

## **VEÍCULOS EM FINAL DE VIDA, POLÍTICAS PÚBLICAS E ECONOMIA CIRCULAR: UMA ANÁLISE DE OPORTUNIDADES AO CENÁRIO BRASILEIRO**

**ANDERSON FARIA RENO RAMOS**

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR

**UBIRATÃ TORTATO**

**FABRICIO BARON MUSSI**

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUC/PR

### **Introdução**

Os veículos automotores ainda são o meio de transporte mais utilizado. A preocupação com o meio ambiente tem acelerado o desenvolvimento de novas tecnologias por parte fabricantes - tais como carros híbridos e elétricos - contudo, remanesce um tema que requer a mesma atenção, relacionado ao descarte dos veículos em fim de vida (VFV). A relevância do tema justifica-se considerando o crescimento constante da frota de veículos de passeio, o envelhecimento da frota em circulação, acompanhada de uma baixa taxa de reciclagem. Tais fatores abrem algumas oportunidades de pesquisa.

### **Problema de Pesquisa e Objetivo**

O objetivo dessa pesquisa consiste em avaliar o processo de gestão dos VFV em países desenvolvidos, sob a ótica das políticas públicas, que possam oportunizar melhorias no processo de gestão de VFV no Brasil.

### **Fundamentação Teórica**

Considerando a predominância de veículos de passeio no mundo, e a sua substituição cada vez mais rápida (ZHANG et al., 2020; KUMAR et al., 2023), há de se vislumbrar as preocupações inerentes a gestão de veículos em fim de vida a partir dos preceitos da economia circular aplicada ao tema, e a luz de políticas públicas em vigor nos países desenvolvidos (LIDER; RASHID, 2017; WANG et al., 2021; JAMES et al., 2023).

### **Metodologia**

Procedeu-se com uma revisão sistemática da literatura (27 artigos selecionados) e com uma pesquisa documental. Visando complementar os achados e verificar o estágio de adesão de determinadas práticas no cenário nacional, realizou-se uma pesquisa de campo com oito gestores de montadoras e 28 gestores de desmanches. Dentre os requisitos considerados para a gestão de veículos em final de vida e sua destinação adequada, foram verificados: (i) compromisso ambiental além das exigências legais; (ii) parcerias estratégicas; (iii) economia circular ligada ao produto; (iv) design para desmontagem.

### **Análise e Discussão dos Resultados**

Dentre os principais resultados: Compromisso ambiental: tanto os desmanches quanto as montadoras se restringem a atender à legislação, postura justificada pela falta de recursos e pela pressão por redução de custos. A ausência de incentivos diretos é um fator restritivo, segundo relato dos entrevistados; Parcerias estratégicas: não foram identificadas nas montadoras envolvimento no processo de gestão do ciclo de vida do produto (VFV) junto aos desmanches; Origem dos veículos: a origem dos veículos de desmanche é majoritariamente proveniente de leilões.

### **Considerações Finais**

O estudo contribui para entendimento de fatores de bem-sucedidos do modelo europeu e norte americano e que poderiam ser objetos de pesquisas aprofundadas para efetiva aplicação no Brasil. Destacam-se: Modelo de fiscalização, maior autonomia dos estados, extensão da responsabilidade do produtor, utilização de incentivos diretos, implantação de uma legislação específica para automóveis. Sob a perspectiva teórica, evidenciou-se a importância das políticas públicas que fomentem a aplicação dos conceitos de economia circular, bem como a necessidade de envolvimento dos stakeholders do processo.

### **Referências**

KUMAR, V.; VERMA, A.; KUMAR, A. What are the best practices for End-of-Life Vehicle management - A practical assessment of estimates, perceptions and policies. *Management of Environmental Quality*, v.34, n.6, 2023, p.1626-1646. ZHANG, L et al. Collaborative approach for environmental and economic optimization based on life cycle assessment of end-of-life vehicles' dismantling in China. *Journal of Cleaner Production*, v. 276, 2020, 124288.

### **Palavras Chave**

Veículos em fim de vida , Métodos mistos, Políticas públicas

# VEÍCULOS EM FINAL DE VIDA, POLÍTICAS PÚBLICAS E ECONOMIA CIRCULAR: UMA ANÁLISE DE OPORTUNIDADES AO CENÁRIO BRASILEIRO

## 1. INTRODUÇÃO

Os veículos automotores ainda são ao redor do mundo o meio de transporte mais utilizado (ZHANG et al., 2020; KUMAR et al., 2023). A preocupação com o meio ambiente tem acelerado o desenvolvimento de novas tecnologias por parte fabricantes - tais como carros híbridos e elétricos – contudo, remanesce um tema que requer a mesma atenção, relacionado ao descarte dos veículos em fim de vida (VFV). Um veículo pode ser declarado VFV quando está inadequado e/ou inabilitado para exercer a sua função principal devido acidente, quebra ou qualquer outra razão (KUMAR et al., 2023; SAHIL et al., 2024). Porém em muitos dos casos, este mesmo VFV ainda dispõe de peças de boa qualidade, que podem ser utilizadas no mercado de reposição, bem como uma quantidade significativa de materiais de autovalor agregado com potencial de reutilização na cadeia produtiva alimentando a economia circular.

A relevância do tema justifica-se considerando que nos últimos anos houve um crescimento constante da frota de veículos de passeio, um envelhecimento da frota em circulação, a chegada de novas tecnologias no mercado e a baixa taxa de reciclagem. Tais fatores abrem algumas oportunidades de pesquisa. Face ao exposto, o objetivo dessa pesquisa consiste em avaliar o processo de gestão dos VFV em países desenvolvidos, sob a ótica das políticas públicas (LIDER; RASHID, 2017; WANG et al., 2021; JAMES et al., 2023), que possam oportunizar melhorias no processo de gestão de VFV no Brasil. Para tal, procedeu-se com uma revisão sistemática da literatura e com uma pesquisa documental, a qual foi norteadas pelos resultados da RSL. Por fim, visando complementar os achados e verificar o estágio de adesão de determinadas práticas no cenário nacional, realizou-se uma pesquisa de campo com oito gestores do setor automotivo (montadoras) e 28 gestores de desmanches.

## 2. METODOLOGIA

O presente estudo se enquadra na classificação de uma pesquisa exploratória (CRESWELL, 2014). Foram realizados os seguintes procedimentos metodológicos: (i) revisão sistemática de literatura (BIOLCHINI *et al.*, 2005), (ii) pesquisa documental e, por fim; (iii) pesquisa de campo. As pesquisas foram realizadas utilizando-se dos seguintes critérios: (a) Base de dados: *Scopus*; (b) palavras-chaves (e suas derivações) *End of Life Vehicles, Public Policies, Circular Economy*; (c) artigos finalizados até 2024, áreas relacionadas a Meio ambiente, Ciências sociais, Gestão de Negócios, Finanças e Economia. Nessa etapa foi utilizada a ferramenta *VOSviewer* para realizar análise bibliométrica, permitindo identificar padrões de produção científica, correlação entre áreas de pesquisa, áreas de concentração e lacunas de conhecimento.

Quanto à análise documental, foram realizadas as leituras e análise das políticas públicas relacionadas aos VFV's. Foram avaliados dados quantitativos e qualitativos publicados pelas entidades públicas e privadas com responsabilidades sob a gestão dos resíduos provenientes de VFV no Brasil, Europa e Estados Unidos. Após a leitura optou-se pela utilização da Análise de Conteúdo (BARDIN, 2016).

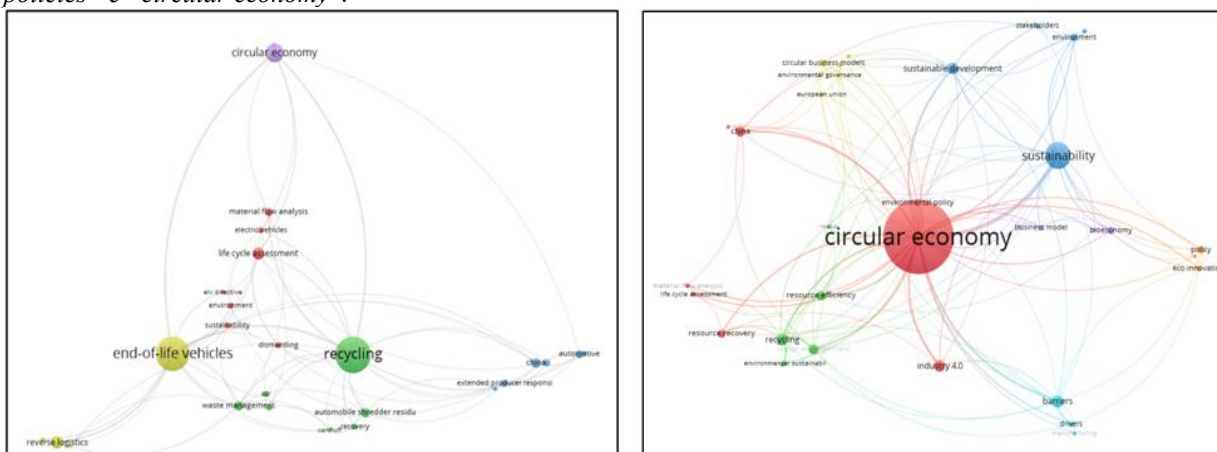
Na pesquisa de campo, buscou-se contatar profissionais atuantes em desmanches e fabricantes de automóveis, com o objetivo de identificar práticas e confirmar achados correlacionados aos dados coletados nas etapas anteriores. Foram entrevistados 28 gestores de empresa de desmanches e 8 gestores do setor automotivo, entre o período de dezembro de 2024 e maio de 2025. Procedeu-se com uma análise temática e interpretativa das respostas, a luz da literatura especializada.

## 3 RESULTADOS

### 3.1 REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

Por meio de pesquisas com os termos “*end of life vehicles*”, “*public policies*”, *circular economy*” feitos na base Scopus. Foram encontrados inicialmente 2.268 documentos e após a aplicação dos filtros chegou-se a um total de 605 artigos. Realizou-se a leitura dos resumos dos principais artigos identificados, culminando na seleção de 27 artigos analisados. A figura 1 apresenta as análises de clusters realizada a partir da RSL:

Figura 1: Análise de Clusters da palavra-chave “*end of life vehicles*”, e quando adicionados os termos “*public policies*” e “*circular economy*”.



Fonte: Elaborado pelos autores.

O quadro 1 apresenta um resumo dos achados a partir da análise de clusters.

Quadro 1: Principais achados a partir da análise de clusters.

| Termo              | <i>end of life vehicles</i>  | <i>end of life vehicles; circular economy; public policies</i>  |
|--------------------|--|---|
| Principais achados | Aumento de publicações na área de ELV ao redor do mundo, em níveis diferentes de maturidade e/ou complexidade.   | Países em diferentes estágios de desenvolvimento têm utilizado de políticas públicas na busca da performance ambiental.   |
|                    | Em países desenvolvidos, foca-se na redução dos resíduos provenientes do processo de reciclagem.   | Na Europa observaram-se avanços no debate sobre novas tecnologias (emissões, custos) versus a gestão dos VFV e resíduos. Países em desenvolvimento buscam se espelhar, destacando-se a China. |
|                    | Nos países em desenvolvimento nota-se uma tendência a buscar o conhecimento e ações adotadas em países desenvolvidos, especialmente em relação a legislação. | Estudos sobre a gestão completa do ciclo de vida do produto que está diretamente relacionada com a extensão de responsabilidade do fabricante.  |
|                    | Conexão clara entre EC, reciclagem e gestão de fim de vida de produto.   | Políticas públicas como meio para redução do mercado informal de VFV nos países em desenvolvimento  |
|                    | Temas citados com frequência nas publicações: Extensão da responsabilidade dos produtores.   | Conflitos entre políticas de redução de emissões (novas tecnologias, eletrificação, componentes) e a política de reciclagem e capacidade técnica dos centros de desmantelamento.              |

Fonte: Elaborado pelos autores.

Por fim, são apresentados os artigos selecionados para a RSL.

Quadro 2: Artigos selecionados na pesquisa.

|    | <b>Título</b>  | <b>Autores</b>           | <b>Fonte</b>   |
|----|--|--------------------------|--|
| 1  | What affects consumer's participation in vehicle scrappage programmes? An empirical study on scrapping intentions  | Sahil et al. (2024)      | Journal of Cleaner Production                                    |
| 2  | Evolutionary game of end-of-life vehicle recycling groups under government regulation  | Yu et al. (2023)         | Clean Technologies and Environmental Policy                      |
| 3  | Analyzing barriers for implementing new vehicle scrap policy in India  | James et al. (2023)      | Transportation Research Part D<br>Transport and Environment      |
| 4  | What are the best practices for End-of-Life Vehicle management – A practical assessment of estimates, perceptions and policies   | Kumar et al. 2023)       | Management of Environmental Quality<br>an International Journal  |
| 5  | Assessing the relation between waste management policies and circular economy goals  | D'Adamo et al. (2022)    | Waste Management   |
| 6  | An Assessment of Drivers and Barriers to Implementation of Circular Economy in the End-of-Life Vehicle Recycling Sector in India   | Molla et al. (2022)      | Sustainability   |
| 7  | The influence of end-of-life regulation on vehicle material circularity: A comparison of Europe, Japan, Australia and the US   | Soo et al. (2021)        | Resources Conservation and Recycling                             |
| 8  | Investigating the effect of government subsidies on end-of-life vehicle recycling  | Yu et al. (2021)         | Waste Management and Research                                    |
| 9  | The decision-making analysis on end-of-life vehicle recycling and remanufacturing under extended producer responsibility policy  | Khan et al. (2021)       | Sustainability   |
| 10 | Comparison of end-of-life vehicle material flows for reuse, material recycling, and energy recovery between Japan and the European Union                                   | Bhari et al. (2021)      | Journal of Material Cycles and Waste Management                  |
| 11 | Institutional, Technology, and Policies of End-of-Life Vehicle Recycling Industry and Its Indication on the Circular Economy- Comparative Analysis Between China and Japan | Wang et al (2021)        | Frontiers in Sustainability                                      |
| 12 | Recycling of end-of-life vehicles: Assessing trends and performances in Europe   | D'Adamo et al. (2020)    | Technological Forecasting and Social Change                      |
| 13 | Management of the end-of-life of light and heavy vehicles in the U.S.: comparison with the European union in a circular economy perspective                                | Saidani et al. (2019)    | Journal of Material Cycles and Waste Management                  |
| 14 | Recycling policy and statistical model of end-of-life vehicles in China  | Yu et al. (20219)        | Waste Management and Research                                    |
| 15 | Comparative study of linkage between environmental policy instruments and technological innovation: Case study on end-of-life vehicles technologies in Japan and EU        | Singh et al. (2017)      | Waste Management   |
| 16 | Key success factors in establishing end-of-life vehicle management system: A primer for Malaysia   | Raja et al. (20216)      | Journal of Cleaner Production                                    |
| 17 | Interval-parameter chance-constraint programming model for end-of-life vehicles management under rigorous environmental regulations  | Simic (2016)             | Waste Management   |
| 18 | Policies on end-of-life passenger cars in China: dynamic modeling and cost-benefit analysis  | Chen et al. (2015)       | Journal of Cleaner Production                                    |
| 19 | Sustainable design for automotive products: Dismantling and recycling of end-of-life vehicles  | Tian & Chen (2014)       | Waste Management   |
| 20 | Extended producer responsibility policy in Portugal: A strategy towards improving waste management performance   | Niza et al (2014)        | Journal of Cleaner Production                                    |
| 21 | Policies and perspective on end-of-life vehicles in China  | Wang & Chen (2013)       | Journal of Cleaner Production                                    |
| 22 | Environmental impacts of end-of-life vehicles' management: Recovery versus elimination   | Fonseca et al (2013)     | International Journal of Life Cycle Assessment                   |
| 23 | Implementing extended producer responsibility: Vehicle remanufacturing in China  | Xiang & Ming (2011)      | Journal of Cleaner Production                                    |
| 24 | Economic instruments and induced innovation: The European policies on end-of-life vehicles   | Mazzanti & Zoboli (2006) | Ecological Economics   |
| 25 | Strategies for meeting EU end-of-life vehicle reuse/recovery targets   | Ferrão et al. (2006)     | Journal of Industrial Ecology                                    |
| 26 | New generation regulation? The case of end-of-life vehicles  | Lee (2002)               | European Environmental Law Review                                |
| 27 | Extended producer responsibility - New legal structures for improved structures ecological self-organization in Europe?  | Kroepelien (2000)        | Review of European Community and International Environmental Law |

Fonte: Elaborado pelos autores.

### 3.2 MAPEAMENTO DAS POLÍTICAS PÚBLICAS

Buscou-se, nessa etapa, explorar dados quantitativos e qualitativos publicados pelas entidades públicas e privadas relacionados a gestão de VFV no Brasil, Europa e Estados Unidos. O quadro 3 apresenta um resumo comparativo, com base em categorias estabelecidas, dos principais elementos identificados na análise de conteúdo das legislações do Brasil, Estados Unidos e Europa.

Quadro 3 - Resumo comparativo das legislações do Brasil, Estados Unidos e Europa.

| <b>Categoria</b>                    | <b>Estados Unidos</b>                                 | <b>União Europeia</b>                                     | <b>Brasil</b>  |
|-------------------------------------|---|---|--|
| <b>Estrutura legal</b>              | Fragmentada (normas federais e estaduais)             | Diretiva 2000/53/CE                                       | Lei Federal nº 12.977/2014 + normas estaduais                    |
| <b>Órgão central</b>                | EPA, DOT, DOJ e agências estaduais                    | Comissão Europeia + Estados-Membros                       | IBAMA, DENATRAN, Detrans estaduais                               |
| <b>Objetivo principal</b>           | Controle ambiental e combate a fraudes veiculares     | Economia circular, redução de resíduos e poluição         | Combate ao furto de veículos, controle fiscal e ambiental        |
| <b>Sistema de rastreamento</b>      | Obrigatório para desmontes)                           | Sistemas nacionais integrados à UE                        | Sistema informatizado de desmontagem (SISCSV e DENATRAN)         |
| <b>Responsabilidade do produtor</b> | Limitada à reciclagem voluntária                      | Obrigatória   | Não é exigida por lei  |
| <b>Incentivos econômicos</b>        | Programas estaduais (ex: California <i>buy Back</i> ) | Subsídios à reciclagem, metas de recuperação obrigatórias | Ausência de incentivos estruturados, apenas incentivos indiretos |
| <b>Fiscalização</b>                 | Dependente de cada estado                             | Centralizada e auditada                                   | Dependente de cada estado  |

Fonte: Elaborado pelos autores.

### 3.3 ANÁLISE DE MERCADO

Nessa etapa, realizou-se 28 entrevistas com gestores de desmanches de veículos e oito com gestores de montadoras de automóveis, abordando temas trazidos pela revisão da literatura. O quadro a seguir indica, conforme respostas obtidas, a presença de requisitos considerados estratégicos para a gestão de veículos em final de vida e sua destinação adequada, segundo preceitos da economia circular.

Quadro 4: Resumo das entrevistas com empresas de desmanches no estado do PR

| <b>Requisitos (desmanches)</b>                   | <b>Presente</b> | <b>Ausente</b> | <b>Requisitos (montadoras)</b>                     | <b>Presente</b> | <b>Ausente</b> |
|--|-----------------|----------------|--|-----------------|----------------|
| Compromisso ambiental e sustentabilidade         |                 | 28             | Parcerias institucionais estratégicas - desmanche  |                 | 8              |
| Inovação tecnológica e desenvolvimento produtivo | 2               | 26             | Parcerias institucionais estratégicas - seguradora |                 | 8              |
| Parcerias estratégicas                           | 2               | 26             | Economia circular ligada ao produto                |                 | 8              |
| Capacidade de adaptação tecnológica              |                 | 28             | Design para desmontagem /ecodesign                 | 8               |                |
| Origem dos veículos desmontados                  | 28              |                | Compromisso ambiental - além das exigências legais |                 | 8              |

Fonte: Elaborado pelos autores.

Dentre os principais resultados, pode-se destacar:

- 1) Compromisso ambiental: tanto os desmanches quanto as montadoras se restringem a atender o que a legislação preconiza, postura justificada pela falta de recursos e pela pressão por redução de custos. A ausência de incentivos diretos é um fator restritivo, segundo relato dos entrevistados;
- 2) Parcerias estratégicas: não foram identificadas, nas montadoras, qualquer envolvimento no processo de gestão do ciclo de vida do produto (VFLV) junto aos desmanches;
- 3) Origem dos veículos: a origem dos veículos de desmanche é majoritariamente proveniente de leilões. A ausência de incentivos não motiva a entrega de veículos particulares aos desmanches;
- 4) Economia circular e ecodesign: as montadoras se limitam ao que é imposto pela legislação.

## 4 CONCLUSÃO

Esse estudo teve como objetivo avaliar o processo de gestão dos VFV em países desenvolvidos, sob a ótica das políticas públicas, visando oportunizar melhorias no processo de gestão de VFV no Brasil. Constataram-se avanços nas políticas públicas baseadas na extensão de responsabilidade do produtor (ERP), baseado nos artigos avaliados na RSL, sendo que a Europa se destaca pelos resultados. Averiguou-se que parcerias entre montadoras e desmanches europeias tem avançado em aderência aos conceitos da economia circular, fato que representa uma oportunidade para o cenário brasileiro.

Outro ponto de destaque é a estrutura descentralizada da política pública no Brasil, semelhante a dos Estados Unidos. Do ponto de vista ambiental, a Europa estabelece uma legislação específica, com objetivos claros de adoção do conceito de EC, ao passo que no Brasil a legislação foca-se no controle, com poucos incentivos ao estabelecimento de parcerias entre atores do setor (montadoras e desmanches). Especialmente no âmbito ambiental, a legislação de VFV no Brasil segue a política nacional de resíduos sólidos, a qual se apresenta como pouco específica ao setor automotivo.

No estudo, também foram identificados os subsídios (bônus e penalidades) europeus propostos aos diferentes participantes da cadeia de VFV (ciclo de vida do produto). Esses incentivos, associados à extensão de responsabilidade do produtor, aproxima as empresas na busca de soluções mais eficientes (econômicas e ambientais). Ponto negativo da legislação europeia está no foco excessivo ao setor de automóveis e comerciais leves e ainda não tão expressivo em caminhões médios e pesados.

Reconhece-se, aqui, a necessidade considerar diferenças socioeconômicas entre os países, porém, a proposta de aproximar a indústria e o cliente da gestão completa do ciclo de vida de veículos pode trazer benefícios ao contexto brasileiro. Vale ressaltar que qualquer conjunto de ações deveria ser combinado com uma fiscalização efetiva de toda a cadeia.

Do ponto de vista prático, o estudo contribui para entendimento de fatores de sucesso do modelo europeu e norte americano e que poderiam ser objetos de pesquisas aprofundadas para efetiva aplicação no Brasil. Destacam-se:

- 1) Fiscalização: avaliação do melhor modelo de fiscalização para aumentar e efetividade e agilidade no processo de retirada de VFV de circulação. Maior autonomia dos estados, como no modelo norte americano, poderia representar uma oportunidade;
- 2) ERP: Prática adotada na Europa, a qual vem criando parcerias entre montadoras e desmanches, profissionalizando o serviço e acelerando a adoção do modelo de EC;
- 3) Incentivos diretos: avaliação da viabilidade de adoção de incentivos diretos aos envolvidos no processo, não apenas indiretos como feito atualmente no Brasil;
- 4) Legislação específica para automóveis: o modelo europeu se destaca por apresentar uma legislação específica e direcionada para VFV e EC, representando um avanço também do ponto de vista da legislação.

Sob a perspectiva teórica, evidenciou-se a importância das políticas públicas que fomentem a aplicação dos conceitos de economia circular, bem como a necessidade de envolvimento dos *stakeholders* do processo. Como sugestão para estudos futuros, aponta-se a potencial avaliação dos impactos da adoção de políticas de extensão de responsabilidade do fabricante no Brasil sob a ótica financeira e operacional.

## REFERÊNCIAS

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. 3ª reimpressão da 1ª Edição de 2016. São Paulo: Edições 70, 2016.

BIOLCHINI, J.; MIAN, P. G.; NATTAN, L.; TRAVASSOS, G. H. **Systematic review in software engineering**. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2005.

CRESWELL, J. W. **Investigação qualitativa e projeto de pesquisa**: escolhendo entre cinco abordagens. São Paulo: Penso Editora Ltda. 3ª ed., 2014.

JAMES, A.T.; ASJAD, M.; KUMAR, G.; SHUKLA, C.P.; ARYA, V. Analyzing barriers for implementing new vehicle scrap policy in India. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v.114, 2023, 103568.

KUMAR, V.; VERMA, A.; KUMAR, A. What are the best practices for End-of-Life Vehicle management – A practical assessment of estimates, perceptions and policies. **Management of Environmental Quality**, v.34, n.6, 2023, p.1626–1646.

LIDER, M.; RASHID, A. Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of resource recovery, circular business models and enablers. **Journal of Cleaner Production**, v. 144, 2017, p. 12–23.

ZHANG, L et al. Collaborative approach for environmental and economic optimization based on life cycle assessment of end-of-life vehicles' dismantling in China. **Journal of Cleaner Production**, v. 276, 2020, 124288.

Sahil, S.S.P., Nayak, N. What affects consumer's participation in vehicle scrapping programmes? An empirical study on scrapping intentions. **Journal of Cleaner Production**, v.483, 2024, 144254.