = Preço por quilo de sucata em reais.

Assim:

$$M_{pa} = 1,50(1000) \times (8.000.000)$$

$$M_{pa} = \text{R\$}12 \text{ bilhões de sucata anualmente.}$$

---

<sup>5</sup> O aço é considerado uma *comodities* brasileira, e, portanto, o seu preço/kg no mercado sofre variações constantemente, dessa forma o valor de 1,50 /kg foi analisado em outubro de 2022.

Atribui-se o percentual de 24,1%<sup>6</sup> para o consumo setorial de aço pela Indústria Automotiva(CIAa) e obteve-se de R\$ 2,89 bilhões de mercado potencial de aço reciclado oriundo de VFV (Mpvfv), conforme mostrados no seguinte cálculo da equação (5.8) de autoria própria.

$$Mpvfv= CIAa \times Mpa \quad (5.8)$$

em que

Mpvfv= Mercado potencial de aço reciclado oriundo de VFV;

CIAa= Consumo setorial de aço pela Indústria Automotiva em %;

Mpa= Mercado potencial de aço reciclado em Reais.

Assim:

$Mpvfv = 24,1\% \times (12 \text{ bilhões})$

$Mpvfv = R\$ 2,89 \text{ bilhões.}$

## 5.6 Resumo do Potencial Econômico da Reciclagem de Materiais Oriundos de VFV

Conforme se pode demonstrar acima e resumidamente abaixo, ainda que de forma parcial, o potencial econômico das várias destinações possíveis dos materiais oriundos da reciclagem de AFV é bastante expressivo e suficientemente atraente do ponto de vista financeiro, para despertar o interesse do mercado seja através de novos empreendimentos seja através de grandes grupos industriais já existentes.

Dessa forma, concluiu-se que pensar em reciclagem, remanufatura e reuso é também encontrar uma solução para corrigir as externalidades ambientais<sup>7</sup>, uma vez que os materiais que seriam descartados podem ser reutilizados, ou reinseridos na cadeia produtiva, reduzindo consideravelmente o uso exploratório de matérias-primas virgens, emissões de gases estufas, baixo uso energético e de recursos não renováveis.

<sup>6</sup> Em 2021, o instituto *Aço Brasil* realizou um estudo de mercado de aço no país, na qual abordou o consumo percentual de aço por cada setor da indústria nacional, e constatou que a indústria automobilística representou cerca de 24,1% de consumo total de aço.

<sup>7</sup> O conceito de externalidade refere-se à ação que um determinado sistema de produção ocasiona a outros sistemas externos; e a internalização desses efeitos refere-se às ações que o agente pode tomar no sentido de eliminar as externalidades ou, no mínimo, reduzi-las a níveis aceitáveis(GONÇALVES,2011).

**Tabela 5.4:** Resumo do potencial econômico da reciclagem de alguns materiais oriundos de VFV

<b>Resumo Potencial de Mercado de Reciclagem de VFV</b>	
<b>Material</b>	<b>Mercado Total Potencial (R\$ Milhões)</b>
Materiais metálicos ferrosos (Aços e Ferro)	2.890,00
PP	78

Fonte: Autoria própria (2022).

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de o Brasil possuir uma das maiores frotas de automóveis do mundo, temos uma geração considerável de potenciais VFV prontos a serem destinados para a cadeia da reciclagem, porém isso ainda não acontece, uma vez que não o país não possui legislações específicas que delimitam ao tema, e as normas atuais ainda são pouco eficientes e não abordam por completo a temática em questão.

O desafio tecnológico da reciclagem de VFV tem sido enfrentado pelas universidades como é caso da UPRA do CEFET de onde se poderá disseminar processos e tecnologias que otimizem essas atividades. Haja vista que, os automóveis contemplam uma infinidade de materiais e componentes totalmente tangíveis de reciclagem e recursos, como é o caso dos polímeros, mas pouco disseminada no país, por necessitar de processos tecnológicos ainda inviáveis economicamente.

Foi proposto estudar e estimar o potencial de componentes totalmente tangíveis de serem comercializados como matérias-primas secundárias, mas para isso, o país necessita de implementar um robusto sistema de reciclagem de componentes e materiais veiculares.

Para isso, realizou-se o desmonte de uma porta, como um exemplo de amostragem do automóvel, e verificamos uma quantidade de PP considerável. Dessa forma, foi estimado o seu valor comercial, e concluiu-se uma enorme vantagem se estes materiais retornassem a cadeia industrial a fim de serem produzidos novamente em material para usos diversos.

Dessa forma, percebeu-se que é preciso haver uma articulação entre os órgãos governamentais, setores automobilísticos, os centros de desmanches, os sucateiros e entidades envolvidas direta e indiretamente para que seja elaborada uma legislação específica de reciclagem e um modelo global de processos para disposição e/ ou reciclagem de um VFV. É importante que se busque estratégias de reciclagem para a maior parte dos componentes, haja vista que já existem sistemas de LR para itens críticos como Pneus, óleos lubrificantes e baterias, sendo assim, é primordial que haja um acordo setorial, para que se tracem estratégias em comum e não discordem entre si e, neste particular, os potenciais econômicos significativos da reciclagem de VFV podem funcionar como fator catalizador e motivador.

Além disso, uma política de incentivos fiscais aos investimentos na cadeia de reciclagem de VFV, por exemplo, isentando ou reduzindo impostos sobre comércio de sucata e matéria prima reciclada, além das peças de reuso e remanufaturadas, poderia alavancar a implantação desses sistemas reversos.

Por fim, verificou-se que o passivo ambiental gerado por cerca de 1,5 milhões de automóveis em final de vida útil é enorme, embora compensado pelos esforços de redução do impacto ambiental durante a vida útil do veículo como, a crescente redução do consumo de combustível devido, entre outras coisas, à adoção de materiais mais leves e eficientes como o Plástico.

## 7 REFERÊNCIAS

ABIPEÇAS, Sindipeças. **Indústria Brasileira de Autopeças**. Ed. Jul. 2022. Tabelas da indústria – Faturamento e reposição. Disponível em: <https://www.sindipecas.org.br/home/>. Acesso em: 22 nov. 2022.

ABM (Brasil). **Exportações de sucata ferrosa crescem 2,96% em 2020**: Associação brasileira de metalurgia, materiais e mineração. Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração. 2021. Disponível em: <https://www.abmbrasil.com.br/por/noticia/exportacoes-de-sucata-ferrosa-crescem-2-96-em-2020>. Acesso em: 30 nov. 2022.

ABNT NBR 10004. **Norma Brasileira: Resíduos sólidos – classificação**. Estabelece os critérios de classificação e os códigos para a identificação dos resíduos de acordo com suas características. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. Disponível em: <https://analiticaqmresiduos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf>. Acesso em: 24 de maio 2022.

AGUIAR, Alexandre de Oliveira e; JOAQUIM FILHO, José. Veículos em fim de vida como resíduos: Panorama, fragilidades e perspectivas do gerenciamento no Brasil. In: **SIMPOI 2012**, São Paulo - Sp - Brasil, 2012. 16 p., 2012. Anais. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/304940577\\_Veiculos\\_em\\_fim\\_de\\_vida\\_como\\_residuos\\_Panorama\\_desafios\\_e\\_perspectivas\\_de gerenciamento\\_no\\_Brasil](https://www.researchgate.net/publication/304940577_Veiculos_em_fim_de_vida_como_residuos_Panorama_desafios_e_perspectivas_de gerenciamento_no_Brasil). Acesso em: 28 maio 2022.

**ANUÁRIO DA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA BRASILEIRA 2019**. São Paulo - Sp - Brasil: Ponto & Letra, jan. 2019. Anual. Disponível em: <https://anfavea.com.br/anuario2019/anuario.pdf>. Acesso em: 17 set. 2022.

**ANUÁRIO DA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA BRASILEIRA 2022**. São Paulo - Sp - Brasil: Motor Mídia Editora Ltda., fev. 2021. Anual. Pg. 42, 48. Disponível em: <https://anfavea.com.br/anuario2022/2022.pdf>. Acesso em: 18 set. 2022.

ASSUMPÇÃO, Luiz Carlos Fonte Nova de. **Co-pirólise de polipropileno pós-consumo com gásóleo**. 2008. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química Ambiental; Polímeros, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: [https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UERJ\\_b80f474aeab5f58640ec6c0718429255](https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UERJ_b80f474aeab5f58640ec6c0718429255). Acesso em: 05 set. 2022.

AUSTRALIA. Commonwealth Department Of Environment And Heritage. Department Of The Environment And Heritage (org.). **Environmental Impact of End-of-Life Vehicles**: an information paper. **End Of Life Vehicles**, [s. l], p. 1-74, 2002. Disponível em: <https://p2infohouse.org/ref/22/21778.pdf>. Acesso em: 22 out. 2022.

AUTOMOTORES, Oica - Organização Internacional de Fabricantes de Veículos. **Estatísticas da produção de 2010**. 2010. Disponível em: [https://www-oica-net.translate.google.com/category/production-statistics/2010-statistics/?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=pt&\\_x\\_tr\\_hl=pt-BR&\\_x\\_tr\\_pto=sc](https://www-oica-net.translate.google.com/category/production-statistics/2010-statistics/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt-BR&_x_tr_pto=sc). Acesso em: 05 jul. 2022.

AUTOMOTORES, Oica - Organização Internacional de Fabricantes de Veículos. **Estatísticas da produção de 2019**. 2019. Disponível em: [https://www-oica-net.translate.google.com/category/production-statistics/2019-statistics/?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=pt&\\_x\\_tr\\_hl=pt-BR&\\_x\\_tr\\_pto=sc](https://www-oica-net.translate.google.com/category/production-statistics/2019-statistics/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt-BR&_x_tr_pto=sc). Acesso em: 05 jul. 2022.

BARROS, Daniel Chiari; CASTRO, Bernardo Hauch Ribeiro de; VAZ, Luiz Felipe Hupsel. Panorama da indústria de autopeças no Brasil:: características, conjuntura, tendências tecnológicas e possibilidades de atuação do bndes. **Bndes Setorial: Automotivo**, Rio de Janeiro, v. 42, p. 167-216, 06 set. 2015. Semestral.

BARTHOLOMEU, Daniela Bacchi; CAIXETA FILHO, José Vicente (org.). **Logística Ambiental de Resíduos Sólidos**. São Paulo: Atlas S.A., 2011. Pg. 4, 12.

BRASIL. **Decreto nº10.388, de 5 de junho de 2020**. Regulamento o § 1º do caput do art.33 da Lei nº12.305, de 2 de agosto de 2010, e institui o sistema de logística reversa de medicamentos domiciliares vencidos ou em desuso [...]. Brasília, DF: Presidência da República, 2020. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/decreto/D10388.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10388.htm). Acesso em: 11 nov 2022.

BRASIL. Ibama. Ministério do Meio Ambiente. **Programa de controle de emissões veiculares (Proconve)**. 2016. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/emissoes/veiculos-automotores/programa-de-controle-de-emissoes-veiculares-proconve>. Acesso em: 26 maio 2022.

BRASIL. **Lei Nº12.305, de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política de Resíduos Sólidos; altera a lei nº9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2010. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm) . Acesso em: 18 abril 2022.

BRASIL. **Lei nº12.977, de 20 de maio de 2014**. Regula e disciplina a atividade de desmontagem de veículos automotores terrestres [...]. Brasília, DF: Presidência da República, 2014. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2014/lei-12977-20-maio-2014-778772-publicacaooriginal-144170-pl.html>. Acesso em: 21 abril 2022.

BRASIL. Ministério do meio ambiente. **Resolução CONAMA nº18, de 6 de maio de 1986**. Dispõe sobre a criação do Programa de Controle da Poluição do Ar por veículos Automotores – PROCONVE. Brasília, DF: Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), 1986. Disponível em: [http://conama.mma.gov.br/?option=com\\_sisconama&task=arquivo.download&id=41](http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=41) . Acesso em: 19 abril 2022.

CALLISTER JUNIOR, William D.; RETHWISCH, David G.. **Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução**. 10. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2012. Págs. 455, 466, 470.

CAPANEMA, Luciana; PIMENTEL, Leticia Barbosa. Saneamento e Resíduo de sólidos. In: FERRARI, Marcos; GIAMBIAGI, Fabio; PASTORIZA, Florinda; MAGALHÃES, Leticia; BARBOZA, Ricardo; GUIMARÃES, Sergio (org.). **O BNDES e as agendas setoriais: contribuições para a transição de governo**. Rio de Janeiro: Departamento de Comunicação -

BNDES, 2018. Cap. 3. p. 31-43. Disponível em: [https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/18261/1/PRCapLiv214841\\_Saneamento%20e%20Res%c3%adduos%20S%c3%b3lidos\\_compl\\_P\\_BD.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/18261/1/PRCapLiv214841_Saneamento%20e%20Res%c3%adduos%20S%c3%b3lidos_compl_P_BD.pdf). Acesso em: 29 ago. 2022.

CASTRO, Daniel E.; SOUSA, Vinicius Ladeira Marques de (org); BOVOLENTA, Amanda Gonçalves (org). **Reciclagem e Sustentabilidade na Indústria Automobilística**. Belo Horizonte: Adriana B., 2012. Págs. 63, 82, 103, 146, 154, 158.

CHAVES (2021). Disponível em: <https://www.automotivebusiness.com.br/pt/posts/setor-automotivo/brasil-e-o-7o-maior-mercado-do-mundo-mesmo-com-queda-de-27/>. Acesso em: 13 abr. 2021.

CNI (Org.). Economia Circular: caminho estratégico para a indústria brasileira. **Economia Circular**, Brasília - DF, p.15, set. 2019. Disponível em: [www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2019/9/economia-circular-caminho-estrategico-para-industria-brasileira/#circular-economy-estrategic-path-for-brazilian-industry](http://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2019/9/economia-circular-caminho-estrategico-para-industria-brasileira/#circular-economy-estrategic-path-for-brazilian-industry). Acesso em: 02 dez. 2022.

CURY, Ricardo Martins; RODRIGUEZ, Alejandro Martins; DUARTE, Patrícia Costa; MENDES, Karina Borges. Recuperação de valor em peças e veículos em fim de vida: Resultados de um estudo exploratório. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção: A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável, 28., Rio de Janeiro, RJ, Brasil., p. 01-12, 13 out. 2008. Disponível em: [https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2008\\_TN\\_STO\\_069\\_490\\_11855.pdf](https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STO_069_490_11855.pdf). Acesso em: 14 maio 2022.

DAUDT, Gabriel; WILLCOX, Luiz Daniel. Indústria Automotiva. **Visão 2035: Brasil, país desenvolvido**. Agendas setoriais para o desenvolvimento, [s. l], p. 183-208, 04 fev. 2019. Disponível em: [https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/16241/1/PRCapLiv214167\\_industria\\_automotiva\\_compl\\_P.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/16241/1/PRCapLiv214167_industria_automotiva_compl_P.pdf). Acesso em: 10 ago. 2022.

DUNNEL, Robert C.. **Classificação em arqueologia**. São Paulo: USP, 2006. 264 p. Tradução Astolfo G.M. Araújo.

ECONOMIA, Ministério da. **Perguntas e respostas: redução do imposto sobre produtos industrializados (ipi)**. Redução do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI). 2022. [Brasil]. Disponível em: <https://www.gov.br/economia/pt-br/assuntos/noticias/2022/agosto/perguntas-e-respostas-reducao-do-imposto-sobre-produtos-industrializados-ipi>. Acesso em: 26 out. 2022.

FEITOSA, Anny Kariny; BARDEN, Júlia Elisabete; KONRAD, Odorico. Estimativa de ganho econômico com material reciclável a partir de resíduos sólidos domiciliares. **Educação Ambiental em Ação**, [Brasil], v. , n. 62, p. 01-08, 11 dez. 2017. Trimestral. ISSN 1678-0701. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/327019537\\_ESTIMATIVA\\_DE\\_GANHO\\_ECONOMICO\\_COM\\_MATERIAL\\_RECICLAVEL\\_A\\_PARTIR\\_DE\\_RESIDUOS\\_SOLIDOS\\_DO\\_MICILIARES](https://www.researchgate.net/publication/327019537_ESTIMATIVA_DE_GANHO_ECONOMICO_COM_MATERIAL_RECICLAVEL_A_PARTIR_DE_RESIDUOS_SOLIDOS_DO_MICILIARES). Acesso em: 07 nov. 2022.

FERREIRA, Carla Regina; RIBEIRO, Edgard Marcos; COSTA, Patrícia Sheilla. Estudo do mercado de sucata no Brasil com o aumento da produção de aço. **In: 44º Seminário de Aciaria - Internacional**, Araxá - Mg, p. 01-12, 26 maio 2013. Disponível em:

<https://abmproceedings.com.br/ptbr/article/estudo-do-mercado-de-sucata-no-brasil-com-o-aumento-da-producao-de-ao>. Acesso em: 20 nov. 2022.

FONTANA, Felipe. Técnicas de pesquisa. In: MAZUCATO, Thiago; ZAMBELLO, Aline Vanessa (Orgs.). **Metodologia da pesquisa e do trabalho científico**. Penápolis: FUNEPE, 2018. p. 59-80.

FRANCO, Rosana Gonçalves Ferreira; LANGE, Liséte Celina; CAVALLI, Cléo. Método para cálculo de índice de reciclabilidade de um aparelho de telefone celular após o seu descarte. In: CONGRESSO ABES 2019: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 30., Natal/RN. **Anais...** jun. 2019. p. 01-07, 16 Disponível em: <https://abes-dn.org.br/anais eletronicos/download.php?idtema=3&idevento=45>. Acesso em: 19 out. 2022.

GONÇALVES, Odair Luiz. A reciclagem como meio de correção das externalidades: ambientais e sociais. **8º Simpósio de Excelência em Tecnologia**, [s. l.], p. 01-12, 2011. Anual. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos11/58114744.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2022.

HATSCHBACH, Ricardo Niemeyer; NAVEIRO, Ricardo Manfredi. Panorama da reciclagem de componentes no setor automobilístico. **XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção**, Ouro Preto, Mg, Brasil, p. 01-08, 21 out. 2003. Disponível em: [https://abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2003\\_TR1005\\_0875.pdf](https://abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2003_TR1005_0875.pdf). Acesso em: 09 nov. 2022.

HEMAIS, Carlos A.. Polímeros e a indústria automobilística. **Polímeros**, [S.L.], v. 13, n. 2, p. 107-114, jun. 2003. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0104-14282003000200008>. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/26367253\\_Polimeros\\_e\\_a\\_Industria\\_Automobilistica](https://www.researchgate.net/publication/26367253_Polimeros_e_a_Industria_Automobilistica). Acesso em: 23 nov. 2022.

HOVORUN, T. P.; BERLADIR, K. V.; PERERVA, V. I.; RUDENKO, S. G.; MARTYNOV, A. I. Modern materials for automotive industry. **Journal of Engineering Sciences**. Sumy, Ukraine, p. 08-18. 04 dez. 2017. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Kristina-Berladir/publication/322096172\\_Modern\\_materials\\_for\\_automotive\\_industry/links/5a44ac4ca6fdcce19718eeb0/Modern-materials-for-automotive-industry.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Kristina-Berladir/publication/322096172_Modern_materials_for_automotive_industry/links/5a44ac4ca6fdcce19718eeb0/Modern-materials-for-automotive-industry.pdf). Acesso em: 15 nov. 2022.

IMT. **Veículos em Fim de Vida**: vfv. VFV. 2022. Regulamentação: Decreto-Lei nº78/2008.. Disponível em: <https://www.imt-ip.pt/sites/imtt/Portugues/Veiculos/CancelamentoMatricula/FimVida/Paginas/VFV.aspx>. Acesso em: 12 out. 2022.

INICIATIVA SMARTLAB ([Brasil]). **Retrato da Localidade**. 2022. Promoção do trabalho decente guiada por dados. Disponível em: <https://smartlabbr.org/>. Acesso em: 25 out. 2022.

JOAQUIM FILHO, José. **Tratamento dos veículos em final do ciclo de vida no Brasil: Desafios e oportunidades**. 2012. 80 f. Monografia (Especialização) - Curso de Gestão Ambiental e Práticas de Sustentabilidade, Escola de Engenharia Mauá, Centro Universitário do Instituto Mauá, São Paulo, 2012. Disponível em: <https://maua.br/files/monografias/>

tratamento-dos-veiculos-em-final-do-ciclo-de-vida-no-brasil-desafios-e-oportunidades.pdf. Acesso em: 02 set. 2022

LEBRETON, L.; SLAT, B.; FERRARI, F.; SAINTE-ROSE, B.; AITKEN, J.; MARHOUSE, R.; HAJBANE, S.; CUNSOLO, S.; SCHWARZ, A.; LEVIVIER, A.. Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumulating plastic. **Scientific Reports**, [S.L.], v. 8, n. 1, p. 01-15, 22 mar. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-018-22939-w>. Disponível em: [https://assets.theoceancleanup.com/app/uploads/2019/04/Lebreton2018\\_SciRep.pdf](https://assets.theoceancleanup.com/app/uploads/2019/04/Lebreton2018_SciRep.pdf). Acesso em: 17 set. 2022.

MANZO, Abelardo. **Manual para la preparación de monografías: una guía para presentar informes y tesis**. Buenos Aires: Humanitas, 1979.

MEDINA, Heloisa Vasconcellos de; GOMES, Dennys Enry Barreto. A Indústria Automobilística Projetando Para a Reciclagem. In: **5º Congresso Nacional de P&B em Desing**, Brasília, p. 1-8, 10 out. 2002. Anais. Disponível em: [http://www.resol.com.br/textos/ferro\\_reciclagem\\_automoveis\\_brasil.pdf](http://www.resol.com.br/textos/ferro_reciclagem_automoveis_brasil.pdf). Acesso em: 18 jun. 2022.

MEDINA, Heloisa Vasconcellos; GOMES, Dennys Enry Barreto. Reciclagem de Automóveis: Estratégias, práticas e perspectivas. **Cetem**: Série Tecnologia Ambiental, Rio de Janeiro, v. 27, p. 01-60, 2003. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/346>. Acesso em: 17 ago. 2022.

MINAS GERAIS. Polícia Civil do Estado de Minas Gerais. **Portaria nº92, de 12 de fevereiro de 2021**. Dispõe sobre o credenciamento de pessoas jurídicas que exercem a atividade de desmontagem de veículos automotores terrestres, recuperação e/ou a comercialização das partes e peças provenientes da desmontagem. Minas Gerais: Polícia Civil, 2021. Disponível em: <https://www.detran.mg.gov.br/sobre-o-detran/legislacao/portarias-do-detran-mg/exibir-portaria/62707/000000/O/2021/1/92>. Acesso em: 01 set. 2022.

MOTTA, Wladimir Henriques. Análise do Ciclo de Vida e Logística Reversa. In: **Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia (Seget)**: Gestão e tecnologia para a competitividade, Penedo-Rj, p. 01-10, 23 out. 2013. Anual. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos13/42318514.pdf>. Acesso em: 09 nov. 2022.

PASSOS, Eduardo Romanini. **Reciclagem de automóveis**. 2013. 58 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Automotiva, Escola de Engenharia Mauá, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, 2013. Disponível em: <https://docplayer.com.br/7384858-Eduardo-romanini-dos-passos-reciclagem-de-automoveis.html>. Acesso em: 13 out. 2022.

PETRY, André. **Mercado brasileiro de polipropileno com ênfase no setor automobilístico**. 2011. 35 f. TCC - Curso de Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/36895/000793010.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2022.

PIAZZA, Vera Regina. **Economia circular aplicada à desmontagem de veículos em fim de vida**. 2019. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/198494/001099915.pdf?sequence=1>. Acesso em: 20 ago. 2022.

POTTING, José; HEKKERT, Marko; WORRELL, Ernst; HANEMAAIJER, Aldert. Circular economy: measuring innovation in the product chain. **Pbl Netherlands Environmental Assessment Agency**, Utreque, Países Baixos., p. 01-46, jan. 2017. Disponível em: <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2016-circular-economy-measuring-innovation-in-product-chains-2544.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2022.

SAKAI, Shin-Ichi; YOSHIDA, Hideto; HIRATSUKA, Jiro; VANDECASTEELE, Carlo; KOHLMAYER, Regina; ROTTER, Vera Susanne; PASSARINI, Fabrizio; SANTINI, Alessandro; PEELER, Maria; LI, Jinhui. An international comparative study of end-of-life vehicle (ELV) recycling systems. **Journal Of Material Cycles And Waste Management**, [S.L.], v. 16, n. 1, p. 1-20, 16 ago. 2013. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10163-013-0173-2>. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10163-013-0173-2.pdf?pdf=button>. Acesso em: 12 out. 2022.

SANTOS, Vander Lima dos; SILVA, Tomigreison Santos; SILVA, Thamyres Costa da; SANTOS, Caroline Andrade dos. COMparação da Logística Reversa e Reciclagem do Setor Automotivo Brasileiro com Alguns Países. In: **7º Conafasf: Ciência e Mindset - Desafios contemporâneos**, Ponta Grossa - Pr, p. 1-19, 06 nov. 2020. Anual. Disponível em: [https://conafasf.fasf.com.br/anais2020/arquivos/10292020\\_111049\\_5f9ad651a61a3.pdf](https://conafasf.fasf.com.br/anais2020/arquivos/10292020_111049_5f9ad651a61a3.pdf). Acesso em: 15 abr. 2022.

SÃO PAULO. Lei nº 15.276, de 02 de janeiro de 2014. Dispõe sobre a destinação de veículos em fim de vida útil e dá outras providências. São Paulo, SP: Governador do Estado de São Paulo, 2014. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2014/lei-15276-02.01.2014.html#:~:text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20destina%C3%A7%C3%A3o%20de,%C3%BAtil%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%Aancias>. Acesso em: 02 nov 2022.

SILVA, José Roberto Batista da. **Tratamento de veículos em fim de vida: modelos de gestão internacionais e brasileiro**. 2016. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/172181/342649.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=A%20reciclagem%20de%20Ve%C3%ADculos%20em,e%20destina%C3%A7%C3%A3o%20adequada%20de%20VFV>. Acesso em: 31 mar. 2022.

**SINDIPEÇAS ABIPEÇAS**. São Paulo - Sp - Brasil: Sindipeças, 01 mar. 2022. Anual. Pg.4. Disponível em: [https://www.sindipecas.org.br/sindinews/Economia/2022/RelatorioFrotaCirculante\\_2022.pdf](https://www.sindipecas.org.br/sindinews/Economia/2022/RelatorioFrotaCirculante_2022.pdf). Acesso em: 04 out. 2022.

SINIR. **Baterias de Chumbo Ácido**. 2022. Instrução Normativa Ibama nº 8, de 30 de setembro de 2012. Regulamentação: Resolução Conama nº 401/2008. Disponível em:

<https://sinir.gov.br/perfis/logistica-reversa/logistica-reversa/baterias-de-chumbo-acido/>. Acesso em: 05 out. 2022.

SINIR. **Logística Reversa**. Sistema Logística Reversa - SINIR+. 2022. Referente à Art. 18 do decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022. Disponível em:

<https://sinir.gov.br/sistemas/logistica-reversa/>. Acesso em: 18 nov. 2022.

SINIR. **Óleos Lubrificantes Usados ou Contaminados (OLUC)**. 2022. Resolução Conama nº362, de 23 de junho de 2005. Regulamentação: Portaria Interministerial nº475, de 19 de dezembro de 2019. Disponível em: <https://sinir.gov.br/perfis/logistica-reversa/logistica-reversa/oleos-lubrificantes-usados-ou-contaminados-oluc/>. Acesso em: 03 out. 2022.

SINIR. **Pneus Inservíveis**. 2022. Regulamentação: Resolução Conama nº416/200Instrução Normativa Ibama nº 1, de 18 de março de 2010.. Disponível em:

<https://sinir.gov.br/perfis/logistica-reversa/logistica-reversa/pneus-inserviveis/>. Acesso em: 06 out. 2022.

SOUZA, Rafael Henrique Rezende de. **A importância da "Lei do desmonte"**. 2019. 26 f. TCC (Graduação) - Curso de Gestão das Instituições Federais de Educação Superior, Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019. Disponível em:

<https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/32780/4/A%20import%20ancia%20da%20Lei%20do%20Desmonte.pdf>. Acesso em: 23 maio 2022.

TONARQUE, Roberta; VITAL, José Carlos Meca. Logística Reversa: fim de vida útil de veículos e seus destinos. **Revista Tecnológica da Fatec Americana**, São Paulo, v. 08, n. 02, p. 59-69, jul/dez. 2020. Semestral. Disponível em:

<https://www.fatec.edu.br/revista/index.php/RTecFatecAM/article/view/274>. Acesso em: 10 nov. 2022.

TRUJILLO FERRARI, Alfonso. **Metodologia da ciência**. 3. ed. Rio de Janeiro: Kennedy, 1974.

UNIÃO EUROPEIA. **Diretiva (UE) 2018/851 do Parlamento Europeu e do Conselho de 30 de maio de 2018: que altera a diretiva 2008/98/ce relativa aos resíduos**. **Jornal Oficial da União Europeia**. UE, 30 maio 2018. Texto Relevante Para Efeitos do EEE, p. 01-32.

Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0851&from=EN>. Acesso em: 05 nov. 2022.

VILLELA, Bernardo Antunes Maciel. **DEMANDA POR VEÍCULOS NOVOS NO BRASIL: uma análise robusta a quebras estruturais**. 2014. 56 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Economia, Fundação Getulio Vargas, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em:

[https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/7108/1/Mestrado\\_Bernardo%20Antunes%20Maciel%20Villela\\_com%20termo\\_P.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/7108/1/Mestrado_Bernardo%20Antunes%20Maciel%20Villela_com%20termo_P.pdf). Acesso em: 10 ago. 2022.

WEYMAR, Elisabeth; FINKBEINER, Matthias. Statistical analysis of empirical lifetime mileage data for automotive LCA. **The International Journal Of Life Cycle Assessment**. Switzerland, p. 215-223. 2016. Disponível em:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-015-1020-6#citeas>. Acesso em: 02 jul. 2022.

WILKEN, Adriana Alves Pereira; VIMIEIRO, Gisele Vidal; GOMES, Mayra Batista. **Aspectos ambientais da reciclagem automotiva**: reciclagem e sustentabilidade na indústria automobilística. Belo Horizonte: Dem, Kaiho, Jica., 2018. 23 p. CEFET - MG

**Anexo A - Caracterização e Classificação de resíduos Fonte: NBR 20004**