v7.n8.2026

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

TRANSFORMAÇÃO DIGITAL E SUSTENTABILIDADE NA RECICLAGEM AUTOMOTIVA: IMPACTOS NO CICLO DE VIDA DO VEÍCULO E NA CADEIA ESG DAS CONCESSIONÁRIAS BRASILEIRAS

DIGITAL TRANSFORMATION AND SUSTAINABILITY IN AUTOMOTIVE RECYCLING: IMPACTS ON THE VEHICLE LIFE CYCLE AND THE ESG CHAIN OF BRAZILIAN DEALERSHIPS

TRANSFORMACIÓN DIGITAL Y SOSTENIBILIDAD EN EL RECICLAJE AUTOMOTRIZ: IMPACTOS EN EL CICLO DE VIDA DEL VEHÍCULO Y EN LA CADENA ESG DE LAS CONCESIONARIAS BRASILEÑAS

Luiz Henrique Lopes Vilas[1], Igor Byrro Vilas[2]

e788528
https://doi.org/10.47820/recima21.v7i8.8528

PUBLICADO: 08/2026

RESUMO

O setor de reciclagem automotiva no Brasil opera em um ambiente de crescente exigência regulatória, como a Lei 12.305/2010 e o Programa MOVER (Lei 14.902/2024), mas carece de protocolos digitais padronizados para monitorar a conformidade ambiental ao longo do ciclo de vida do veículo. Este artigo investiga como a transformação digital pode superar essa lacuna, com base na pesquisa de pós-doutorado conduzida pelo autor na Florida Christian University (FCU, 2023) e no estudo de caso da JR Diesel, maior recicladora de veículos pesados da América Latina, apresentado no 21.º International Automotive Recycling Congress (IARC, Basel, 2022). Posteriormente, ao lado de Igor Byrro Vilas (FGV EBAPE), o autor apresentou o programa MOVERDE no 25.º International Automotive Recycling Congress (IARC, Hamburgo, 2026), demonstrando os dados da Plataforma AutoVerde de 2020 a 2025 (VILAS, 2022a; VILAS; VILAS, 2026). Os resultados indicam que plataformas digitais de rastreabilidade ambiental são condição necessária para a integração das concessionárias na cadeia ESG e para a conformidade com o Programa MOVER a partir de 2027.

PALAVRAS-CHAVE: Transformação digital. Reciclagem automotiva. Economia circular. ESG. Rastreabilidade ambiental. Programa MOVER. Concessionária de veículos.

ABSTRACT

The Brazilian automotive recycling sector operates in an environment of increasing regulatory demand, such as Law 12.305/2010 and the MOVER Programme (Law 14.902/2024), but lacks standardised digital protocols to monitor environmental compliance throughout the vehicle life cycle. This article investigates how digital transformation can bridge this gap, based on postdoctoral research conducted by the author at Florida Christian University (FCU, 2023) and on the JR Diesel case study, Latin America's largest heavy vehicle recycler, presented at the 21st International Automotive Recycling Congress (IARC, Basel, 2022). Subsequently, alongside Igor Byrro Vilas (FGV EBAPE), the author presented the MOVERDE programme at the 25th International Automotive Recycling Congress (IARC, Hamburg, 2026), showcasing AutoVerde Platform data from 2020 to 2025 (VILAS, 2022a; VILAS; VILAS, 2026). Results indicate that digital environmental traceability platforms are a necessary condition for integrating dealerships into the ESG supply chain and for compliance with the MOVER Programme requirements from 2027 onwards.

[1] Doutor em Neuromarketing pela Florida Christian University e pós-doutor em Business Administration; fundador da Ouro Verde Meio Ambiente, com atuação em gestão ambiental e reciclagem automotiva.
[2] Estudante da Fundação Getúlio Vargas (FGV EBAPE), com atuação em sustentabilidade e economia circular.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

KEYWORDS: *Digital transformation. Automotive recycling. Circular economy. ESG. Environmental traceability. MOVER Programme. Vehicle dealership.*

RESUMEN
El sector de reciclaje automotriz en Brasil opera en un entorno de creciente exigencia regulatoria, como la Ley 12.305/2010 y el Programa MOVER (Ley 14.902/2024), pero carece de protocolos digitales estandarizados para monitorear el cumplimiento ambiental a lo largo del ciclo de vida del vehículo. Este artículo investiga cómo la transformación digital puede superar esa brecha, con base en la investigación de posdoctorado del autor en la Florida Christian University (FCU, 2023) y en el estudio de caso de JR Diesel, mayor recicladora de vehículos pesados de América Latina, presentado en el 21.º International Automotive Recycling Congress (IARC, Basel, 2022). Posteriormente, junto a Igor Byrro Vilas (FGV EBAPE), el autor presentó el programa MOVERDE en el 25.º International Automotive Recycling Congress (IARC, Hamburgo, 2026), demostrando los datos de la Plataforma AutoVerde de 2020 a 2025 (VILAS, 2022a; VILAS; VILAS, 2026). Los resultados indican que las plataformas digitales de trazabilidad ambiental son condición necesaria para la integración de las concesionarias en la cadena ESG y para el cumplimiento del Programa MOVER a partir de 2027.

PALABRAS CLAVE: *Transformación digital. Reciclaje automotriz. Economía circular. ESG. Trazabilidad ambiental. Programa MOVER. Concesionaria de vehículos.*

INTRODUÇÃO

O Brasil dispõe de um dos arcabouços regulatórios ambientais mais completos do mundo para o setor automotivo. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010) institui a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, incluindo veículos. O Programa MOVER, Mobilidade Verde e Inovação (Lei 14.902/2024), estabelece metas de reciclabilidade e exige, a partir de 2027, a mensuração da pegada de carbono 'do berço ao túmulo'. O Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR) torna obrigatório o rastreamento eletrônico de cada remessa de resíduo perigoso.

Apesar desse arcabouço, o setor de reciclagem automotiva brasileiro opera majoritariamente sem protocolos digitais padronizados. Vilas (2023), em pesquisa de pós-doutorado na FCU, identificou que os resultados 'destacam a falta de protocolos compartilhados e conhecimento sobre resíduos perigosos no setor automotivo' (VILAS, 2023, p. 24).

Problema de pesquisa. Desse diagnóstico emerge a pergunta central deste artigo: como a transformação digital, entendida como mudança sistêmica de modelo operacional (ROGERS, 2016; WESTERMAN; BONNET; MCAFEE, 2014), pode superar a lacuna de padronização digital e posicionar as concessionárias de veículos na cadeia ESG automotiva?

Objetivo geral. Demonstrar, com base em pesquisa empírica e em estudo de caso, como plataformas digitais de rastreabilidade ambiental transformam o papel das concessionárias no

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

ecossistema de sustentabilidade automotiva, conectando operação, conformidade legal, economia circular e ESG.

Objetivos específicos. (i) Caracterizar a lacuna digital do setor de reciclagem automotiva brasileiro e seus riscos legais, financeiros e estratégicos; (ii) analisar o estudo de caso da JR Diesel como evidência de que a digitalização converte a reciclagem artesanal em cadeia rastreável; (iii) descrever o protocolo da Plataforma AutoVerde e sua escalabilidade a partir dos dados de 2020 a 2025; e (iv) discutir as implicações do Programa MOVER e da eletrificação da frota para o papel das concessionárias na cadeia reversa.

Justificativa. A partir de 2027, a exigência de reciclabilidade e de mensuração da pegada de carbono do Programa MOVER deixará de ser recomendação para tornar-se condição de conformidade. Concessionárias sem rastreabilidade digital ficarão expostas a passivos ambientais ocultos e à exclusão da cadeia de fornecimento das montadoras com requisitos ESG documentados. Compreender como a transformação digital viabiliza essa conformidade em escala é, portanto, questão de relevância prática imediata para o setor e de contribuição científica para a gestão ambiental automotiva.

Esse percurso de pesquisa aplicada deu-se em contexto internacional: em 2022, o autor apresentou, no 21.º International Automotive Recycling Congress (IARC, Basel, Suíça), o estudo de caso da JR Diesel, maior recicladora de veículos pesados da América Latina; em 2026, ao lado de Igor Byrro Vilas (FGV EBAPE), o programa MOVERDE foi apresentado no 25.º IARC (Hamburgo) (VILAS, 2022a; VILAS; VILAS, 2026).

A escolha do setor de reciclagem automotiva como objeto justifica-se por sua posição singular: ele é, ao mesmo tempo, um dos maiores geradores de resíduos perigosos em ambiente urbano e um dos elos menos estudados da cadeia de sustentabilidade automotiva, o que abre espaço para contribuição científica original.

O problema ganha urgência diante da escala: são mais de mil concessionárias monitoradas pela pesquisa, em 217 cidades e 25 estados, cada uma gerando de forma contínua resíduos perigosos e não perigosos cuja destinação precisa ser comprovada. Sem um instrumento digital comum, a conformidade permanece dependente de registros manuais dispersos, frágeis diante de qualquer verificação, e é essa fragilidade que a transformação digital se propõe a corrigir.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

1.1. Transformação digital: conceito e dimensões estratégicas

A transformação digital é definida por Rogers (2016) como a reconfiguração de negócios, processos e modelos a partir das capacidades das tecnologias digitais, e não como a mera informatização de tarefas isoladas. O autor organiza essa reconfiguração em cinco domínios estratégicos (clientes, competição, dados, inovação e valor), cujo denominador comum é o uso de dados como ativo central de decisão. Westerman, Bonnet e McAfee (2014) complementam essa visão ao descrever a transformação digital como a integração de tecnologia digital em todas as áreas de um negócio, alterando fundamentalmente como a organização opera e entrega valor; para os autores, a maturidade digital resulta da combinação de intensidade tecnológica com intensidade de gestão. Vilas (2023) transpõe esses conceitos ao setor de reciclagem automotiva e posiciona a transformação digital como condição de viabilidade da conformidade ambiental em escala, argumentando que 'ferramentas de transformação digital sejam desenvolvidas e implementadas para garantir no setor o gerenciamento das políticas de *compliance* ESG' (VILAS, 2023, p. 18).

No caso brasileiro, a baixa maturidade digital do setor de reciclagem não decorre de barreira tecnológica, mas de barreira organizacional: os equipamentos e os sistemas existem e são acessíveis, porém faltam padronização, integração de dados e cultura de registro. É precisamente nesse ponto que a transformação digital se distingue da simples informatização, ela exige rever o modelo operacional, e não apenas digitalizar rotinas isoladas.

1.2. ESG como processo mensurável

ESG, que significa *Environmental, Social and Governance*, é definido por Serafeim (2020) como um processo de medição, gestão e comunicação de resultados ambientais, sociais e de governança, e não como um rótulo reputacional. O elemento central dessa concepção é que ESG é processo, não declaração de intenções: sem capacidade de medição e evidência auditável, os compromissos ambientais permanecem retóricos. A ausência dessa capacidade de mensuração digital configura o que a literatura denomina *greenwashing*, a aparência de sustentabilidade sem sua substância (LAUFER, 2003). No setor automotivo, em que as montadoras passaram a exigir das redes de concessionárias evidências documentais de destinação de resíduos, a mensurabilidade digital torna-se o que separa a adesão formal ao discurso ESG da efetiva integração à cadeia de valor.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Aplicado às concessionárias, o pilar ambiental (E) concentra-se na gestão de resíduos, efluentes e emissões; o social (S), nas condições de trabalho e no relacionamento com clientes e comunidade; e o de governança (G), na transparência e na rastreabilidade das práticas. É no pilar ambiental que a rastreabilidade digital produz efeito mais imediato, pois converte práticas operacionais em indicadores comparáveis, condição para que a concessionária seja avaliada, e não apenas declarada, sustentável.

1.3. Economia circular: dos fundamentos à aplicação automotiva

O conceito de economia circular remonta à *Spaceship Economy* de Boulding (1966), que antecipou a insustentabilidade de um modelo econômico linear (extrair, produzir, descartar) em um planeta de recursos finitos. A Ellen MacArthur Foundation (2015) formalizou o conceito contemporâneo e propôs o *framework ReSOLVE*, que organiza a transição em seis grupos de ações: Regenerar, Compartilhar, Otimizar, Fazer circular (*loop*), Virtualizar e Trocar. Aplicado ao ciclo de vida automotivo, o modelo desloca o foco do descarte para a recuperação de valor:

> A preocupação com a sustentabilidade deve ser analisada durante todo o ciclo de vida do veículo, incluindo o reuso de suas peças, reciclagem de seus componentes e descarte ambientalmente adequado de seus resíduos, o que cria uma grande empatia com o conceito de economia circular, que é uma estrutura de solução de sistemas que aborda desafios globais como mudanças climáticas, perda de biodiversidade, resíduos e poluição. (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2015 apud VILAS, 2023, p. 18)

No setor de reciclagem de veículos, aplicar a economia circular significa tratar o veículo em fim de vida não como sucata, mas como estoque de peças, componentes e materiais recuperáveis, o que só é possível quando a origem, a qualidade e a destinação de cada item são rastreáveis.

Na prática automotiva, esses princípios traduzem-se em uma hierarquia de recuperação de valor, do reuso direto de peças e componentes, passando pela remanufatura e pela reciclagem de materiais, até a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos. Quanto mais alta a posição nessa hierarquia, maior o valor preservado e menor o impacto ambiental; e cada nível exige, para ser auditável, o registro digital da condição, da origem e do destino do item recuperado.

1.4. Rastreabilidade ambiental: MTR, SINIR, CDF e RAPP

O sistema brasileiro de rastreabilidade ambiental é composto por quatro instrumentos: o Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR), emitido via SINIR a cada remessa; o Certificado

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

de Destinação Final (CDF), emitido pelo destinador após o tratamento; o Relatório Anual de Atividades Potencialmente Poluidoras (RAPP), enviado ao IBAMA via Cadastro Técnico Federal (CTF); e o próprio SINIR, que consolida os dados em tempo real. A esses instrumentos soma-se a classificação de resíduos da NBR 10.004:2024 (BRASIL, 2024), que distingue resíduos perigosos e não perigosos e orienta a destinação, no caso automotivo, óleos lubrificantes usados regidos pela Resolução CONAMA nº 362/2005 (BRASIL, 2005), filtros, fluidos e baterias. Plataformas como a AutoVerde integram essa cadeia documental, automatizando a emissão de MTRs e consolidando os dados para o RAPP anual, de modo que a conformidade deixa de depender de registros manuais dispersos e passa a ser demonstrável a qualquer momento.

A integração digital desses instrumentos é o que converte obrigações dispersas em um fluxo único de conformidade. Quando a emissão do MTR, o arquivamento do CDF e a consolidação do RAPP ocorrem na mesma plataforma, cada resíduo gerado passa a ter um histórico completo, da origem à destinação final, verificável a qualquer momento por órgãos ambientais, montadoras ou auditores. É essa continuidade documental, e não o cumprimento pontual de cada exigência isolada, que caracteriza a conformidade ambiental madura e a distingue de um conjunto de registros avulsos.

1.5. O papel estratégico das concessionárias na cadeia reversa

As concessionárias de veículos são, simultaneamente, o principal gerador de resíduos perigosos veiculares em escala urbana e o ponto de contato regular entre montadora e usuário final. Com o Programa MOVER (Lei 14.902/2024), essa posição estratégica converte-se em responsabilidade formal: a exigência de que 80% a 95% dos materiais dos veículos sejam reutilizáveis ou recicláveis a partir de 2027 impacta diretamente as práticas de destinação de resíduos das redes de concessionárias e transfere para elas parte da responsabilidade pela reciclabilidade do produto. A concessionária passa, assim, de elo comercial a nó de governança ambiental da cadeia automotiva.

A escala urbana desse papel é frequentemente subestimada. Cada concessionária gera, de forma rotineira, óleos lubrificantes usados, filtros, fluidos, baterias, pneus e sucata metálica, resíduos que, somados em uma rede nacional, representam volume ambientalmente significativo. Concentrar a responsabilidade pela destinação correta nesse ponto da cadeia, como faz o Programa MOVER, é coerente com a lógica da responsabilidade compartilhada da Lei 12.305/2010, mas só é exequível se acompanhado de instrumentos de rastreabilidade capazes de comprovar o cumprimento em cada unidade.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

1.6. *Benchmark* internacional da reciclagem automotiva

A dimensão do desafio brasileiro fica evidente na comparação internacional. Nos Estados Unidos e no Japão, entre 80% e 95% dos veículos que saem de circulação são encaminhados à reciclagem formal; no Brasil, menos de 2% seguem esse caminho. Essa distância não decorre de ausência de tecnologia, mas de ausência de padronização e de rastreabilidade. O pós-doutorado que fundamenta este artigo incluiu visitas técnicas a referências internacionais do setor, a Valorcar (sistema português de gestão de veículos em fim de vida), a *Thommen Recycling* (Suíça), a *Auto Recycling Nederland* (Holanda) e operações de montadoras nos Estados Unidos (Hyundai, além do NADA Show), cujo traço comum é a integração digital entre desmontagem, rastreabilidade de peças e destinação de resíduos. O *International Automotive Recycling Congress* (IARC), maior congresso mundial do setor, tem sido a arena em que o Brasil, antes apresentado como caso de atraso, passou a ser apresentado como caso de transformação (VILAS, 2022a; VILAS; VILAS, 2026).

Cada uma dessas experiências reforça um mesmo diagnóstico: a diferença entre os países de alta taxa de reciclagem e o Brasil não está na existência de tecnologia de desmontagem, mas na existência de sistemas digitais que conectam origem, rastreabilidade e destinação. Em Portugal, a Valorcar coordena uma rede nacional de operadores licenciados sob metas de reutilização e reciclagem; na Suíça e na Holanda, plantas como a Thommen e a rede da *Auto Recycling Nederland* integram triagem e controle documental dos fluxos de materiais. É essa integração, mais do que qualquer equipamento isolado, que o setor brasileiro precisa replicar, e que a digitalização torna viável em escala. Há, nesse percurso, uma transformação de fundo que o setor ainda pouco reconhece: uma atividade historicamente associada ao 'ferro-velho' e à informalidade tornou-se, em empresas pioneiras, referência de gestão e sustentabilidade comparável às melhores operações do mundo. Documentar essa transformação com evidência empírica, e não apenas com discurso, é parte do que este artigo se propõe a fazer.

2. METODOLOGIA

Esta pesquisa caracteriza-se como aplicada, de natureza qualiquantitativa, com dois componentes metodológicos complementares. O primeiro é a análise de dados empíricos da Plataforma AutoVerde (2020–2025), que cobre mais de 1.000 concessionárias distribuídas por 217 cidades e 25 estados. O segundo é o estudo de caso da JR Diesel, maior recicladora de veículos pesados da América Latina, localizada em São Paulo, apresentado pelo autor no 21.º

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

International Automotive Recycling Congress (IARC, Basel, 2022). A base bibliográfica principal é o Memorial de Conclusão do Pós-Doutorado em *Business Administration* (VILAS, 2023), desenvolvido na FCU, cujo objeto de pesquisa foi 'Impactos da tecnologia digital na sustentabilidade do setor de reciclagem automotiva'. O desenho da pesquisa é multissítio: a metodologia incluiu visitas a universidades, entidades e empresas no Brasil, na Europa e nos Estados Unidos, participação em congressos internacionais e elaboração de artigo científico inédito com base no estudo de caso.

A coleta de dados do estudo de caso da JR Diesel foi realizada de forma presencial, durante visita técnica conduzida pelo Prof. Luiz Henrique Lopes Vilas à sede da empresa, em São Paulo, no âmbito da pesquisa de pós-doutorado (2021–2022). Foram empregadas três técnicas complementares, próprias do estudo de caso qualitativo: (i) observação direta da operação, acompanhamento in loco das etapas da cadeia circular da empresa, do leilão à expedição, incluindo a linha de desmontagem, a classificação de peças em três níveis de qualidade (A, B e C) e o sistema de captação e reúso de água de chuva em circuito fechado; (ii) entrevistas semiestruturadas com a gestão e as equipes operacionais, voltadas à compreensão dos processos de rastreabilidade, controle de estoque e conformidade documental; e (iii) análise documental de registros internos, quantitativo de veículos desmontados, certificados de destinação final (CDF) de resíduos perigosos, selos de origem do DETRAN e dados do sistema digital de estoque. A triangulação dessas fontes permitiu validar os indicadores apresentados no 21.º IARC (Basel, 2022), como os 14.528 caminhões desmontados até outubro de 2021 e a redução estimada de 67 mil toneladas de CO_2.

A visita técnica foi documentada em registro audiovisual público, o que confere transparência e verificabilidade à coleta de dados (disponível em: https://youtu.be/I7hrBET8n7s). O componente quantitativo apoia-se na base operacional da Plataforma AutoVerde, aplicativo por meio do qual as concessionárias realizam autoinspeções semanais com evidência fotográfica, monitoramento mensal de indicadores (energia, água, resíduos e emissões de gases de efeito estufa), emissão de MTRs por remessa e consolidação anual do RAPP. Entre 2020 e 2025, o sistema acumulou 707.200 registros de autoinspeção, tratados aqui como base empírica da escalabilidade do protocolo.

A análise combinou os dois componentes por triangulação: os achados qualitativos da visita à JR Diesel foram confrontados com os indicadores quantitativos da Plataforma AutoVerde e com a literatura de referência, de modo que cada proposição do artigo se apoia em pelo menos duas fontes independentes. Os dados operacionais foram organizados nas dimensões de

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

rastreabilidade, conformidade documental e resultados ambientais, categorias que estruturam também a apresentação dos resultados nas seções seguintes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. O diagnóstico do setor: a lacuna digital como risco sistêmico

A pesquisa de pós-doutorado (VILAS, 2023) identificou que o perfil do setor é marcado por amplitude operacional e ausência de padronização digital: 'um trabalho ainda muito artesanal, limitado ao espaço que se possui e à mão de obra disponível, dando origem a uma oscilação muito grande no padrão de qualidade, marcada pela ausência de um controle e rastreabilidade de estoque e das operações' (VILAS, 2023, p. 16). Essa ausência impacta em três dimensões: legal (impossibilidade de demonstrar conformidade), financeira (passivos ocultos que emergem em auditorias, conforme a Resolução BACEN 4.327/2014) e estratégica (exclusão da cadeia de fornecimento de montadoras com exigências ESG documentadas). A lacuna digital, portanto, não é uma deficiência operacional isolada, mas um risco sistêmico que se materializa nos três planos simultaneamente.

Do ponto de vista financeiro, a ausência de rastreabilidade cria passivos que permanecem invisíveis até serem revelados por auditorias, fiscalizações ou operações de *due diligence*, momento em que o custo de regularização é máximo. Do ponto de vista estratégico, montadoras que assumiram compromissos públicos de descarbonização passaram a auditar suas cadeias de fornecimento, de modo que a concessionária incapaz de demonstrar destinação adequada de resíduos tende a ser progressivamente excluída dos programas e benefícios das marcas que representa.

3.2. Estudo de caso: JR Diesel e a transformação digital aplicada

Fundada em 1985 e instalada em uma área de 10.500 m² em São Paulo, a JR Diesel demonstra como a transformação digital, sistematicamente aplicada, converte a conformidade ambiental em vantagem competitiva. A empresa reorganizou sua operação por meio de *benchmarking* deliberado com outros setores: adotou da indústria farmacêutica a lógica de rastreabilidade; da moda, a numeração de peças e a escala de qualidade; e do mercado norte-americano, o modelo de grande volume, estoque integrado e canais de distribuição. O resultado é uma cadeia circular estruturada em oito etapas (leilão, verificação de documentos e origem, desmontagem, reciclagem, controle de qualidade, estoque, embalagem e expedição), na qual cada peça recebe código de rastreio, é fotografada, classificada em três níveis (A, B e C) e

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

disponibilizada com nota fiscal e procedência comprovada. Indicadores da operação confirmam o salto: o tempo de desmontagem de um caminhão caiu de dois a três dias para cerca de duas horas; a água de processo é captada da chuva e reutilizada em circuito fechado; os motores recebem selo do DETRAN, e os resíduos perigosos têm CDF arquivado. Até outubro de 2021, a empresa havia desmontado 14.528 caminhões, evitando a emissão estimada de 67 mil toneladas de CO_2.

Os ganhos ambientais da operação são igualmente expressivos. O sistema de captação e reúso de água de chuva em circuito fechado reduz o consumo de água potável no processo; a reciclagem de materiais evita a extração de matéria-prima virgem, respondendo pela redução estimada de CO_2; e o selo do DETRAN aposto aos motores funciona como mecanismo de rastreabilidade de origem, combatendo o mercado de peças de procedência ilícita. Trata-se de exemplo concreto de como a economia circular, quando digitalmente rastreada, gera simultaneamente valor econômico, ambiental e reputacional.

Quadro 1. Transformação digital na JR Diesel: dimensões e resultados (21.º IARC, Basel, 2022)

Dimensão	Solução digital implementada	Impacto
Rastreabilidade de peças	Código de rastreio em cada componente desmontado	Cadeia de custódia do veículo à peça
Educação do consumidor	Plataforma digital de verificação de legalidade	Distinção entre desmonte legal e irregular
Gestão de estoque	Sistema digital de controle padronizado	Eliminação da oscilação de qualidade por operador
Distribuição de peças	Canal digital com padrão de qualidade	Acesso ao mercado formal com garantia de procedência
Conformidade ESG	Integração com métricas ESG e de economia circular	Atração de investidores e parceiros institucionais

Fonte: Vilas (2023). Estudo de caso JR Diesel, 21.º IARC, Basel, 2022.

O contraste com o retrato do setor há quinze anos evidencia a dimensão da mudança. Naquele período, os centros de desmontagem operavam sem foco em produtividade, sem visão industrial, com profissionais desqualificados e sem controle de estoque; apenas a JR Diesel rastreava peças, e pairava sobre o setor a suspeita de ilegalidade. A superação desse quadro não resultou de um único investimento tecnológico, mas da combinação entre digitalização e reorganização de processos, a mesma lógica que o Programa MOVER passará a exigir de toda a cadeia a partir de 2027. A experiência da empresa foi determinante, inclusive, para a

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

construção do marco legal do setor, ao servir de referência para a regulamentação do desmanche veicular no país.

3.3. A Plataforma AutoVerde: protocolo digital replicável

Se a JR Diesel demonstra a transformação digital no elo da reciclagem, a Plataforma AutoVerde demonstra sua replicabilidade no elo das concessionárias. A plataforma operacionaliza o programa MOVERDE, que integra três elementos: a metodologia PÉROLA (organizando os pilares operacionais da gestão ambiental: Pessoas, Efluentes, Resíduos, Óleos, Legislação e Ação imediata), a própria plataforma digital de monitoramento contínuo e o reconhecimento de excelência perante a Global Zero Waste. Disponível como aplicativo, a AutoVerde estrutura-se em 33 questões que cobrem os capítulos da Norma Internacional Lixo Zero, cada uma com status, prazo e exigência de evidência fotográfica ou documental, exibindo o índice de conformidade em tempo real em um *dashboard*. Os dados de 2020 a 2025 demonstram que a digitalização da gestão ambiental é escalável.

Quadro 2. Protocolo AutoVerde: quatro camadas de rastreabilidade digital (2020–2025)

Camada	Frequência	Instrumento digital	Resultado
Autoinspeção	Semanal	Checklist fotográfico via app	707.200 registros com evidência
Monitoramento	Mensal	Painel: energia, água, resíduos, GEE	96% de conformidade (caso referência)
Rastreab. resíduos	Por remessa	MTR eletrônico via SINIR	2.040 t perigosos + 4.080 t recicláveis
Consolidação	Anual	RAPP via CTF/IBAMA	Conformidade legal documentada

Fonte: Vilas; Vilas (2026). Dados da Plataforma AutoVerde, 2020–2025.

Um traço distintivo da AutoVerde é sua base comportamental: concebida a partir de princípios de neuroeconomia e da lógica de formação de hábitos, a plataforma estimula a adesão por meio de rotinas simples, repetitivas e orientadas à ação, como a autoinspeção semanal com registro fotográfico. Ao transformar o monitoramento ambiental em hábito operacional, e não em tarefa esporádica, a ferramenta ataca a causa da lacuna diagnosticada, a descontinuidade do registro, e não apenas seus sintomas. Foi essa continuidade que, nos casos analisados, converteu anos de prática ambiental em um acervo de evidências pronto para o reconhecimento.

O instrumento distribui as 33 questões por categorias que espelham a estrutura da Norma Internacional Lixo Zero (introdução, contextualização, liderança e compromisso, planejamento e estratégias, apoio, operação e avaliação), cada qual exigindo evidência

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

verificável. O desempenho é convertido em uma escala de reconhecimento cujos níveis mais altos, Prata (60 a 79 pontos) e Ouro (80 a 100 pontos), demandam, respectivamente, sistema de gestão estruturado e excelência com liderança comprometida e cultura de melhoria contínua. Esse encadeamento entre evidência digital e nível de reconhecimento é o que permite tratar a conformidade ambiental como um dado gerenciável, e não como uma autodeclaração.

3.4. O Programa MOVER e as implicações para as concessionárias

O Programa MOVER (Lei 14.902/2024) redefine o papel das concessionárias na cadeia automotiva sustentável em três dimensões: (1) a exigência de que 80% a 95% dos materiais dos veículos sejam reutilizáveis ou recicláveis a partir de 2027 impõe gestão com rastreabilidade comprovada; (2) a mensuração da pegada de carbono 'do berço ao túmulo' exige monitoramento digital dos Escopos 1, 2 e 3 de emissões de gases de efeito estufa; e (3) os créditos de reciclagem dependem de MTRs e CDFs arquivados digitalmente. A transformação digital deixa, assim, de ser opção estratégica e se torna condição de conformidade regulatória.

O cronograma reforça a urgência: a vigência das metas a partir de 2027 significa que as concessionárias dispõem de uma janela curta para consolidar a infraestrutura digital necessária. A mensuração da pegada de carbono ao longo de todo o ciclo de vida exige capturar dados dos três escopos de emissões (as diretas, as associadas à energia adquirida e as indiretas da cadeia de valor), tarefa impraticável sem sistemas que registrem, de forma contínua e auditável, os fluxos de materiais e resíduos de cada unidade.

3.5. Caso Nova Toriba: Selo Ouro Lixo Zero e digitalização completa

O caso da Nova Toriba Veículos, concessionária Renault em São Paulo que atende mais de 20 mil clientes por ano, ilustra a convergência entre transformação digital e economia circular. Após cerca de sete anos de consultoria da Ouro Verde Meio Ambiente (2018–2025), com implementação progressiva do protocolo AutoVerde (autoinspeção semanal, emissão de MTRs, arquivamento de CDFs, treinamento das equipes e atualização do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos), a unidade conquistou em julho de 2025 o Selo Ouro de Reconhecimento Lixo Zero, emitido pela Zeros, representante da Global Zero Waste (GZW) no Brasil, tornando-se a primeira concessionária Renault do Brasil a alcançar esse nível (VILAS, 2026). Elemento decisivo foi a digitalização completa das rotinas de monitoramento ambiental, com eliminação total do uso de papel em autoinspeções, auditorias e gestão. O caso confirma um padrão observado também no Grupo Cometa (Hyundai, Mato Grosso), primeira concessionária brasileira a obter o nível Ouro: o reconhecimento é rápido quando existe base digital preexistente, pois

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

grande parte das exigências da norma já está atendida e documentada. Entre os resultados percebidos estão a redução de rejeitos, o aumento do volume destinado à reciclagem e à logística reversa, maior integração entre áreas e fortalecimento da imagem institucional alinhada às diretrizes ESG.

Os dois casos pioneiros, Grupo Cometa e Nova Toriba, permitem extrair lições convergentes: a base ambiental preexistente é o ativo mais importante, pois não se alcança o nível Ouro sem ter feito o básico antes; um PGRS completo resolve grande parte das exigências da norma; a digitalização é o diferencial operacional que conecta responsável ambiental, equipe, liderança e consultoria em um fluxo único de informação; o engajamento da alta direção é condição, não opção; e o reconhecimento é o início de um ciclo de melhoria contínua, não seu fim, já que o selo tem validade anual e exige renovação.

Quadro 3. Os dois primeiros Reconhecimentos Lixo Zero Ouro em concessionárias brasileiras

Concessionária	Montadora / Local	Jornada até o Ouro	Fator decisivo
Grupo Cometa	Hyundai / Mato Grosso	Cerca de 2 meses	Base digital preexistente (histórico AutoVerde e PGRS completo)
Nova Toriba	Renault / São Paulo	Consultoria desde 2018; Selo em jul. 2025	Digitalização completa das rotinas (100% sem papel)

Fonte: Vilas; Vilas (2026).

Esses resultados ganharam projeção internacional: os dados da Plataforma AutoVerde, que somam 707.200 autoinspeções em mais de 1.000 concessionárias distribuídas por 217 cidades e 25 estados, e o caso Nova Toriba (Selo Ouro Lixo Zero, julho de 2025) foram apresentados no 25.º IARC (Hamburgo, 2026) por Luiz Henrique Lopes Vilas e Igor Byrro Vilas (FGV EBAPE) (VILAS; VILAS, 2026).

3.6. Discussão: convergência das evidências e a fronteira da eletrificação

Os três níveis de evidência convergem para uma mesma proposição: a rastreabilidade digital é a condição que separa a intenção ambiental da conformidade demonstrável. A JR Diesel prova a viabilidade técnica no elo da reciclagem; a Plataforma AutoVerde prova a escalabilidade no elo das concessionárias; e o caso Nova Toriba prova que a convergência entre digitalização e economia circular produz reconhecimento internacional comprovado. Comparado às referências internacionais visitadas, o modelo brasileiro que emerge desses casos não é

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

tecnologicamente inferior, a distância em relação às taxas de reciclagem de 80% a 95% dos Estados Unidos e do Japão é, sobretudo, de padronização e de rastreabilidade, precisamente o que a digitalização endereça.

A fronteira seguinte é a eletrificação da frota. O debate do 25.º IARC (Hamburgo, 2026) deslocou o foco para a mineração urbana: veículos elétricos são concentrações de minerais críticos (lítio, cobalto, níquel, cobre e manganês) cuja recuperação ao fim da vida útil passa a ser estratégica, movimento em que a China já lidera parte relevante do mercado de baterias. Nesse cenário, as concessionárias são identificadas como a interface inicial da cadeia de reciclagem de baterias, o primeiro ponto em que se diagnostica o fim de vida útil e se decide o destino do componente. Com o crescimento acelerado dos emplacamentos de veículos eletrificados no Brasil (ABVE, 2025), a mesma lacuna digital hoje observada na reciclagem convencional tende a se reproduzir, agora sobre um passivo ambiental mais complexo e de maior valor. A infraestrutura digital consolidada pela AutoVerde constitui, assim, uma base já disponível para estender a rastreabilidade a esse novo desafio.

Esse movimento não é isolado. No mesmo congresso, montadoras globais apresentaram estratégias de circularidade (metas de zero emissão de CO_2 em novos veículos, extensão do ciclo de vida dos produtos e redução do envio de resíduos a aterro), e a recuperação de baterias já mineradas mostrou-se mais eficiente do que a extração de nova matéria-prima. Para as concessionárias brasileiras, a implicação é direta: ao se tornarem o ponto de entrada da cadeia reversa de baterias, precisarão de protocolos digitais capazes de registrar origem, estado e destino de cada componente, exatamente a competência que plataformas como a AutoVerde já consolidaram para os resíduos convencionais. A convergência entre a exigência regulatória do Programa MOVER e a pressão das próprias montadoras por redes alinhadas ao ESG antecipa um cenário em que a rastreabilidade digital deixa de ser diferencial e passa a ser pré-requisito de participação na cadeia.

Nesse contexto, a trajetória brasileira apresentada nos congressos internacionais adquire valor estratégico: ao evoluir, em pouco mais de uma década, de um setor informal para casos concretos de concessionárias com reconhecimento internacional de excelência, o país demonstra que o salto de conformidade é possível em prazos curtos quando a base digital antecede a exigência regulatória. A lição para a fase da eletrificação é clara: construir desde já a rastreabilidade que só será cobrada adiante.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo demonstrou que a transformação digital é condição necessária para que as concessionárias de veículos integrem a cadeia ESG automotiva e cumpram as exigências do Programa MOVER a partir de 2027. Os três níveis de evidência convergem: o estudo de caso da JR Diesel (VILAS, 2023) demonstra que a digitalização transforma a reciclagem artesanal em cadeia rastreável; os dados da Plataforma AutoVerde (2020–2025) provam que a escala é possível, com mais de 1.000 concessionárias, 707.200 registros de autoinspeção e conformidade mensurável; e o caso Nova Toriba confirma que a convergência entre digitalização e economia circular produz reconhecimento internacional comprovado.

Como limitações, reconhece-se que o componente qualitativo apoia-se em um estudo de caso único no elo da reciclagem e que os indicadores da Plataforma AutoVerde refletem concessionárias que aderiram voluntariamente ao protocolo, o que sugere cautela na generalização. Pesquisas futuras devem endereçar: (1) a extensão do protocolo digital a máquinas agrícolas e caminhões; (2) a integração entre plataformas de gestão ambiental automotiva e os sistemas de inventário de emissões de Escopo 3 das montadoras; e (3) o impacto da eletrificação da frota sobre a cadeia de resíduos, especialmente o gerenciamento de baterias de veículos elétricos, cujos passivos ambientais ainda não têm protocolo consolidado no Brasil. Em síntese, a rastreabilidade digital ambiental deixa de ser diferencial competitivo e torna-se, no horizonte de 2027, requisito de permanência das concessionárias na cadeia automotiva.

Do ponto de vista prático, os achados sugerem que o caminho mais eficiente para a adequação não é a adoção tardia e apressada de tecnologia às vésperas de 2027, mas a construção antecipada de uma base digital de registro, a mesma que, nos casos estudados, converteu-se em velocidade e em reconhecimento. Do ponto de vista teórico, o trabalho contribui ao articular, em um mesmo modelo, transformação digital, economia circular e ESG aplicados a um setor até aqui pouco estudado pela literatura de gestão.

REFERÊNCIAS

ABVE. *Relatório anual de emplacamentos 2025*. São Paulo: ABVE, 2025.

BOULDING, K. E. The economics of the coming Spaceship Earth. In: JARRETT, H. (org.). *Environmental Quality in a Growing Economy*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1966. p. 3–14.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução CONAMA nº 362, de 23 de junho de 2005*. Brasília: CONAMA, 2005.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

BRASIL. *Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010*. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília: Casa Civil, 2010.

BRASIL. *Lei nº 14.902, de 25 de junho de 2024*. Institui o Programa MOVER, Mobilidade Verde e Inovação. Brasília: Casa Civil, 2024.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. *Towards a Circular Economy: Business Rationale for an Accelerated Transition*. Cowes: EMF, 2015.

LAUFER, W. S. Social accountability and corporate greenwashing. *Journal of Business Ethics*, v. 43, n. 3, p. 253–261, 2003.

ROGERS, D. L. *The Digital Transformation Playbook: Rethink Your Business for the Digital Age*. New York: Columbia University Press, 2016.

SERAFEIM, G. Social-impact efforts that create real value. *Harvard Business Review*, v. 98, n. 5, p. 38–48, 2020.

VILAS, L. H. L. Automotive recycling in Brazil: the JR Diesel experience. In: *21.º IARC – International Automotive Recycling Congress*. Basel: IARC, 2022a.

VILAS, L. H. L. *Estudo de caso JR Diesel: memorial de pós-doutorado* [registro audiovisual]. [S. l.]: YouTube, 2022b. 1 vídeo. Disponível em: https://youtu.be/l7hrBET8n7s. Acesso em: 15 jul. 2026.

VILAS, L. H. L. *Brasil: impactos da tecnologia digital na sustentabilidade do setor de reciclagem automotiva*. Memorial de Conclusão do Postdoctoral Program in Business Administration. Florida Christian University, Orlando, 2023.

VILAS, L. H. L.; VILAS, I. MOVERDE: programa de gestão ambiental e economia circular. In: *25.º IARC – International Automotive Recycling Congress*. Hamburgo: IARC, 2026.

WESTERMAN, G.; BONNET, D.; MCAFEE, A. *Leading Digital: Turning Technology into Business Transformation*. Boston: Harvard Business Review Press, 2014.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.