

4º ANUÁRIO BRASILEIRO DA MOBILIDADE ELÉTRICA

*Desafios, oportunidades e políticas
públicas para a mobilidade elétrica
no Brasil*



PNME

*Plataforma Nacional
de Mobilidade Elétrica*

4º ANUÁRIO BRASILEIRO DA MOBILIDADE ELÉTRICA

Desafios, oportunidades e políticas públicas
para a mobilidade elétrica no Brasil

EDIÇÃO DE 2024

PLATAFORMA NACIONAL DE MOBILIDADE ELÉTRICA

FICHA TÉCNICA

Autoria:

Ana Carolina Maia Angelo, André Fortes Chaves, Arthur Henrique Teixeira Barros, Bruno Portella, Camila Gramkow, Edgar Barassa, Fernando Corrêa, Gabriela de Souza Oliveira, Hudson Zanin, Isabella Lage Soares, José Antônio do Nascimento, Juliana Leite da Silva, Julio Cesar Luchesi de Freitas, Lino Guimarães Marujo, Lorena Mirela Ricci, Lorena Tameirão de Moura Correa, Marcio de Almeida D'Agosto, Marco Antonio da Silva, Marcos Gonçalves Vieira Mendes, Maria de Fátima Negreli Campos Rosolem, Mariana Müller Barcelos, Pollyana Rego, Rafael Augusto Seixas Reis de Paula, Raul Fernando Beck, Renato Nunes Souza, Robson Ferreira da Cruz, Rodrigo Dalmarco Warmling, Tatiana Araujo, Valério Marochi, Veríssimo de Souza Junior, Virginia Tavares, Weder Lopes Peixoto.

Revisão técnica:

Rafael Augusto Seixas Reis de Paula

Revisões ortográficas e gramaticais:

Júlia Pinheiro Damasceno Páscoa

Projeto gráfico:

Jade Alves Pereira

Nota legal:

As informações expressas nesta publicação são de responsabilidade de seus respectivos autores. Os conteúdos e o teor das análises publicadas não necessariamente refletem a opinião de todos os colaboradores envolvidos na produção do Anuário, bem como dos integrantes dos Conselhos Diretivos e das instituições que coordenam a iniciativa.

A duplicação ou reprodução de todo ou partes e distribuição para fins não comerciais é permitida, desde que a PNME seja citada como fonte da informação. Para usos comerciais, incluindo duplicação, reprodução ou distribuição de todo ou trechos deste estudo, é necessário o consentimento por escrito da Plataforma Nacional de Mobilidade Elétrica.



Capítulos	Página
APRESENTAÇÃO	06
01	
INTRODUÇÃO	08
02	
INFRAESTRUTURA DE RECARGA NO BRASIL: AVANÇOS E DESAFIOS	19
03	
POLÍTICAS PÚBLICAS: AVANÇOS E DESAFIOS PARA ELETROMOBILIDADE	36
04	
ELETRIFICAÇÃO DO TRANSPORTE DE CARGA	57
05	
ESTRATÉGIAS E PERSPECTIVAS EM PROL DA CADEIA DE ÔNIBUS ELÉTRICOS NO BRASIL: A IMPORTÂNCIA DE UM PLANO NACIONAL PARA O SETOR	81
06	
AVANÇOS NO BRASIL NA CADEIA DE VALOR DAS BATERIAS PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS	97
07	
OPORTUNIDADES DE FOMENTO À INOVAÇÃO PARA ALAVANCAR A MOBILIDADE ELÉTRICA NO BRASIL - DA CAPTAÇÃO DE RECURSOS À REDUÇÃO DE CARGA TRIBUTÁRIA	114
08	
ESPECIAIS	
ESPECIAL 01 - DESMONTAGEM E RECICLAGEM DE VEÍCULOS ELÉTRICOS: DO BERÇO AO TÚMULO	136
ESPECIAL 02 - DESCARBONIZAR O TRANSPORTE URBANO DE CARGA DEVE SER PRIORIDADE, MAS FALTAM POLÍTICAS PÚBLICAS	150
ESPECIAL 03 - ENTREVISTA	156
09	
AUTORES(AS)	163
10	
CONSIDERAÇÕES FINAIS	172
11	
GLOSSÁRIO	175

APRESENTAÇÃO

É com grande entusiasmo que apresentamos o 4º Anuário da Mobilidade Elétrica, uma publicação essencial para o entendimento e o aprofundamento sobre as dinâmicas da mobilidade elétrica no Brasil. Este anuário, sob a responsabilidade da PNME, é fruto do esforço colaborativo de mais de 30 profissionais de diferentes áreas do ecossistema da eletromobilidade brasileira e tem como objetivo consolidar informações atualizadas e relevantes sobre os avanços, desafios e perspectivas do setor ao longo de 2024.

A Plataforma Nacional de Mobilidade Elétrica (PNME) tem se consolidado como um ator estratégico nesse cenário, unindo governos, empresas, universidades, centros de pesquisa e associações para promover a transição para um sistema de transporte mais sustentável. Entre julho de 2023 e dezembro de 2024, a evolução da PNME esteve sob a coordenação executiva da Fundação de Apoio da UFMG (Fundep), uma instituição de direito privado, sem fins lucrativos, com autonomia administrativa e financeira. A Fundep tem como missão apoiar atividades de ensino, pesquisa, extensão e desenvolvimento institucional da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e de outras instituições de ciência e tecnologia, oferecendo a elas gestão administrativa e financeira. Na coordenação executiva da PNME, sua atuação incluiu o assessoramento à elaboração de projetos, captação e gestão de recursos, além de promover conexões com o sistema de ciência, tecnologia e inovação.

O 4º Anuário representa mais uma contribuição significativa da PNME para o avanço da mobilidade elétrica no Brasil e, mais amplamente, para a descarbonização do transporte no país, reforçando o compromisso da Plataforma com o desenvolvimento de uma mobilidade elétrica acessível, eficiente e alinhada aos desafios climáticos globais.



A mobilidade elétrica tem se mostrado uma das soluções possíveis para o futuro do transporte urbano e rodoviário, não apenas pela sua capacidade de reduzir emissões de gases de efeito estufa, mas também por seu potencial de transformar a forma como as pessoas e as mercadorias se movem. No entanto, a jornada para uma mobilidade elétrica integrada, eficiente e acessível é repleta de desafios que exigem um esforço conjunto entre todos os atores envolvidos no setor.

Este anuário traz à tona as questões mais urgentes que precisam ser enfrentadas, abordando, entre outros, temas como a infraestrutura de recarga — essencial para a expansão do uso de veículos elétricos — e as políticas públicas, que desempenham um papel fundamental no fomento ao setor e na criação de um ambiente regulatório favorável. Também discutimos a eletrificação do transporte de cargas, que surge como uma oportunidade estratégica para a descarbonização das cadeias logísticas, e a cadeia de valor das baterias, um componente central para a viabilidade da eletromobilidade.

Ademais, o anuário dedica um espaço ao processo de desmontagem e reciclagem de veículos elétricos e híbridos, que se torna cada vez mais relevante à medida que o mercado de veículos eletrificados cresce. Também são abordadas as oportunidades de fomento que podem acelerar a transição para a mobilidade elétrica, além de estratégias para promover a inovação e o fortalecimento da cadeia produtiva nacional.

Em um momento crucial de transição energética, este anuário reforça a premissa de que o caminho para a mobilidade sustentável no Brasil não se resume a uma única rota tecnológica, mas exige a exploração de múltiplas alternativas. A colaboração entre diferentes setores da sociedade — incluindo governo, indústria, academia e empresas emergentes — é imprescindível para alcançar as metas de descarbonização e criar um futuro de transporte mais inteligente, limpo e eficiente.

Ao longo das próximas páginas, você encontrará um panorama detalhado sobre os avanços, desafios e oportunidades que marcam a evolução do setor de mobilidade elétrica no Brasil. A preparação deste anuário envolveu um trabalho intensivo de coleta de dados, análise e discussão entre profissionais de competências complementares, com o objetivo de oferecer informações relevantes para todos os stakeholders do setor — desde formuladores de políticas públicas e empresas até pesquisadores e consumidores.

Caro(a) leitor(a), aproveite este conteúdo, que reflete não só o estado atual da mobilidade elétrica no Brasil, mas também as perspectivas futuras para o setor. Esperamos que este anuário sirva como uma ferramenta estratégica para inspirar ações concretas, fortalecer a colaboração e apoiar a construção de um Brasil mais sustentável, inovador e competitivo.

Agradecemos a todos os colaboradores, pesquisadores e parceiros que contribuíram para a realização deste trabalho.

Boa leitura!

Janayna Bhering Cardoso

*Coordenadora Executiva da Plataforma
Nacional de Mobilidade Elétrica*





Autores:

Rafael Augusto Seixas Reis de Paula
Arthur Henrique Teixeira Barros
José Antônio do Nascimento

01



01. INTRODUÇÃO

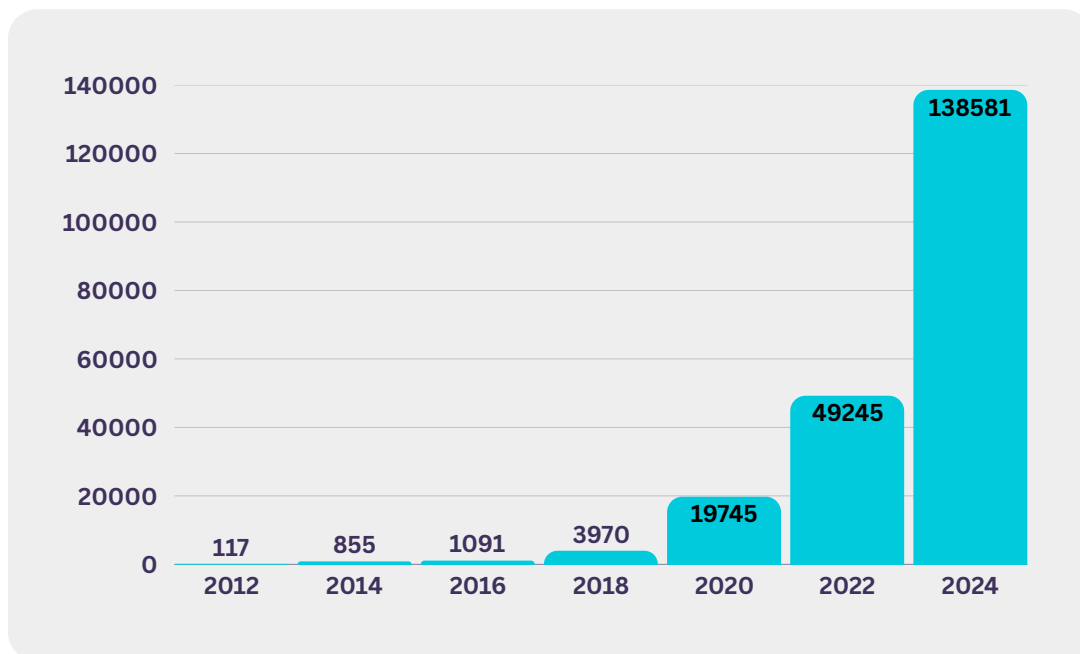
O ano de 2024 marca um avanço significativo na consolidação da eletromobilidade no Brasil, com muitos motivos para comemorar. Uma análise mais detalhada aponta que a adoção de diversas rotas tecnológicas – desde os híbridos que utilizam biocombustíveis até os veículos 100% elétricos – tem se mostrado uma estratégia acertada para o país. Um exemplo claro disso é que, neste ano, os veículos elétricos plug-in (BEVs e PHEVs) já representam a maioria veículos leves eletrificados comercializados no Brasil em 2024. Além disso, observa-se a expansão de um conjunto expressivo de programas de incentivo à eletrificação e hibridização dos veículos, especialmente os leves, assim como o crescimento da infraestrutura de recarga para atender à demanda crescente.

Embora 2024 tenha trazido muito mais motivos de celebração do que de reclamação, nem tudo foi perfeito. É importante lembrar que ainda há muito a ser feito. Para evitar gargalos futuros, o crescimento da infraestrutura de recarga exige maior colaboração entre os setores público e privado. Além disso, enquanto programas como o Mover têm permitido o desenvolvimento de importantes rotas tecnológicas para a descarbonização do transporte, também ocorreram ações em 2024 que merecem mais atenção. Um exemplo disso foi a inclusão dos veículos elétricos no "Imposto do Pecado" durante a discussão da reforma tributária. Embora isso não represente um retrocesso, é um ponto que exige reflexão sobre os impactos mais profundos que essa decisão pode acarretar.

Neste 4º anuário, encontramos uma análise robusta sobre os principais eventos de 2024. Um dos destaques é a expansão acelerada dos veículos elétricos, especialmente os leves. Dados recentes da ABVE (Associação Brasileira do Veículo Elétrico)¹ mostram que, de janeiro a outubro de 2024, foram comercializados 138.581 veículos leves elétricos no Brasil, o que representa um crescimento superior a 100% em relação ao mesmo período de 2023 (quando foram vendidos 67.047 veículos). Se considerarmos o total de 93 mil veículos comercializados em 2023, já é possível observar que, apenas até outubro de 2024, o número de veículos elétricos leves vendidos superou o total do ano anterior. O gráfico a seguir, uma das principais séries históricas do Brasil, ilustra claramente esse crescimento exponencial.

¹ Divulgação em 05 de novembro de 2024, para maiores informações, acesse: <https://abve.org.br/mercado-de-veiculos-eletricos-plug-in-cresce-200-nos-ultimos-12-meses/>

Gráfico 1 – Série histórica anual de veículos leves eletrificados comercializados no Brasil²



Fonte: Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE)

Desses quase 140 mil veículos elétricos leves comercializados, há um predomínio significativo dos fabricantes chineses. Um olhar atento para as tabelas abaixo revela que, dos 10 modelos mais vendidos em 2024 no Brasil, 9 são de fabricantes chineses, incluindo a CAO-CHERY. A única exceção é o modelo XRX Hybrid, da Toyota. De todo modo, todos os 10 modelos mais comercializados são de fabricantes asiáticos, com o Oriente se destacando como o principal protagonista desse crescimento. Entre os três modelos mais vendidos em 2024, destacam-se o Song Plus, da BYD, e dois modelos da linha DOLPHIN, da BYD, que juntos representam mais de um quarto do mercado.

² <https://abve.org.br/bi-geral/>

Tabela 1 – Distribuição dos modelos de veículos leves comercializados no Brasil³

MODELO	FABRICANTE	QUANTIDADE	MARKETSHARE
SONG PLUS GS DM	BYD	15.701	11.3%
DOLPHIN MINI GS EV	BYD	13.056	9.4%
DOLPHIN MINI GS EV	BYD	10.765	7.8%
XRX HYBRID	TOYOTA	10.418	7.5%
HAVAL H6 PREM HEV	GWM	5.635	4.1%
DOLPHIN MINI GS5EV	BYD	4.764	3.4%
HAVAL H6 PREM PHEV	GWM	4.276	3.1%
PRO HA	CAOA CHERY	4.176	3.0%
HAVAL H6 PHEV 19	GWM	4.143	3.0%
HAVAL H6 GT	GWM	4.064	2.9%

Fonte: Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE)

O predomínio asiático é claramente visível ao se analisar as vendas de 2024 por montadora. A BYD, a GWM e a Toyota, por exemplo, juntas representam mais de 70% do mercado brasileiro de veículos leves. Em outras palavras, entre os mais de 25 concorrentes, para cada 10 veículos leves vendidos no Brasil em 2024, 7 foram da BYD, da GWM ou da Toyota.



³ <https://abve.org.br/bi-frotas/>

Tabela 2 – Distribuição dos 8⁴ principais fabricantes de veículos leves comercializados no Brasil⁵

FABRICANTE	QUANTIDADE	MARKETSHARE
BYD	58.725	42.4%
GWM	23.451	16.9%
TOYOTA	17.233	12.4%
VOLVO	7.234	5.2%
CAOA CHERY	6.608	4.8%
M.BENZ	5.022	3.6%
BMW	3.827	2.8%
LAND ROVER	2.588	1.9%

Fonte: Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE)

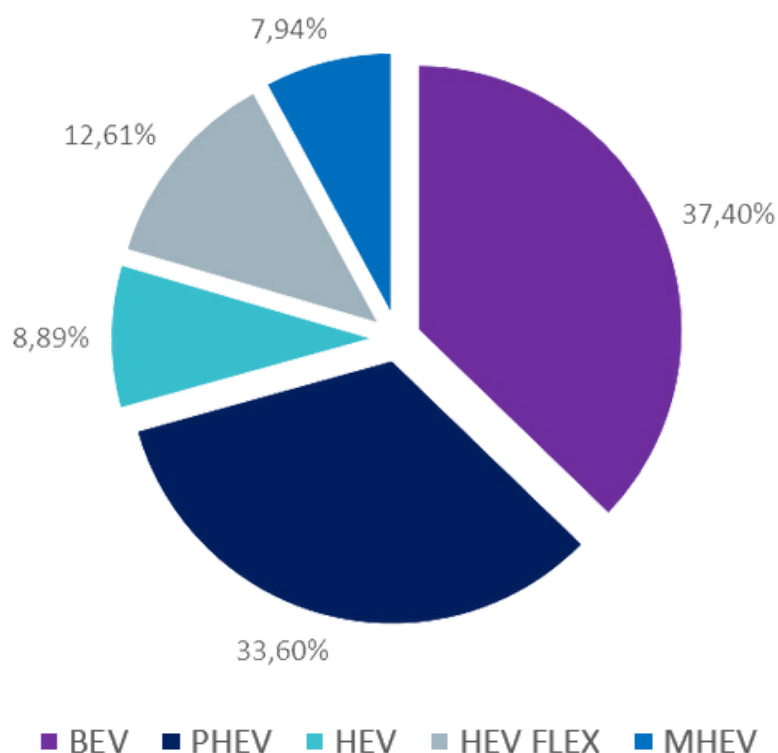
A ABVE revela que o mercado de veículos elétricos leves plug-in (BEVs e PHEVs) no Brasil cresceu 200% nos últimos 12 meses. Em 2023, esses veículos representaram 50,4% do total de veículos elétricos comercializados no país, com 33.788 unidades vendidas de janeiro a outubro. Já em 2024, a comercialização de veículos plug-in chegou a quase 100 mil unidades (98.396, para ser mais preciso).

É importante lembrar que, no Brasil, os veículos eletrificados podem ser classificados em diferentes tipologias. Os veículos plug-in incluem tanto os 100% elétricos (BEVs), movidos exclusivamente por bateria, quanto os híbridos plug-in (PHEVs), que combinam motores elétricos e a combustão. Além desses, existem os híbridos convencionais (HEVs), que também utilizam uma combinação de motor elétrico e motor à combustão, sendo alimentados por baterias carregadas pela frenagem. Dentro dos HEVs, temos os HEV Flex, que podem ser abastecidos com gasolina ou etanol. Por fim, os MHEVs (híbridos leves) são uma versão mais simples de híbrido, que oferecem uma economia de combustível menos expressiva, já que a eletrificação é mais limitada.

⁴ A lista é extensa. Há mais de 25 fabricantes. Os 08 primeiros representam quase 90% de todo o mercado, sendo que os 03 primeiros (BYD, GWM e Toyota) pouco mais de 70%.

⁵ <https://abve.org.br/bi-frotas/>

De acordo com a ABVE, entre janeiro e outubro de 2024, a participação de cada tipo de veículo eletrificado no mercado brasileiro foi a seguinte:



Com a liderança de mercado dos veículos híbridos plug-in (PHEVs) e totalmente elétricos (BEVs), que juntos representam cerca de 70% do segmento, uma conclusão importante é o aumento da necessidade de uma infraestrutura de recarga no Brasil. Isso ocorre porque ambos os modelos dependem de eletropostos para recarregar suas baterias. Em agosto de 2024, o Brasil atingiu a marca de 10,6 mil eletropostos públicos disponíveis para veículos elétricos e híbridos plug-in. Para efeito de comparação, em dezembro de 2020, o Brasil contava com apenas 350 eletropostos, o que destaca a rápida evolução do setor: em agosto de 2024, já são 10.622 pontos de recarga.⁶

A ABVE¹ também destaca que, entre os municípios com maior número de emplacamentos de veículos elétricos em outubro de 2024, São Paulo ocupa a liderança, com 1.971 unidades registradas. Brasília vem em segundo lugar, com 1.591 veículos, seguida por Curitiba, com 850 emplacamentos, o Rio de Janeiro em quarto, com 690, e Belo Horizonte em quinto, com 631. É evidente que a região Sudeste do Brasil é a que mais se destaca, concentrando cerca de metade das vendas de veículos elétricos no país.

⁶ <https://abve.org.br/infraestrutura-de-recarga-acelera-no-pais-e-apresenta-crescimento-de-179/>

Outro ponto interessante é o crescimento dos ônibus e caminhões elétricos (veículos pesados) no Brasil. Segundo dados da ANFAVEA (Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores), entre janeiro e junho de 2024, as vendas desses veículos pesados mais do que dobraram em relação ao primeiro semestre de 2023. Foram comercializados 414 veículos pesados no primeiro semestre de 2024, contra 178 no mesmo período de 2023.⁷ Não por acaso, a frota de ônibus elétricos (e-Bus) no Brasil continua a se expandir.

Esses ônibus representam uma excelente oportunidade para melhorar a qualidade do transporte público, reduzindo as emissões de gases poluentes e o impacto sonoro, além de promover uma redução significativa nos custos operacionais e de manutenção. Esse avanço é um grande passo para aprimorar o sistema de transporte, trazendo mais conforto aos passageiros e avançando rumo a um transporte público mais sustentável. Aliado a políticas públicas adequadas, o crescimento dos ônibus elétricos pode contribuir para a diminuição do uso de veículos particulares, melhorando o trânsito e promovendo uma maior qualidade de vida para todos. A infraestrutura necessária para a implantação dos e-Bus faz parte desse processo e deve ser trabalhada desde a concepção do sistema de transporte, em parceria e colaboração com os diversos atores envolvidos.

A frota de ônibus urbanos no Brasil atualmente ultrapassa 107.000 unidades, segundo estimativa da NTU (Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos) no anuário 2023/2024, com uma renovação anual em torno de 15.000 veículos. Até o final de 2024, estima-se que 780 desses ônibus serão elétricos, o que representa apenas 0,73% da frota total de ônibus urbanos, com um crescimento de 75,7% em relação a 2023. Para a cidade de São Paulo, a previsão é de que o número de ônibus elétricos chegue a 524 unidades (323 e-BUS e 201 trólebus) até o final de 2024. Em 2023, o Brasil contava com 444 ônibus elétricos, o que correspondia a 0,41% da frota total, com um crescimento de 26,5% sobre 2022.

A expectativa para 2025 é que esse número chegue a 4.000 unidades, o que corresponderia a 3,64% do total de ônibus urbanos no Brasil, com um crescimento de 412,8% em relação a 2024. Esse avanço já é fruto de políticas públicas como os programas municipais das cidades de São Paulo (SP), Curitiba (PR), Salvador (BA), Vitória (ES), Belém (PA), Cuiabá (MT), Cascavel (PR), São José dos Campos (SP), Campinas (SP), entre outras.

⁷ <https://www.anfavea.com.br/cartas/carta458.pdf>

A tendência é que a quantidade de ônibus elétricos na frota de ônibus urbanos cresça rapidamente, de acordo com as previsões acima. O quadro abaixo apresenta os números recentes da frota de ônibus urbanos elétricos e aponta a previsão para o fechamento dos anos de 2024 e 2025.

Quadro 1 – Frota de e-Bus no Brasil

ANO	Frota de ônibus total	e-BUS				Crescimento	Frota
		Articulado	Padron	Midi	Total	%	Total
2022	104.800	1	348	2	351	-	0,33%
2023	107.000	13	429	2	444	26,5%	0,41%
2024*	107.000	16	760	4	780	75,7%	0,73%
2025*	107.000	150	3.750	100	4.000	412,8%	3,74%

Fonte: <https://ntu.org.br/novo/upload/Publicacao/Pub638573500081945042.pdf> e <https://ebusradar.org/>

**Estimativa dos próprios autores com base nos dados de cidades e fabricantes.*

A tendência de crescimento da frota de ônibus elétricos urbanos no Brasil é clara e se acelera mais rapidamente do que se imaginava. Esse movimento é irreversível e inevitável, conforme indicam os dados e as previsões baseadas nas informações das cidades e dos fabricantes, além dos claros benefícios ambientais e sociais que essa transição traz.

Nesse contexto, fabricantes como BYD e Marcopolo têm desempenhado um papel essencial, produzindo veículos adaptados às necessidades do transporte urbano brasileiro. Tanto empresas locais quanto internacionais estão investindo em novas tecnologias para expandir a presença de ônibus elétricos no mercado, atraindo também investidores e operadores de transporte público, que vislumbram uma redução significativa nos custos operacionais a longo prazo.

Informações como essas são apenas o começo de uma rica discussão sobre a descarbonização do transporte no Brasil. Neste sentido, este anuário apresenta uma série de desdobramentos que abrangem todo o ecossistema da eletromobilidade no país, com destaque para os eventos mais relevantes de 2024. Há um capítulo específico dedicado a temas que já foram abordados em detalhes nas edições anteriores dos anuários da PNME. Além disso, a 4ª edição também traz novos tópicos, que antes eram tratados de forma tangencial, como, por exemplo, os recursos e fomento público para a eletromobilidade. Esses temas, que sempre estiveram presentes nas edições anteriores, eram abordados de forma dispersa ao longo do texto, mas agora ganham um capítulo exclusivo. Esse destaque reflete a crescente importância do assunto e o grau de maturidade do ecossistema brasileiro em relação às políticas de recursos e fomento público implementadas no país.

Assim sendo, além desta introdução, os capítulos desta 4ª edição do anuário estão organizados da seguinte forma:

Capítulo 2:

Foca na infraestrutura de recarga. Este capítulo analisa os padrões tecnológicos em uso, destacando os principais projetos de lei em andamento, bem como os desafios e as oportunidades que o Brasil enfrenta para se consolidar como líder em mobilidade elétrica. A abordagem enfatiza a colaboração entre os setores público e privado, ressaltando a importância de uma estratégia integrada para transformar a infraestrutura de recarga em um pilar essencial da eletrificação do transporte no país.

Capítulo 3:

Trata das políticas públicas, um dos principais avanços no Brasil no ano de 2024. Discutem-se as políticas públicas implementadas para fomentar o ecossistema da mobilidade elétrica de forma sistemática e contínua. O ano de 2024 foi marcado pela implementação de diversas ações e programas relevantes para a mobilidade elétrica, e uma análise crítica dessas ações visa compreender melhor as perspectivas no contexto brasileiro.

Capítulos 4 e 5:

Esses dois capítulos tratam especificamente dos veículos elétricos pesados. O Capítulo 4 discute a eletrificação do transporte rodoviário de carga, enquanto o Capítulo 5 foca na proposição de um Plano Nacional para o desenvolvimento da cadeia de ônibus elétricos no Brasil.

Capítulo 6:

Aborda a cadeia de valor das baterias, elemento crucial para o avanço dos veículos elétricos. A análise cobre os principais elos dessa cadeia, considerando o contexto brasileiro, tanto em termos tecnológicos quanto mercadológicos. O capítulo é orientado por duas perguntas centrais: Como fomentar o desenvolvimento de baterias no Brasil? Como desenvolver novas competências e capacidades?

Capítulo 7:

Examina as fontes de recursos e fomento público, investigando os mecanismos de financiamento e investimentos que impulsionam a eletromobilidade no Brasil. Esta análise reflete as diferentes estratégias para garantir a sustentabilidade e expansão do ecossistema.

Esta 4ª edição também conta com duas novidades de destaque, que estão apresentadas logo após o Capítulo 7.

Primeiro, esta 4ª edição inclui dois tópicos especiais. Embora esses temas já tenham sido mencionados em edições anteriores do anuário da PNME, entendeu-se ser necessário apresentá-los de forma mais destacada nesta edição. Os dois tópicos tratam de questões que ainda precisam amadurecer substancialmente no Brasil. O primeiro aborda a desmontagem e reciclagem de veículos elétricos no país. Com o crescimento exponencial dos veículos elétricos, especialmente os leves, há uma necessidade urgente de explorar melhor as oportunidades para a reciclagem desses veículos, completando o ciclo do conceito “Berço ao Túmulo”. O segundo tópico especial é um apelo para o desenvolvimento de políticas públicas específicas voltadas para a descarbonização do transporte urbano de carga. Este tema está especialmente relacionado ao Capítulo 4, que trata da eletrificação do transporte rodoviário de carga.

Segundo, aproveitando a familiaridade dos brasileiros com o setor automobilístico, ao final desta edição, incluímos uma breve entrevista com um dos principais pilotos brasileiros da Fórmula E, Sérgio Sette Câmara Filho. Para quem não está familiarizado, a Fórmula E é uma categoria de automobilismo organizada pela Federação Internacional de Automobilismo (FIA), voltada exclusivamente para veículos elétricos. Nessa entrevista, o piloto brasileiro compartilha sua visão sobre as inovações nos carros da Fórmula E, muitas das quais podem ser incorporadas aos veículos de passeio no futuro. Além disso, ele comenta sobre os desafios que o Brasil enfrenta para acompanhar a expansão dos veículos elétricos, comparando a situação do país com a de mercados como a China e a Noruega.





Autores(as):

Tatiana F. Araújo
Hudson Zanin

02

02. INFRAESTRUTURA DE RECARGA NO BRASIL: AVANÇOS E DESAFIOS



1. Introdução

A expansão dos veículos elétricos (VEs) depende diretamente de uma rede de recarga de bateria robusta, acessível e confiável. Essa infraestrutura é a espinha dorsal para a adoção dos veículos elétricos, fornecendo o suporte necessário para alimentá-los e possibilitar recargas convenientes. Ela não apenas impacta a experiência dos usuários, mas também determina a viabilidade econômica e ambiental da mobilidade elétrica. Os desafios e avanços na criação dessa infraestrutura, vividos em 2024, são centrais para o futuro do setor no Brasil, ressaltando a importância de investimentos estratégicos que assegurem o crescimento sustentável da mobilidade elétrica no país. Nesse sentido, este capítulo centra-se na análise da infraestrutura de recarga de veículos elétricos plug-in no Brasil.

Diante disso, este capítulo examina a distribuição geográfica das estações de recarga, os padrões tecnológicos em uso e aponta os principais projetos de lei em andamento, além dos desafios e oportunidades que o Brasil enfrenta no caminho para se consolidar como um líder em mobilidade elétrica. Ao abordar a colaboração entre os setores público e privado, busca-se destacar a importância de uma abordagem integrada para transformar a infraestrutura de recarga em um facilitador da eletrificação do transporte no país. Empresas que enxergam nas estações de recarga uma oportunidade de negócio podem impulsionar a criação de um ecossistema confiável e acessível, melhorando a experiência do usuário e reduzindo as barreiras à adoção de veículos elétricos. Ao final, serão apresentadas recomendações para a expansão da infraestrutura de recarga, orientações sobre regulamentação com ênfase na padronização e sugestões para o financiamento dessa expansão.



2. Panorama Atual

2.1. Evolução recente

Conforme dados apresentados pela Associação Brasileira de Veículos Elétricos (ABVE), o Brasil tem registrado um crescimento percentual expressivo na instalação de estações de recarga para veículos elétricos nos últimos anos, especialmente nos grandes centros urbanos. Esse aumento no número de eletropostos públicos e semipúblicos tem sido impulsionado por uma combinação de incentivos governamentais, iniciativas privadas e pela crescente demanda do mercado por mobilidade elétrica.

Um exemplo significativo desse movimento é o investimento do Governo Federal, que, no primeiro semestre de 2024, destinou R\$ 10,5 bilhões para o setor de mobilidade elétrica. Esse montante será aplicado na compra de 2 mil ônibus elétricos e na construção de uma infraestrutura de recarga rápida em pontos estratégicos, facilitando a operação e a adoção em larga escala dessa frota.

No entanto, é fundamental destacar que a expansão da infraestrutura de recarga não pode ser vista apenas como responsabilidade do Estado. A participação do setor privado é imprescindível para que essa infraestrutura cresça de maneira sustentável e eficiente. Empresas privadas devem enxergar nas estações de recarga uma oportunidade de negócio lucrativo, oferecendo serviços de recarga de alta qualidade e confiabilidade. Um modelo de mercado que ofereça incentivos claros para a iniciativa privada investirem em infraestrutura de recarga garantirá um crescimento rápido, acompanhando o aumento da frota de veículos elétricos.

A lucratividade pode ser alcançada por meio de várias estratégias, como o desenvolvimento de novos modelos de negócio envolvendo assinaturas de recarga, parcerias com varejistas e shopping centers para oferecer recargas em estacionamentos, além de redes de pagamento digital integradas que facilitem a experiência do usuário. A competição entre empresas também pode melhorar a qualidade do serviço e reduzir o tempo de inatividade das estações de recarga.

⁸ Para maiores informações, acesse <https://www.gov.br/cidades/pt-br/novo-pac-selecoes/mobilidade-urbana-sustentavel-renovacao-de-frota> ou então acesse também <https://pnme.org.br/governo-anuncia-investimento-de-r-105-bi-para-renovacao-de-frota-e-aquisicao-de-onibus-eletricos/>

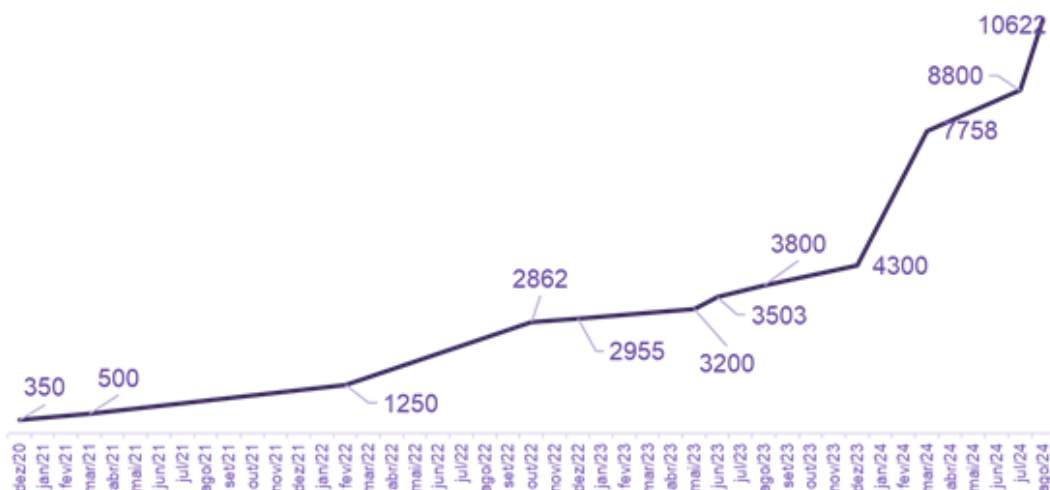
Como já tratado neste anuário, há um expressivo aumento dos veículos elétricos no Brasil em 2024. De acordo com dados da Associação Brasileira de Veículos Elétricos (ABVE), desde 2012 até agosto de 2024, o Brasil conta com 329.714 veículos leves eletrificados em circulação, englobando diversas tecnologias (BEV, PHEV, HEV, HEV flex e MHEV). Desse total, pelo menos 181.477 são veículos elétricos plug-in (BEV e PHEV), reforçando o avanço da eletrificação no país. Isso demonstra que o mercado está crescendo rapidamente, o que exige uma resposta ágil da infraestrutura.

Entre janeiro e agosto de 2024, o mercado registrou a venda de 109.283 veículos leves eletrificados, um crescimento impressionante de 123% em comparação com o mesmo período de 2023. Projeções indicam que 2024 encerrará com cerca de 150.000 veículos eletrificados vendidos, impulsionando ainda mais a demanda por estações de recarga.

Contudo, até agosto de 2024, o Brasil contava com apenas 10.622 estações de recarga públicas e semipúblicas, número muito abaixo do necessário para acompanhar a frota crescente. Segundo o Anuário Nacional da Mobilidade Elétrica de 2023, estima-se que serão necessárias 150.000 estações de recarga até 2035 para suportar uma frota de 3 milhões de veículos elétricos e híbridos plug-in. Isso reforça a urgência de uma abordagem colaborativa, onde a iniciativa privada, motivada pela rentabilidade, desempenhe um papel central no desenvolvimento dessa infraestrutura.

O gráfico abaixo ressalta esse crescimento das estações de recarga (eletropostos) no Brasil ao longo dos últimos anos.

Gráfico 1 – Eletropostos em operação no Brasil nos últimos anos



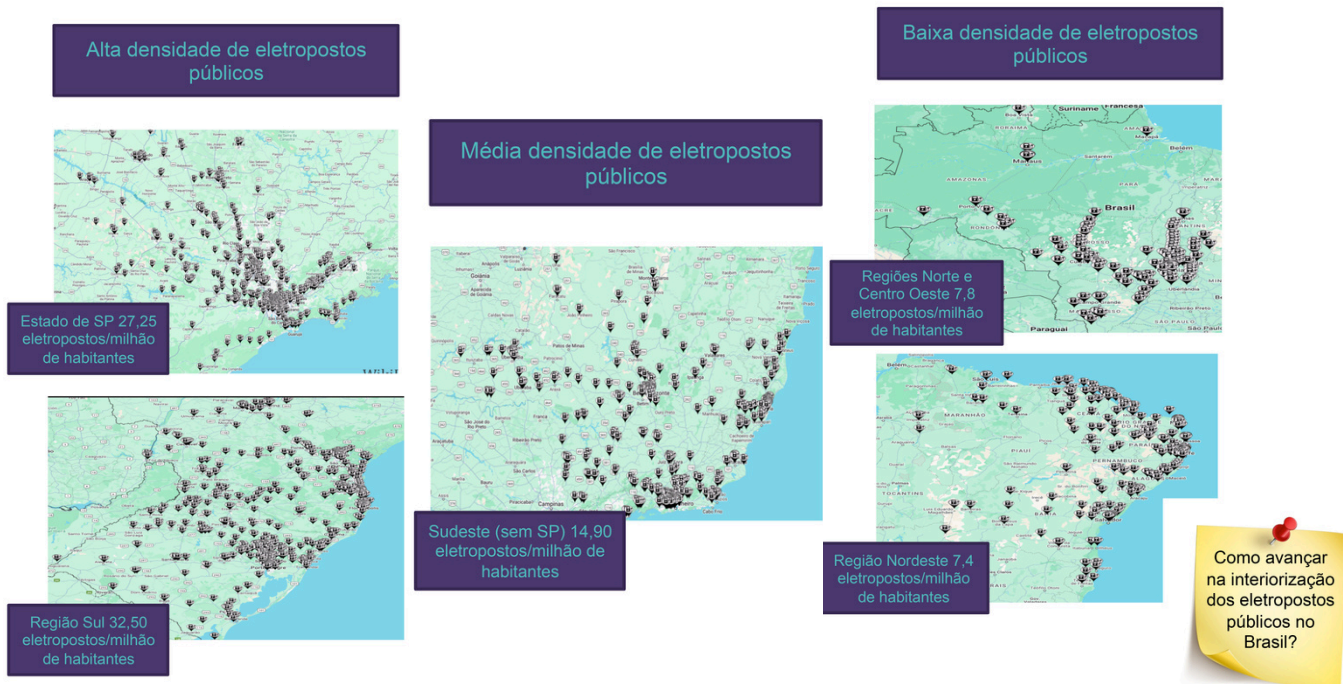
Portanto, a responsabilidade de impulsionar a infraestrutura de recarga não pode ficar exclusivamente nas mãos do Estado. Para que o Brasil se consolide como um dos líderes em mobilidade elétrica, o setor privado deve ser o motor desse crescimento, com incentivos e oportunidades de lucro que promovam uma expansão acelerada e de qualidade.

2.2. Distribuição Geográfica

A infraestrutura de eletropostos no Brasil ainda apresenta uma distribuição significativamente desigual. Regiões metropolitanas, como a de São Paulo, concentram a maior parte das estações de recarga, enquanto áreas menos desenvolvidas, especialmente no Norte e Nordeste, sofrem com a escassez de infraestrutura adequada. Essa disparidade geográfica pode restringir a adoção de veículos elétricos a corredores rodoviários específicos, limitando o alcance da mobilidade elétrica no país.

A figura abaixo foi construída a partir de dados disponibilizados pelo site WIKIROTA, sobre os eletropostos públicos no Brasil. Ela permite um melhor entendimento dessa concentração da infraestrutura de recarga nas áreas mais desenvolvidas do Brasil (estado de São Paulo e Região Sul). Pensar em um maior distribuição para as demais áreas do país é pensar em um maior espalhamento dos eletropostos a nível nacional. A título comparativo, no Brasil há três níveis de densidade (eletropostos públicos para cada um milhão de habitantes): alta, média e baixa densidade. Maiores detalhes na figura 1. São Paulo e a região Sul possuem, respectivamente 27,25 e 32,50 eletropostos públicos para cada 1 milhão de habitantes, ao passo que a região Sudeste (excluindo o estado de São Paulo) possuem 14,90 eletropostos públicos para cada 1 milhão de habitantes, enquanto que essa relação na região Nordeste é de apenas 7,4 eletropostos públicos para cada 1 milhão de habitantes e nas regiões Norte e Centro Oeste juntas é de 7,8 eletropostos por milhão de habitantes.

Figura 1 - Níveis de densidade de eletropostos públicos no Brasil



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de eletropostos públicos da WIKIROTA

Como reverter esse quadro? Não há uma única resposta para tal pergunta. Um caminho para essa reversão passa pelo entendimento de que é crucial que a iniciativa privada identifique oportunidades de investimento lucrativo em regiões menos atendidas, criando uma rede de recarga abrangente. Essa rede pode oferecer rentabilidade por meio de novos modelos de negócio, como parcerias com comércios e estações de serviço. É importante trazer à tona a visão de como transformar essa dor em uma oportunidade.

2.3. Padrões de Recarga em Uso no Brasil

Atualmente, o Brasil utiliza uma variedade de tecnologias e sistemas de recarga, incluindo eletropostos rápidos (CC), semirrápidos e convencionais (CA). Até agosto de 2024, das 10.622 estações de recarga públicas e semipúblicas existentes, 89% são do tipo CA (9.506), de recarga lenta, enquanto 11% são do tipo CC (1.109), de recarga rápida. A predominância de eletropostos de menor potência, embora adequados para recargas residenciais, não atende à crescente demanda de veículos elétricos comerciais e de longa distância, que necessitam de soluções mais rápidas e eficientes.

Além disso, o setor privado tem uma oportunidade estratégica de expandir a oferta de eletropostos rápidos, especialmente nas áreas menos atendidas. Isso pode ser altamente lucrativo, visto que a demanda por eletropostos CC, que reduzem significativamente o tempo de recarga, tende a aumentar à medida que a frota de veículos elétricos de longa distância e comerciais cresce. No Brasil, o padrão CCS Tipo 2 tem se destacado como o mais utilizado, tornando-se uma escolha sólida para novos investimentos, especialmente no setor privado.

3. Principais Gargalos e Oportunidades

Acessibilidade

A infraestrutura de recarga no Brasil ainda é limitada, especialmente em áreas remotas e regiões com menor densidade populacional, como o Norte e Nordeste. Essa desigualdade regional continua sendo um dos maiores obstáculos para a adoção de veículos elétricos. A percepção de que a recarga é inconveniente e o risco de "ansiedade de autonomia" desmotivam muitos consumidores a fazer essa transição.

Para superar essa barreira, é fundamental que o setor privado veja as áreas menos atendidas como uma oportunidade de mercado, investindo em infraestrutura rentável de recarga e complementando os esforços públicos. Estes devem incluir incentivos governamentais, subsídios e parcerias público-privadas. Identificar essas oportunidades é um ponto-chave neste momento.

Confiabilidade

A confiabilidade dos recarregadores de veículos elétricos (VEs) e dos sistemas de gerenciamento de recarga é crucial para o sucesso do ecossistema de VEs. Apesar do aumento no número de estações de recarga, a confiabilidade dos recarregadores continua sendo uma preocupação significativa. Muitos apresentam períodos de inatividade devido a falhas técnicas ou falta de manutenção adequada, o que afeta diretamente a experiência do usuário. Além disso, a ausência de padrões robustos de gestão e monitoramento impede um serviço consistente.

Para resolver esse problema, é fundamental estabelecer regulamentações padronizadas e uma supervisão pública que garantam a confiabilidade em toda a rede. Sem padrões governamentais compulsórios para desempenho, manutenção e transparência, a infraestrutura pode permanecer fragmentada, com algumas empresas oferecendo qualidade de serviço inconsistente. Outro ponto a ser considerado é o desenvolvimento de sistemas integrados de monitoramento em tempo real, que podem aumentar a eficiência, reduzir falhas operacionais e aumentar a confiança dos consumidores na infraestrutura.

Disponibilidade

A disponibilidade técnica da rede elétrica é frequentemente uma dimensão crítica ao abordar o desafio de expandir a infraestrutura de recarga de veículos elétricos (VEs). No Brasil, esse aspecto é fundamental ao discutir a ampliação das estações de recarga, especialmente com o aumento da demanda por eletricidade proveniente dos VEs.

O Brasil possui uma matriz energética diversificada e predominantemente renovável, com a energia hidrelétrica sendo a principal fonte. No entanto, o país enfrenta disparidades regionais na capacidade e confiabilidade da rede elétrica. As áreas urbanas, especialmente no Sudeste, contam com uma infraestrutura de rede mais desenvolvida e confiável, capaz de suportar o aumento da carga proveniente da recarga de VEs. Em contraste, áreas mais remotas ou menos povoadas podem enfrentar desafios, como menor capacidade de rede, dificultando o estabelecimento de estações de recarga.

Além disso, a natureza intermitente das fontes renováveis, como a energia fotovoltaica e eólica, e até mesmo a hidrelétrica (que pode ser afetada por secas), aliada à crescente demanda por energia nos centros urbanos, pode sobrecarregar ainda mais a rede. Isso torna a integração da infraestrutura de recarga de VEs complexa, exigindo que a rede seja modernizada para lidar com cargas maiores de forma eficiente.

Investir na modernização da rede elétrica, em redes inteligentes e em soluções de armazenamento é essencial para apoiar a expansão da infraestrutura de recarga de VEs no Brasil.

Tempo de Recarga

Os tempos de recarga no Brasil frequentemente ficam aquém dos padrões internacionais, especialmente nos recarregadores rápidos (CC), o que torna as viagens de longa distância menos práticas. A expansão de eletropostos de alta potência representa uma oportunidade lucrativa para o setor privado, que pode oferecer recargas mais rápidas em locais estratégicos, como rodovias e áreas comerciais. Ao investir em infraestrutura mais eficiente, as empresas podem atrair mais clientes, melhorar a experiência do usuário e criar novas fontes de receita.

Interoperabilidade

Embora haja esforços de padronização de conectores no Brasil, problemas de interoperabilidade entre diferentes redes de recarga e sistemas de pagamento ainda persistem. Isso cria um ecossistema fragmentado, onde os usuários enfrentam dificuldades para utilizar recarregadores de diferentes provedores. O mercado precisa de uma infraestrutura de recarga padronizada e deve buscar alinhar-se ao uso preferencial de um único padrão de recarga. Nesse contexto, é importante ressaltar que a adoção generalizada de um único padrão não depende apenas do setor privado, mas também dos órgãos reguladores públicos.

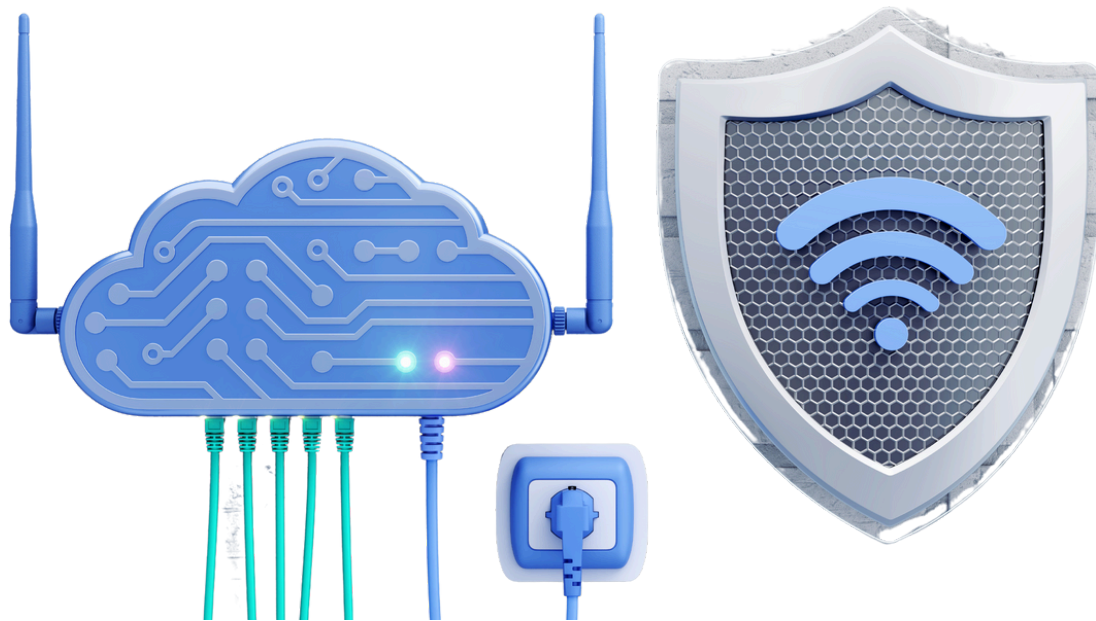
Outro ponto importante a ser abordado é a necessidade de integração e padronização dos sistemas de pagamento, algo que poderia ser liderado por empresas privadas em busca de maior eficiência e satisfação do consumidor. O desenvolvimento de uma rede interoperável pode aumentar o uso da infraestrutura, proporcionando mais conveniência para os motoristas de veículos elétricos.

Cibersegurança

O cenário dos veículos elétricos a bateria e das infraestruturas de recarga está evoluindo rapidamente em um mercado onde custo e tempo são mais valorizados do que segurança. As tecnologias utilizadas para construir o ecossistema de VEs enfrentam problemas de cibersegurança bem conhecidos, expondo vulnerabilidades e riscos. Há uma baixa percepção no mercado de que as estações de recarga são terminais altamente expostos, conectados à rede e fisicamente vulneráveis, representando um grande desafio para as ameaças cibernéticas. O mapeamento desses cenários e a implementação de medidas de prevenção e mitigação são fundamentais para a segurança dos sistemas de recarga.

Custo

O custo de instalação e operação de estações de recarga, especialmente para recarregadores rápidos em corrente contínua (CC), representa um ônus financeiro significativo. Isso pode ser um obstáculo para empresas e indivíduos que consideram investir nessa infraestrutura. Além disso, o modelo de precificação dos serviços de recarga varia entre os operadores, resultando em inconsistências e potencial confusão para os consumidores.



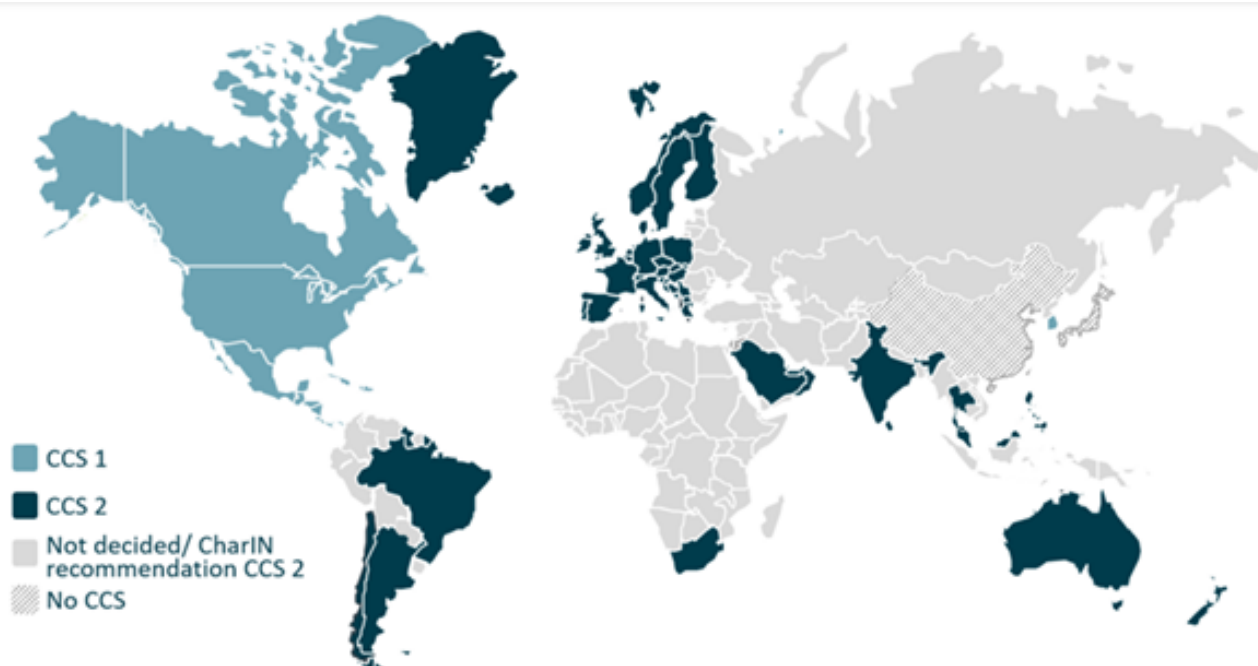
4. Importância da Regulamentação e Padronização

4.1. Regulamentação

A criação de políticas públicas específicas e o fortalecimento da regulamentação são essenciais para promover o desenvolvimento de uma infraestrutura de recarga mais acessível e eficiente. Estamos diante de uma nova tecnologia e, nesse contexto, o papel do Estado na elaboração de um arcabouço legal que assegure um ambiente seguro e justo para o desenvolvimento desse mercado torna-se cada vez mais importante.

Quanto à padronização, há uma discussão internacional promovida pela Charging Initiative e.V. (CharIN), uma associação sem fins lucrativos que busca promover a interoperabilidade de soluções globais de recarga para veículos de todos os tipos. A iniciativa também define requisitos para a evolução dos padrões de recarga e para a certificação de produtos de recarga baseados em CCS e MCS. A partir dos debates com seus associados — mais de 300 empresas da cadeia de veículos elétricos — a recomendação para o Brasil é a adoção do recarregador CCS Tipo 2 como padrão, conforme destacado na figura abaixo.

Figura 2 - Visão global sobre padronização da recarga



Fonte: CharIN

O CCS (Sistema de Recarga Combinada) e o MCS (Sistema de Recarga em Megawatts) oferecem benefícios significativos para a infraestrutura de recarga no Brasil. Esses protocolos de recarga padronizados proporcionam velocidades de recarga mais rápidas, melhor interoperabilidade e uma experiência aprimorada para o usuário. O CCS, já amplamente adotado globalmente, possibilita tanto a recarga em corrente alternada (CA) quanto em corrente contínua (CC), tornando-o versátil para vários tipos de veículos. Por sua vez, o MCS, projetado para veículos pesados, pode fornecer taxas de recarga de até 3,75 MW, atendendo às necessidades do transporte de longa distância.

Ao implementar essas tecnologias, o Brasil pode superar desafios como a ansiedade de autonomia, longos tempos de recarga e infraestrutura limitada para veículos comerciais. Além disso, a adoção desses sistemas padronizados pode atrair mais investimentos para a infraestrutura de recarga, resultando em uma rede mais robusta e confiável em todo o país.

No Brasil, a definição sobre a padronização da recarga ainda está em discussão. Podemos destacar alguns Projetos de Lei em andamento:

Projeto de Lei 1621/2022

Esta proposta de legislação visa estabelecer um conector de recarga padronizado a ser utilizado em todo o Brasil, o que será fundamental para a ampliação eficiente da rede de recarga.

Atualmente, não há padronização nos conectores, com tipos como CCS Tipo 1, Tipo 2, GB/T e CHAdeMO presentes no país. O CCS Tipo 2 é o conector predominante, sendo utilizado por 90% das estações de recarga e por mais de 90% dos veículos elétricos (EVs) equipados com esse padrão. O PL 1621/2022 está atualmente sendo avaliado pela "Comissão de Defesa do Consumidor", em análise desde junho de 2022.



Projeto de Lei 2156/2021

Esta proposta de legislação visa fornecer diretrizes para uma "Política Nacional de Mobilidade Elétrica". Embora uma política nacional em si ainda não tenha sido estabelecida, no final de 2023, o Governo Federal lançou o programa nacional de Mobilidade Verde e Inovação (Mover), substituindo o antigo Rota 2030. O novo programa, elaborado pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços, tem como objetivo aumentar a sustentabilidade da frota automotiva, promovendo investimentos em eficiência energética, reciclagem na fabricação de veículos e um IPI Verde, que reduz impostos para quem polui menos. O incentivo fiscal previsto será de R\$ 3,5 bilhões em 2024, aumentando gradualmente até R\$ 4,1 bilhões em 2028, totalizando mais de R\$ 19 bilhões em créditos.

Dentro do projeto de lei proposto, há artigos que estabelecem a necessidade de instalar estações de recarga em novos edifícios, bem como adaptar essas estações em edificações existentes. O projeto também prevê a comercialização dedicada de energia exclusivamente para fins de e-mobilidade, incentivos para a compra de veículos elétricos (VEs) e a realização de um estudo de viabilidade para a conversão de frotas de veículos a combustão em frotas de VEs. O PL 2156/2021 já foi avaliado e aprovado pela "Comissão de Desenvolvimento Urbano", levando pouco mais de dois anos para isso, e atualmente está com a "Comissão de Viagens e Transportes".

Projeto de Lei 710/2023

Esta proposta de legislação visa estabelecer estações de recarga obrigatórias para veículos elétricos e híbridos em estacionamentos privados de uso coletivo, bem como em estacionamentos e vias públicas. Entre os aspectos notáveis dessa proposta, destaca-se que, em propriedades privadas de uso coletivo, 5% das vagas de estacionamento devem ser equipadas com estações de recarga, enquanto em espaços de estacionamento públicos, essa porcentagem é de 2%. Em essência, essa proposta pode ser comparada ao Artigo 12 da Diretiva de Desempenho Energético dos Edifícios (EPBD) e ao Regulamento de Infraestrutura de Combustíveis Alternativos (AFIR).

É importante observar que essa proposta legislativa ainda não foi analisada por uma comissão técnica e está vinculada a várias outras propostas, sendo a principal o PL 4086/2012, que estabelece incentivos fiscais para a produção e venda de veículos eletricamente movidos ou híbridos. No entanto, essa legislação foi proposta pela primeira vez em 2012 e entregue à "Comissão de Desenvolvimento Econômico" em 2017.

4.2. Padronização

Uma análise inicial das principais regiões – Europa, China, Estados Unidos e Japão – revela que a padronização de conectores e sistemas de pagamento para a recarga de veículos elétricos ainda enfrenta desafios específicos em cada mercado, embora alguns avanços globais estejam em andamento.

Na Europa e nos Estados Unidos, o Combined Charging System (CCS) é amplamente utilizado e se tornou a solução dominante para eletropostos rápidos de corrente contínua. Esse padrão é favorecido por grandes montadoras como BMW, Volkswagen, Ford e General Motors. A padronização do CCS proporciona compatibilidade tanto para a recarga em corrente alternada (CA) quanto em corrente contínua (CC), facilitando a interoperabilidade entre diferentes veículos e redes de recarga, tornando-o uma solução eficaz para o desenvolvimento da infraestrutura.

Na China, o padrão GB/T é amplamente adotado, representando uma solução robusta no maior mercado de veículos elétricos do mundo. Embora este sistema difira do CCS em termos de protocolo de comunicação, o governo chinês busca maior interoperabilidade com outros padrões globais. Recentemente, a China e o Japão anunciaram uma cooperação para unificar suas tecnologias de recarga rápida, combinando elementos dos padrões CHAdeMO e GB/T.

No Japão, o CHAdeMO continua a ser um dos principais sistemas de recarga rápida, amplamente utilizado por fabricantes como Nissan e Mitsubishi. Embora tenha uma presença significativa no Japão e em alguns outros mercados, o CHAdeMO enfrenta desafios para competir com o CCS, que já domina em regiões-chave como Europa e Estados Unidos.

É importante também destacar o crescimento acelerado do padrão de recarga da Tesla, adaptado para o NACS (North America Charging System), que tem atraído a atenção de grandes fabricantes, como GM, Ford e Rivian, que estão começando a integrar esse sistema em seus veículos.

Uma solução global mais eficaz seria a unificação ou compatibilização entre esses padrões, com foco na adoção generalizada do CCS ou de outro padrão comum, que já demonstrou sua viabilidade técnica e comercial em mercados globais. A padronização do pagamento, como o modelo utilizado na União Europeia, que permite diversos operadores de recarga em uma única plataforma, eliminaria barreiras de entrada para os consumidores, tornando o processo mais simples e eficiente.

Essa abordagem poderia ajudar o Brasil e outros países que desejam expandir suas rotas de veículos elétricos a se alinhar com as melhores práticas globais, garantindo maior interoperabilidade e atraindo mais investimentos para a infraestrutura de recarga.

5. Conclusões

O que se percebe a partir do cenário dos últimos anos é a importância de uma abordagem integrada entre os setores público e privado para a expansão da infraestrutura de recarga. Embora o investimento governamental em 2024, como os R\$10,5 bilhões destinados a ônibus elétricos e à construção de estações de recarga, represente um passo significativo, a participação ativa das empresas privadas é crucial para garantir uma rede robusta e acessível.

É evidente que o Brasil enfrenta desafios, como a desigualdade na distribuição das estações de recarga e a necessidade de padronização tecnológica. No entanto, esses desafios também se traduzem em oportunidades. Espera-se que, nos próximos anos, o setor privado possa explorar novos modelos de negócios que promovam a instalação de eletropostos em áreas menos atendidas, além de melhorar a confiabilidade e a eficiência do serviço de recarga.

Para que o Brasil se torne um líder em mobilidade elétrica, é fundamental fomentar um ambiente colaborativo que incentive investimentos e inovações. Ao unir esforços, tanto o governo quanto o setor privado podem transformar a infraestrutura de recarga em um pilar essencial para a eletrificação do transporte no país, promovendo uma mobilidade mais sustentável e acessível a todos os cidadãos. Essa sinergia não apenas contribuirá para a redução das emissões de carbono, mas também abrirá caminho para um futuro mais verde e inovador na mobilidade urbana.

Diante disso, é necessário destacar algumas recomendações que precisam ser operacionalizadas em 2025, a saber:

Expansão

Para superar os desafios de cobertura, é essencial uma estratégia nacional que contemple a expansão da infraestrutura em áreas menos atendidas, como as regiões Norte e Nordeste. A adoção de políticas públicas que incentivem a instalação de eletropostos rápidos em rotas estratégicas será fundamental para garantir a viabilidade da mobilidade elétrica em todo o território brasileiro.

Regulamentação e padronização

Fortalecer a regulamentação e acelerar o processo de padronização dos sistemas de recarga é crucial. A adoção de normas claras e universais contribuirá para um ambiente de negócios mais estável, atraindo investimentos e facilitando a adesão dos consumidores ao mercado de veículos elétricos.

Financiamento

Modelos de financiamento que combinem incentivos fiscais, parcerias público-privadas e linhas de crédito específicas serão essenciais para reduzir os custos de instalação e manutenção dos carregadores. A criação de fundos direcionados ao desenvolvimento da infraestrutura de carregamento também poderá alavancar a expansão do setor.



6. Referências

CHARIN. White Paper of Charging Interface Initiative e.V. www.charin.global. Disponível em: <https://www.charin.global/media/pages/technology/knowledge-base/993026d059-1717758226/charin_white_paper_connectors_worldwide_v1.pdf>. Acesso em: 20 out. 2024.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Novo PAC seleções - mobilidade urbana sustentável. www.gov.br/cidades/pt-br. Disponível em: <<https://www.gov.br/cidades/pt-br/novo-pac-selecoes/mobilidade-urbana-sustentavel-renovacao-de-frota>>. Acesso em: 20 out. 2024.

PLATAFORMA NACIONAL DE MOBILIDADE ELÉTRICA (PNME). Governo anuncia investimento de R\$ 10,5 bi para renovação de frota e aquisição de ônibus elétricos. www.pnme.org.br. Disponível em: <<https://pnme.org.br/governo-anuncia-investimento-de-r-105-bi-para-renovacao-de-frota-e-aquisicao-de-onibus-eletricos/>>. Acesso em: 20 out. 2024.



Autores:

Marcos Gonçalves Vieira Mendes
André Fortes Chaves
Bruno Portella

03

03. POLÍTICAS PÚBLICAS: AVANÇOS E DESAFIOS PARA A ELETROMOBILIDADE

1. Introdução

O presente capítulo tem como objetivo identificar e relatar os principais avanços institucionais em políticas públicas para a eletromobilidade no Brasil ao longo de 2024. Além disso, busca-se refletir sobre a natureza e os desdobramentos dos tópicos apresentados.

Ademais, será feita uma análise crítica, especialmente sobre o conteúdo em discussão no Projeto de Lei Complementar (PLP) 68/2024, atualmente em tramitação no Senado Federal. Esse projeto visa regulamentar a reforma tributária, promulgada em dezembro de 2023 como Emenda Constitucional 132, com foco particular na tributação de veículos elétricos pelo Imposto Seletivo (IS).

Conforme já exposto no capítulo equivalente da última edição deste Anuário Brasileiro da Mobilidade Elétrica¹, cujo referencial teórico será reaproveitado neste texto, o Estado é compreendido como um agente indutor de políticas públicas de demanda (demand pull), que visam impulsionar o mercado de novas tecnologias e proteger contra a concorrência, e de oferta (technology push), que busca reduzir o custo da inovação e estimular a pesquisa e desenvolvimento (P&D).

A partir da experiência internacional, entende-se que as medidas regulatórias e as políticas públicas são elementos cruciais para impulsionar a eletrificação da mobilidade. Essas medidas podem incluir metas para a adoção de novas tecnologias, incentivos fiscais e subsídios para a produção, aquisição, comercialização, importação e propriedade de veículos elétricos, além de condições diferenciadas para sua circulação. Também englobam subsídios e incentivos para a implantação de infraestrutura de recarga, pesquisa e desenvolvimento, entre outros.

Entende-se também que, com a emergência da adoção de tecnologias para descarbonização no mundo, as cadeias globais de produção e consumo têm experimentado profundas transformações.

¹Disponível em <https://pnme.org.br/biblioteca/3o-anuario-brasileiro-da-mobilidade-eletrica/>.

Para maiores detalhes, ver capítulo 4, “Olhar institucional e das políticas públicas: instrumentos em desenvolvimento e perspectivas”.

O tema da mobilidade sustentável ocupa, assim, uma posição estratégica e central, conciliando não apenas questões ambientais, mas também industriais. Especialmente quando se considera que, de acordo com dados do escritório de eficiência energética e energia renovável do governo dos Estados Unidos², o custo estimado das baterias de carros elétricos foi reduzido em 90% em 2023, em comparação a 2008, tornando esses veículos cada vez mais competitivos no mercado, especialmente por serem o componente mais caro.

Diante disso, as políticas públicas e as medidas regulatórias surgem como elementos norteadores fundamentais, orientando a alocação de recursos e investimentos, além de proporcionar previsibilidade para os agentes de mercado. No entanto, neste capítulo, não se pretende realizar um levantamento exaustivo dos instrumentos de políticas públicas implementados ao longo do último ano, mas abordar aqueles que são mais ilustrativos em termos de impacto para o ecossistema.

2. O Estado como protagonista na indução de novas tecnologias

O Estado desempenha um papel crucial na promoção de novas tecnologias, atuando como catalisador para a adoção da descarbonização da mobilidade e para a disseminação da infraestrutura necessária. A intervenção estatal é essencial para superar barreiras iniciais e criar um mercado sustentável para essas tecnologias³. Segundo Mazzucato (2014), o Estado não apenas corrige falhas de mercado, mas também assume riscos que o setor privado tende a evitar, investindo em áreas de alta incerteza e com perspectivas de longo prazo.

²<https://www.energy.gov/eere/vehicles/articles/fotw-1354-august-5-2024-electric-vehicle-battery-pack-costs-light-duty>

³https://engemausp.submissao.com.br/22/anais/resumo.php?cod_trabalho=96



2.1. Políticas de Demand Pull e Technology Push

Conforme o capítulo sobre políticas públicas da última edição deste anuário¹, as políticas de demand pull são fundamentais para criar um mercado consumidor robusto para novas tecnologias. Essas políticas incluem medidas como incentivos financeiros, mandatos tecnológicos e compras governamentais, que aumentam a demanda por veículos elétricos. Um exemplo bem-sucedido é a política de subsídios para a compra de veículos elétricos na Noruega, que resultou em uma das maiores taxas de adoção de veículos elétricos per capita no mundo⁴.

Por outro lado, as políticas de technology push, também abordada no 3º anuário¹, são essenciais para aumentar a capacidade de inovação e produção de novas tecnologias. Essas políticas incluem incentivos à pesquisa e desenvolvimento (P&D), benefícios fiscais para empresas inovadoras e a promoção da troca de informações entre agentes do setor. Um exemplo notável é o programa de incentivos à P&D na China, que tem impulsionado significativamente a produção e a inovação em veículos elétricos, tornando o país um líder global nesse setor.

2.2. Coerência Interna e Segurança Jurídica

Para que essas políticas sejam eficazes, é fundamental que haja coerência interna entre os instrumentos de demand pull e technology push. A integração harmoniosa dessas políticas cria um ambiente de segurança jurídica, essencial para que os atores de mercado possam planejar e investir a longo prazo. A segurança jurídica reduz incertezas e riscos, incentivando as empresas a inovarem e os consumidores a adotarem novas tecnologias. Assim, o Estado não apenas promove a eletromobilidade, mas também assegura um desenvolvimento sustentável e competitivo do setor.

Considerando o Estado como protagonista na indução de novas tecnologias na área de eletromobilidade, destacam-se três políticas públicas relevantes em 2024 no Brasil: a implementação do Programa Mover, a incidência do Imposto Seletivo e a nova política industrial brasileira, denominada Nova Indústria Brasil (NIB).

⁴ <https://www.ippapublicpolicy.org/file/paper/5cfd327a05d96.pdf>

3. Programa Mover

No dia 30 de dezembro de 2023, foi publicada pela Presidência da República a Medida Provisória nº 1.205, que instituiu o Programa Mobilidade Verde e Inovação – Programa Mover, substituindo o então programa Rota 2030 – Mobilidade e Logística, em resposta às profundas transformações verificadas no setor automotivo a nível global.

O Mover foi lançado com o objetivo de apoiar o desenvolvimento tecnológico, a competitividade global, a integração nas cadeias globais de valor, a descarbonização e o alinhamento com uma economia de baixo carbono, no ecossistema produtivo e inovativo de automóveis, caminhões, ônibus, entre outros.

Além disso, a Medida Provisória busca responder à ociosidade da capacidade produtiva instalada, que, segundo estimativa da Anfavea, registrou uma queda de 1,9% em 2023, em face das transformações tecnológicas em curso, demandas regulatórias, risco de fragmentação da cadeia de fornecedores, risco de isolamento tecnológico, entre outros fatores.

No entanto, a Medida Provisória teve sua vigência expirada em 3 de junho de 2024. A proposta foi então discutida no Congresso Nacional por meio do Projeto de Lei nº 914/2024, recebido na Câmara dos Deputados em 21 de março de 2024, e convertido na Lei nº 14.902/2024.

Dentre as diretrizes da nova legislação, destacam-se o incremento da eficiência energética, o aumento dos investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação, o estímulo à produção de novas tecnologias e inovações, alinhadas às tendências tecnológicas globais, a promoção do uso de biocombustíveis e outros combustíveis de baixo teor de carbono, além de formas alternativas de propulsão e valorização da matriz energética brasileira. Também se destaca a garantia da capacitação técnica e da qualificação profissional, bem como a expansão ou manutenção do emprego no setor de mobilidade e logística, entre outras.

Dois aspectos basilares da política do Programa Mover, que merecem destaque, são o incentivo à pesquisa e desenvolvimento (P&D) e o chamado IPI Verde.

IPI verde

De acordo com a Lei nº 14.902/2024, cabe ao Poder Executivo definir as alíquotas do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) com base em atributos dos veículos, como eficiência energética no ciclo do tanque à roda e emissão de dióxido de carbono no ciclo do poço à roda, além de reciclagem veicular, rotulagem integrada, desempenho estrutural, tecnologias assistivas à direção, fonte de energia, tecnologia de propulsão, potência do veículo e pegada de carbono do produto.

Nesse sentido, o diploma normativo estabelece a adoção do sistema de bônus e malus, que considera as externalidades positivas ou negativas dos veículos. Isso significa que haverá premiação ou penalização tributária, com base na sustentabilidade de cada veículo.

Além disso, foi prevista a diferenciação de alíquota de até três pontos percentuais para veículos híbridos equipados com motor que utilize exclusivamente etanol, ou que utilize, alternativa ou simultaneamente, gasolina e etanol (motores flex), em relação a veículos convencionais de classe e categoria semelhantes. Os parâmetros para essa diferenciação, no entanto, serão definidos em regulamento próprio.

A partir de 2027, por meio da metodologia de bônus e malus, as externalidades negativas e positivas dos veículos serão quantificadas e poderão ser compensadas por meio de projetos de P&D e programas prioritários de apoio ao desenvolvimento industrial e tecnológico do setor automotivo e sua cadeia.



Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)

A Lei que institui o Mover também prevê um regime de incentivos à pesquisa, desenvolvimento e produção tecnológica para os setores de mobilidade e logística. Para acessar os benefícios, são elegíveis as empresas que se enquadrarem nas seguintes categorias:

I - Produzam, no Brasil, os produtos automotivos abrangidos pelo Acordo de Complementação Econômica nº 14, firmado entre a República Federativa do Brasil e a República Argentina, e seus Protocolos Adicionais, assim como os sistemas e soluções estratégicas para mobilidade e logística, além de seus insumos, matérias-primas e componentes;

II - Possuam projeto de desenvolvimento e produção tecnológica aprovado para a fabricação, no Brasil, de novos produtos ou de novos modelos de produtos existentes mencionados no inciso I deste caput, conforme disposto em ato do Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços; ou

III - Desenvolvam, no Brasil, serviços de pesquisa, desenvolvimento, inovação ou engenharia destinados à cadeia automotiva, com integração às cadeias globais de valor.

Os requisitos para a habilitação das empresas são a tributação no regime de lucro real, a disponibilidade de um centro de custo para pesquisa e desenvolvimento, e a regularidade quanto a tributos federais.

A pessoa jurídica habilitada no regime poderá usufruir de créditos financeiros relativos a dispêndios em pesquisa e desenvolvimento, bem como a investimentos em produção tecnológica, ambos realizados no Brasil. Esses créditos financeiros foram estabelecidos de forma progressiva, iniciando com três bilhões e quinhentos milhões de reais em 2024 e atingindo quatro bilhões e cem milhões de reais em 2028.

Dada a natureza do programa Mover, voltado para a produção de veículos e o desenvolvimento de novas tecnologias, compreende-se que se trata de uma política de technology push, orientada a incentivar a produção automotiva em conformidade com as diretrizes previstas.

4. Imposto de importação

Conforme previsto no capítulo correspondente da edição anterior deste anuário, foi retomado em janeiro o Imposto sobre Importação de carros elétricos, híbridos e híbridos plug-in adquiridos fora do país.

As porcentagens de retomada progressiva do Imposto de Importação variarão conforme os níveis de eletrificação, os processos de produção de cada modelo e a produção nacional, conforme ilustrado a seguir:

	Janeiro de 2024	Julho de 2024	Julho de 2025	Julho de 2026
Carros Híbridos	15%	25%	30%	35%
Híbrido plug-in	12%	20%	28%	35%
Elétricos	10%	18%	25%	35%
Automóveis elétricos para transporte de carga	20%	-	35%	-

Fonte: elaboração própria a partir da página institucional do Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC)

Portanto, conforme o cronograma do Executivo, até a data de produção deste anuário, além da retomada, os veículos eletrificados já passaram pelo primeiro ciclo de majoração das alíquotas do Imposto de Importação.

Segundo informações da página institucional⁵ do Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC).

A deliberação, tomada nesta sexta-feira (10/11) pelo Comitê Executivo de Gestão da Câmara de Comércio Exterior (Gecex-Camex), visa desenvolver a cadeia automotiva nacional, acelerar o processo de descarbonização da frota brasileira e contribuir para o projeto de neointustrialização do país, cujas bases são a inovação, a sustentabilidade e o fortalecimento do mercado interno, com geração de emprego e renda.

⁵ Imposto de importação para veículos eletrificados retomado em janeiro de 2024 – Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços.

No entanto, é importante observar que, no contexto dessa majoração, a produção de veículos eletrificados (particularmente os elétricos, que ainda não são fabricados nacionalmente, com fábricas chinesas previstas para entrar em operação apenas em 2025) ainda é incipiente a nível local. Paralelamente, busca-se avançar com a implementação do Imposto Seletivo, alinhado à rota tecnológica, conforme será abordado a seguir.

5. Reforma Tributária: incidência do imposto seletivo

Em atenção à Reforma Tributária, promulgada em dezembro de 2023 como Emenda Constitucional 132, a Presidência da República apresentou ao Congresso Nacional o Projeto de Lei Complementar (PLP) 68/2024, que, além de outras providências, regulamenta a reforma e trata da Contribuição sobre Bens e Serviços (CBS), que substituirá os tributos federais PIS e Cofins, e do Imposto sobre Bens e Serviços (IBS), que aglutinará o ICMS (estadual) e o ISS (municipal). Além disso, o projeto cria o Imposto Seletivo (IS), que substituirá parcialmente o IPI (mantendo-se vigente em operações relacionadas à Zona Franca de Manaus), incidindo sobre a produção, extração, comercialização ou importação de bens e serviços prejudiciais à saúde ou ao meio ambiente, com o objetivo de desestimular o consumo desses produtos considerados nocivos.

Especificamente sobre o Imposto Seletivo, ao contrário do que ocorria nos princípios norteadores do IPI, em especial o Princípio da Seletividade, a atenção não está voltada exclusivamente aos bens ou serviços prejudiciais à saúde, mas também ao meio ambiente.

Essa base extremamente ampla, contudo, gera grande preocupação no mercado devido à sua subjetividade, uma vez que não há uma definição expressa do conceito de "prejudicialidade" à saúde e ao meio ambiente. Embora exista uma lista taxativa, nada impede que novas hipóteses de tributação sejam acrescidas por meio de iniciativas legislativas.

Nesse contexto, o texto do PLP 69/2024, aprovado pela Câmara dos Deputados, prevê, no Anexo XVII, a tributação do Imposto Seletivo sobre os seguintes tipos de veículos: NCM 87.03 (automóveis de passageiros); 8704.21 (automóveis para transporte de mercadorias com motor diesel ou semidiesel e capacidade de carga de até 5 toneladas);

8704.41.00 (automóveis de transporte de mercadorias, com motor diesel, semidiesel e motor elétrico, que não excedam 5 toneladas); 8704.51.00 (veículo equipado com motor de pistão de ignição por centelha, combinado com motor elétrico para propulsão); 8704.60.00 (veículos exclusivamente elétricos para transporte de mercadorias); e o NCM 8704.90.00, que abrange outros tipos de veículos utilizados para transporte de mercadorias.

Além disso, o PLP 69/2024 estabelece que o Imposto Seletivo não incidirá sobre: (i) exportações (exceto quando se tratar de bens minerais, conforme o art. 410, inciso V, da referida norma); (ii) operações com energia elétrica e telecomunicações; (iii) bens e serviços com redução de 60% da alíquota do IBS e da CBS, com base em regimes diferenciados; e (iv) serviços de transporte público coletivo de passageiros rodoviário e metroviário de caráter urbano, semiurbano ou metropolitano.

No que se refere à eletromobilidade, uma das últimas alterações realizadas pela Câmara dos Deputados em relação ao Imposto Seletivo teve como objeto: (i) a exclusão dos caminhões da tributação, em razão do seu impacto em toda a cadeia produtiva; e, surpreendentemente, (ii) a inclusão dos veículos elétricos, com base no argumento da poluição gerada pelo descarte das baterias.

Embora a exclusão dos caminhões e a inclusão dos veículos elétricos na tributação do Imposto Seletivo sejam, no mínimo, sensíveis e contraditórias — especialmente sob a ótica da poluição ambiental —, o objetivo deste capítulo não é discutir a necessidade de retirar os caminhões da hipótese de incidência do Imposto Seletivo, mas sim destacar as fragilidades e a regressão representada pela tributação dos veículos elétricos por meio desse imposto.

A seguir, apresentamos cinco razões que sustentam essa argumentação:

Fontes renováveis de energia

Segundo dados da ANEEL, dos 200 GW de capacidade instalada no Brasil, 84,25% provêm de fontes renováveis e 15,75% de fontes não renováveis (com 1% de energia nuclear)⁶. Ou seja, a energia utilizada para alimentar os veículos elétricos no país provém, em sua maior parte, de fontes sustentáveis, o que contraria a lógica das hipóteses de incidência do Imposto Seletivo, que visam tributar a produção, extração, comercialização ou importação de bens e serviços prejudiciais à saúde ou ao meio ambiente.

Bateria como componente estratégico

A bateria é um componente estratégico presente não apenas em veículos 100% elétricos, mas também em outras rotas tecnológicas de conversão de energia em força motriz (ex.: hidrogênio, biometano, etanol, biodiesel). Portanto, não há justificativa para aumentar a tributação especificamente sobre veículos que utilizam exclusivamente baterias, considerando que as demais tecnologias também fazem uso dessa mesma tecnologia.

Além disso, vale ressaltar que os veículos elétricos apresentam uma eficiência energética superior (aproximadamente 90%) em comparação aos modelos a combustão interna, que aproveitam apenas de 30% a 40% da energia, com grande parte sendo desperdiçada, especialmente na forma de calor e ruído.

⁶ Imposto de importação para veículos eletrificados retomado em janeiro de 2024 – Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços.



Combustíveis Fósseis e Preferências do Consumidor

A maioria dos veículos vendidos no Brasil é flex, mas apenas 30% da frota utiliza combustível derivado da cana-de-açúcar, de acordo com dados da consultoria Datagro⁶. Embora tenha ocorrido um avanço desde outubro de 2023 (quando esse índice era de 19,4%), o percentual ainda está muito abaixo dos 41,5% alcançados pelo setor em outubro de 2018. Ou seja, quando o consumidor tem a opção de escolher o combustível, a preferência ainda recai sobre os de origem fóssil, o que não deve ser favorecido, especialmente considerando a agenda global de transição energética.

Reciclagem de baterias e sustentabilidade

O Brasil possui capacidade instalada e viabilidade econômica para a reciclagem de baterias, o que demonstra a sustentabilidade e a possibilidade de circularidade da cadeia de baterias. De acordo com a Associação Brasileira de Veículos Elétricos (ABVE), o país já lida com baterias de lítio há mais de 25 anos (ex.: celulares e notebooks), e empresas especializadas na reciclagem desses produtos estão operando no Brasil, prontas para atender ao mercado automotivo⁷. Além disso, de 95% a 98% dos materiais das baterias são reaproveitados, e as baterias dos veículos elétricos possuem uma durabilidade que varia entre 10 e 15 anos – ainda não existindo no Brasil modelos de veículos eletrificados cujas baterias necessitem de reciclagem. Por exemplo, entre 2021 e janeiro de 2024, a empresa Energy Source recuperou 25 toneladas de lítio, 150 toneladas de cobalto, 20 toneladas de níquel, 250 toneladas de grafite, 60 toneladas de cobre e 35 toneladas de alumínio. A reciclagem também reduz a necessidade de extração dos minérios para a produção de baterias⁸, diminuindo as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e, portanto, o impacto ambiental. Diante disso, não parece adequado incluir os veículos eletrificados no Imposto Seletivo.

⁷ <https://abve.org.br/baterias-de-veiculos-eletrificados-podem-ser-100-recicladadas/>

⁸ <https://mobilidade.estadao.com.br/mobilidade-para-que/veiculos-eletricos-empresas-brasileiras-estao-prontas-para-reciclar-baterias/>

Avanços Tecnológicos na Durabilidade das Baterias

Com os avanços tecnológicos, as baterias têm se mostrado cada vez mais duráveis, superando a vida útil dos próprios veículos elétricos⁹. De acordo com estudos realizados por uma empresa canadense do setor, de 2019 a 2024 houve uma redução considerável na taxa de degradação das baterias, que pode chegar a 1% ao ano. Isso significa que, à medida que as baterias se tornam mais eficientes, os veículos elétricos precisarão trocar suas baterias com menos frequência e estarão, portanto, menos suscetíveis ao descarte prematuro.

Com isso, não poderia haver outra conclusão senão a de que, com a devida vênia, a Câmara dos Deputados apresentou um cenário regressivo para a eletromobilidade ao incluir os veículos elétricos na hipótese de tributação pelo Imposto Seletivo, com fundamentos que, a nosso ver, merecem uma reflexão mais profunda.

É importante ressaltar que o Senado Federal ainda pode alterar esse cenário, com a exclusão dos veículos elétricos da incidência do Imposto Seletivo, com base nos motivos já mencionados anteriormente.

Cabe destacar, no entanto, que o Imposto Seletivo ainda está pendente de regulamentação em relação às alíquotas, que deverão ser definidas por lei ordinária. A quantificação do imposto seguirá alguns pilares estabelecidos no artigo 417 do Projeto de Lei Complementar 68/2024, em tramitação no Senado Federal, que visa regulamentar a Reforma Tributária. Entre os critérios destacados, estão a potência e a categoria do veículo, eficiência energética, desempenho estrutural, tecnologias assistivas à direção, reciclabilidade de materiais, densidade tecnológica, emissões de dióxido de carbono considerando o ciclo "poço à roda" e a realização de etapas fabris no Brasil. Há uma clara similaridade com as alíquotas progressivas do Programa Mover, que também busca avaliar o impacto ambiental dos veículos.

⁹ <https://insideevs.uol.com.br/news/734174/baterias-ev-podem-durar-mais/>

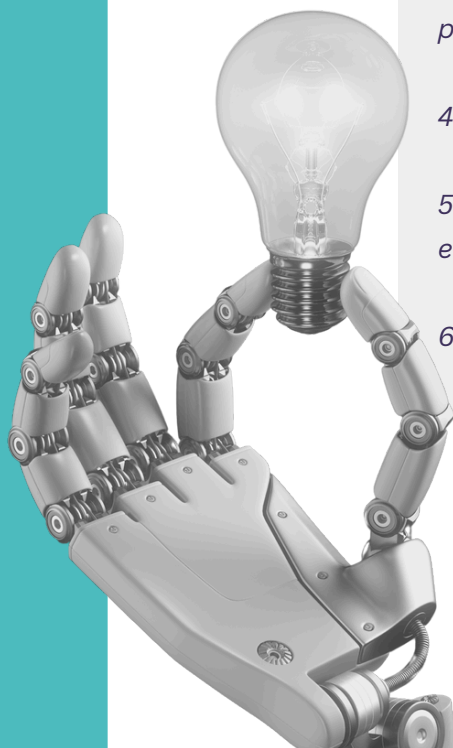
Por fim, observa-se que, por incidir tanto sobre a produção quanto sobre a comercialização e importação de veículos, o Imposto Seletivo previsto na Reforma Tributária possui características tanto de Demand Pull quanto de Technology Push, ou seja, ao mesmo tempo em que estimula a demanda por tecnologias mais sustentáveis (Demand Pull), também pode impulsionar a inovação e o desenvolvimento de novas tecnologias (Technology Push).

6. Nova Indústria Brasil – NIB e a Mobilidade Sustentável

A Nova Indústria Brasil, elaborada a partir de um amplo diálogo entre o governo e os setores produtivos, coordenado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Industrial (CNDI) e entregue ao presidente da República em janeiro de 2024, visa transformar o setor industrial brasileiro, promovendo a modernização, sustentabilidade e competitividade até 2033. O novo instrumento prevê investimentos totais superiores a trezentos milhões de reais para apoiar um plano de ação robusto e alcançar os objetivos traçados nas seis missões estabelecidas.

As seis missões são:

- 1. Cadeias agroindustriais sustentáveis e digitais para a segurança alimentar, nutricional e energética.*
- 2. Complexo econômico-industrial da saúde resiliente para reduzir as vulnerabilidades do SUS e ampliar o acesso à saúde.*
- 3. Infraestrutura, saneamento, moradia e mobilidade sustentáveis para a integração produtiva e bem-estar nas cidades.*
- 4. Transformação digital da indústria para ampliar a produtividade.*
- 5. Bioeconomia, descarbonização e transição e segurança energéticas para garantir os recursos para as futuras gerações.*
- 6. Tecnologias de interesse para a soberania e a defesa nacionais.*



Dentre essas missões, destacamos a Missão 3, que aborda a mobilidade sustentável como um dos pilares para o desenvolvimento do país e sua contribuição para soluções inovadoras em mobilidade. Esta missão reconhece a necessidade de desenvolver soluções de transporte eficientes, acessíveis e com baixo impacto ambiental. Além disso, ela se concentra em impulsionar a transição para tecnologias de mobilidade mais limpas, como veículos elétricos, biocombustíveis, transporte público eletrificado e sistemas de mobilidade compartilhada, visando reduzir a dependência de combustíveis fósseis e diminuir as emissões de gases de efeito estufa.

Realizamos uma análise detalhada dos principais objetivos descritos na Nova Indústria Brasil, uma política que tem um impacto direto na promoção da mobilidade sustentável no país. Esses objetivos foram estruturados para transformar o setor de transporte brasileiro, visando à descarbonização, inovação tecnológica e o desenvolvimento de um mercado mais eficiente e ambientalmente responsável.

Os principais objetivos são:

Descarbonização do transporte

A principal meta é reduzir as emissões de gases de efeito estufa no setor de transporte, com foco na promoção de veículos elétricos, híbridos e movidos a combustíveis renováveis. Essa transformação ajudará o Brasil a cumprir suas metas climáticas internacionais, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis e contribuindo significativamente para a mitigação das mudanças climáticas.

Inovação e desenvolvimento tecnológico

A Nova Indústria Brasil incentiva a pesquisa, desenvolvimento e produção de tecnologias de mobilidade sustentável no Brasil. A proposta é criar um ecossistema de inovação robusto, que fortaleça a indústria automotiva nacional e coloque o Brasil na vanguarda das tecnologias de transporte limpo. Esse ambiente inovador é crucial para o desenvolvimento de soluções que atendam tanto às necessidades do mercado interno quanto às demandas globais.

Infraestrutura para mobilidade sustentável

Outro objetivo crucial é a ampliação da infraestrutura de recarga para veículos elétricos. Sem a instalação de uma rede eficiente de estações de recarga, a transição para a eletrificação do transporte se torna inviável. Além disso, o governo busca criar um ambiente favorável para a adoção de tecnologias inovadoras, tanto para o transporte privado quanto público, com ênfase em sistemas de transporte coletivo eletrificados, como ônibus e trens.

Incentivos para produção de consumo

Para viabilizar a adoção em larga escala de veículos sustentáveis, a política prevê a criação de incentivos fiscais e financeiros tanto para a produção quanto para a aquisição de veículos de baixo impacto ambiental. Esses incentivos visam tornar os veículos elétricos e híbridos mais acessíveis à população, acelerando a transição para uma frota mais limpa e eficiente no Brasil.

A mobilidade sustentável desempenha um papel essencial na construção de cidades mais saudáveis, eficientes e inclusivas. No contexto da Missão 3 da Nova Indústria Brasil, fica claro que a transformação do setor de transporte é um passo fundamental para alcançar uma sociedade de baixo carbono e melhorar a qualidade de vida nas áreas urbanas. Esta missão sublinha que a transição para tecnologias de transporte mais limpas é crucial não apenas para reduzir as emissões de gases de efeito estufa, mas também para diminuir a dependência de combustíveis fósseis, alavancando uma economia mais sustentável.

Além dos benefícios ambientais, a promoção de tecnologias inovadoras em mobilidade sustentável tem o potencial de impulsionar a indústria nacional, gerando novos empregos e fortalecendo a competitividade do Brasil no cenário global. A adoção de soluções como veículos elétricos, sistemas de transporte público eletrificados e biocombustíveis coloca o Brasil em posição de liderança na transição energética, criando novas oportunidades de mercado e atraindo investimentos em inovação.

Os desafios e as oportunidades que surgem com a implementação da Missão 3 da Nova Indústria Brasil são significativos e devem ser cuidadosamente abordados para garantir o sucesso da transição para uma mobilidade sustentável. A seguir, apresentamos alguns dos principais desafios e oportunidades que estarão no centro dessa transformação:

Desafios:

1. Infraestrutura de recarga: Para que a eletrificação do transporte seja viável em larga escala, é essencial que o Brasil invista significativamente em infraestrutura de recarga. Isso inclui a construção de estações de recarga tanto em áreas urbanas quanto rurais, além de garantir que a infraestrutura existente seja adaptada para suportar a crescente frota de veículos elétricos. O país ainda enfrenta uma falta de cobertura adequada, especialmente fora dos grandes centros urbanos.

2. Desafios tributários: Em um estágio inicial de maturidade da eletrificação, oferecer incentivos fiscais aos consumidores pode ser um obstáculo, dado o atual panorama tributário. Há a necessidade de ajustes no sistema fiscal para tornar os veículos sustentáveis mais acessíveis e atrativos ao consumidor, reduzindo os custos de aquisição e operação dos veículos. Além disso, políticas fiscais eficientes devem ser estabelecidas para fomentar a produção local e a inovação no setor.

3. Adaptação da cadeia produtiva: A indústria automotiva brasileira precisa se adaptar rapidamente para atender à crescente demanda por tecnologias de mobilidade sustentável, como veículos elétricos e híbridos. Isso envolve não apenas a capacitação de trabalhadores, mas também o desenvolvimento de novos fornecedores e tecnologias, além da adaptação das fábricas existentes para produzir esses novos modelos de veículos. As empresas precisarão investir em P&D (pesquisa e desenvolvimento) e buscar soluções para as novas necessidades do mercado.



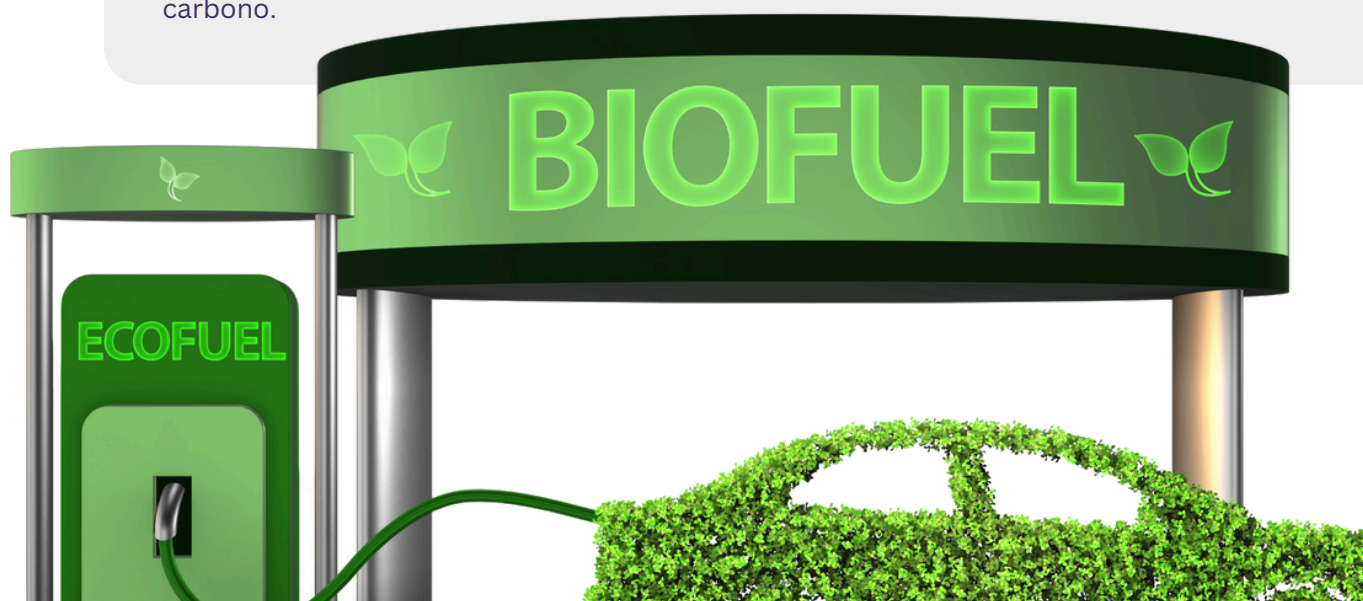
Oportunidades:

1. Desenvolvimento de novas tecnologias: A transição para a mobilidade sustentável oferece grandes oportunidades para o desenvolvimento de novas tecnologias, desde sistemas de baterias mais eficientes até novas formas de propulsão e tecnologias de recarga inteligente. Empresas brasileiras podem se tornar líderes em áreas emergentes, como veículos autônomos ou soluções de mobilidade como serviços de compartilhamento de carros e transporte coletivo baseado em energias limpas.

2. Parcerias público-privadas: A implementação de uma nova infraestrutura de mobilidade e o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis exigirão uma colaboração estreita entre o setor público e privado. O governo pode criar um ambiente favorável para a inovação, oferecendo incentivos fiscais, subsídios e criando regulações claras que estimulem o investimento privado. Além disso, parcerias internacionais podem trazer expertise e financiamento para acelerar a adoção de novas soluções tecnológicas.

3. Criação de empregos qualificados: Com a modernização da indústria automotiva e o desenvolvimento de novas tecnologias de mobilidade sustentável, haverá um aumento na demanda por profissionais qualificados em áreas como engenharia elétrica, automação, infraestrutura de recarga e análise de dados. A transição para veículos elétricos e híbridos também poderá gerar empregos em novos setores, como a reciclagem de baterias, impulsionando a economia verde.

4. Diferencial competitivo nas exportações: O Brasil possui uma matriz energética limpa e um grande potencial para o uso de biocombustíveis, o que pode ser um grande diferencial competitivo na exportação de soluções sustentáveis. O país pode se tornar um exportador líder de veículos e tecnologias com baixo impacto ambiental, não apenas para os mercados da América Latina, mas também para economias avançadas que buscam reduzir sua pegada de carbono.



A PNME foi mencionada nesta nova política, especialmente na Missão 3, como um dos atores responsáveis pela formulação de uma Estratégia Nacional de Mobilidade Sustentável. Estamos mantendo um diálogo contínuo com representantes do CNDI e do Ministério de Minas e Energia para garantir um engajamento eficaz e contribuições no momento oportuno.

Por fim, a Missão 3 da Nova Indústria Brasil é um componente crucial na transição do país para uma economia mais sustentável e inovadora. Ao priorizar a mobilidade sustentável, a missão não apenas contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa, mas também fortalece a indústria nacional, cria empregos e melhora a qualidade de vida da população. Para que o Brasil se consolide como líder em mobilidade sustentável, será necessário superar os desafios e aproveitar as oportunidades que surgirem ao longo dessa jornada.

7. Conclusões

Diante de todo o exposto, exceto pela inclusão dos veículos elétricos na hipótese de incidência do Imposto Seletivo, verificou-se, ao longo do último ano, um avanço no quadro institucional brasileiro, tanto no que diz respeito à indução da produção quanto à demanda por novas tecnologias, especialmente por meio do Programa Mover e da Nova Indústria Brasil (NIB).

Embora se perceba uma certa preferência governamental por biocombustíveis, também foram implementadas medidas de incentivo à eletrificação da mobilidade. A adoção de um arcabouço eclético exigirá, contudo, uma alta capacidade de coordenação, particularmente devido à falta de interoperabilidade entre a infraestrutura de abastecimento e recarga das diversas rotas tecnológicas. Como sugestão, poderia ser considerada a criação de bolsões tecnológicos regionais, com o objetivo de otimizar investimentos e alocar recursos em percursos tecnológicos específicos.

De toda forma, nota-se uma crescente mobilização institucional em favor de uma transição energética no contexto dos transportes e logística no Brasil.

8. Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Matriz elétrica brasileira alcança 200 GW. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2024/matriz-eletrica-brasileira-alcanca-200-gw>>. Acesso em: 01 de nov. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO VEÍCULO ELÉTRICO (ABVE). Baterias de lítio de veículos eletrificados podem ser até 100% recicladas. Disponível em: <<https://abve.org.br/baterias-de-veiculos-eletrificados-podem-ser-100-recicladas/>>. Acesso em: 1 nov. 2024.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. Debatedores defendem Imposto Seletivo mais alto para produção automobilística menos sustentável. Disponível em: <<https://www.camara.leg.br/noticias/1087541-DEBATEDORES-DEFENDEM-IMPOSTO-SELETIVO-MAIS-ALTO-PARA-PRODUCAO-AUTOMOBILISTICA-MENOS-SUSTENTAVEL>>. Acesso em: 01 de Nov. 2024.

DEPARTMENT OF ENERGY OF USA (DOE). Electric Vehicle Battery Pack Costs for a Light-Duty Vehicle in 2023 Are 90% Lower than in 2008, according to DOE Estimates. Disponível em: <<https://www.energy.gov/eere/vehicles/articles/fotw-1354-august-5-2024-electric-vehicle-battery-pack-costs-light-duty>>. Acesso em: 01 de nov. 2024.

ESTADO DE SÃO PAULO. Veículos elétricos: empresas brasileiras estão prontas para reciclar baterias. Disponível em: <<https://mobilidade.estadao.com.br/mobilidade-para-que/veiculos-eletricos-empresas-brasileiras-estao-prontas-para-reciclar-baterias/>>. Acesso em: 01 de nov. 2024.

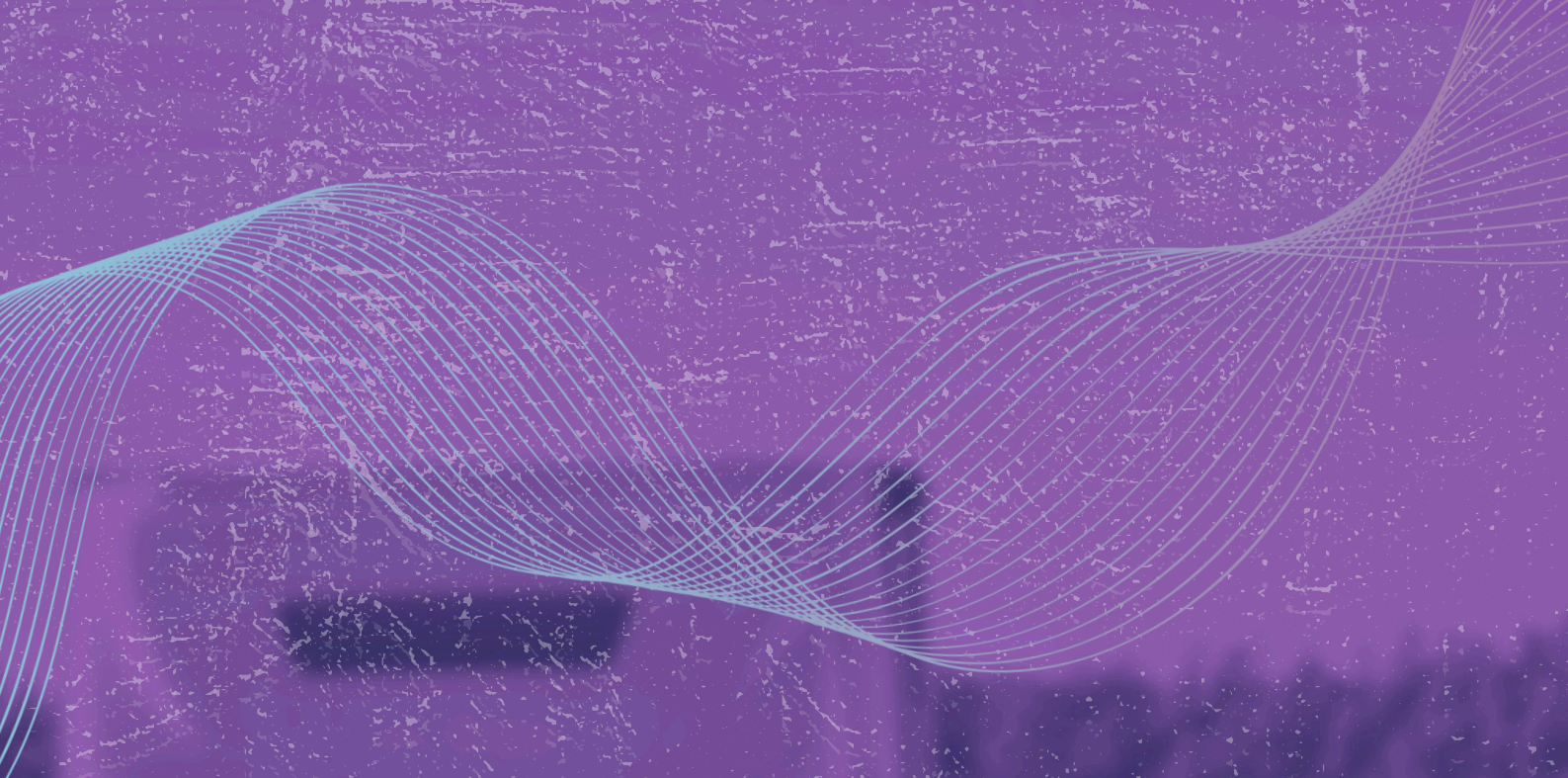
INSIDEEVs. Baterias de carros elétricos podem durar mais que a vida útil dos veículos. Disponível em: <<https://insideevs.uol.com.br/news/734174/baterias-ev-podem-durar-mais/>> Acesso em: 01 de nov. 2024.

MAZZUCATO, Mariana. O estado empreendedor: desmascarando o mito do setor público vs. setor privado. Porto Alegre: Portfolio-Penguin, 2014.

NUÑEZ-JIMENEZ, Alejandro et al. Balancing technology-push and demand-pull policies for fostering innovations and accelerating their diffusion. In: Canada: Full paper for submission for the 4th International Conference on Public Policy, 2019. Disponível em: <<https://www.ippapublicpolicy.org/file/paper/5cfd327a05d96.pdf>>. Acesso em: 01 de nov. 2024.

PLATAFORMA NACIONAL DE MOBILIDADE ELÉTRICA (PNME).3º Anuário Brasileiro da Mobilidade Elétrica: Rumo à expansão do mercado, políticas e tecnologias no Brasil. Disponível em: <<https://pnme.org.br/biblioteca/3o-anuario-brasileiro-da-mobilidade-eletrica/>>.

WADY, A.; CONSONI, F. Os sinais regulatórios necessários para o desenvolvimento da mobilidade elétrica no Brasil: uma abordagem com foco na infraestrutura de recarga. XXII ENGEMA–Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, 2020. Disponível em: <https://engemausp.submissao.com.br/22/anais/resumo.php?cod_trabalho=96>. Acesso em: 01 de Nov. 2024.



Autores(as):

Márcio de Almeida D'Agosto
Ana Carolina Maia Angeto
Lino Guimarães Marujo
Lorena Mirela Ricci

04

04. ELETRIFICAÇÃO DO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGA



1. Introdução

Este capítulo destaca os avanços da eletrificação veicular no Brasil, com ênfase nos dados mais relevantes de 2024 sobre o licenciamento e o market share de caminhões e veículos comerciais elétricos. Os dados apresentados revelam a adoção gradual, porém crescente, da eletrificação no transporte rodoviário de carga, que, embora represente uma pequena parcela do mercado total, reflete uma tendência em direção a soluções de transporte mais sustentáveis. O capítulo também discute a potencial redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) proporcionada pela frota elétrica em operação. Por fim, aborda o papel do retrofit como alternativa para a eletrificação de veículos movidos a combustíveis fósseis, destacando as oportunidades e os desafios para a adoção mais ampla da tecnologia elétrica no setor de transporte de carga brasileiro.

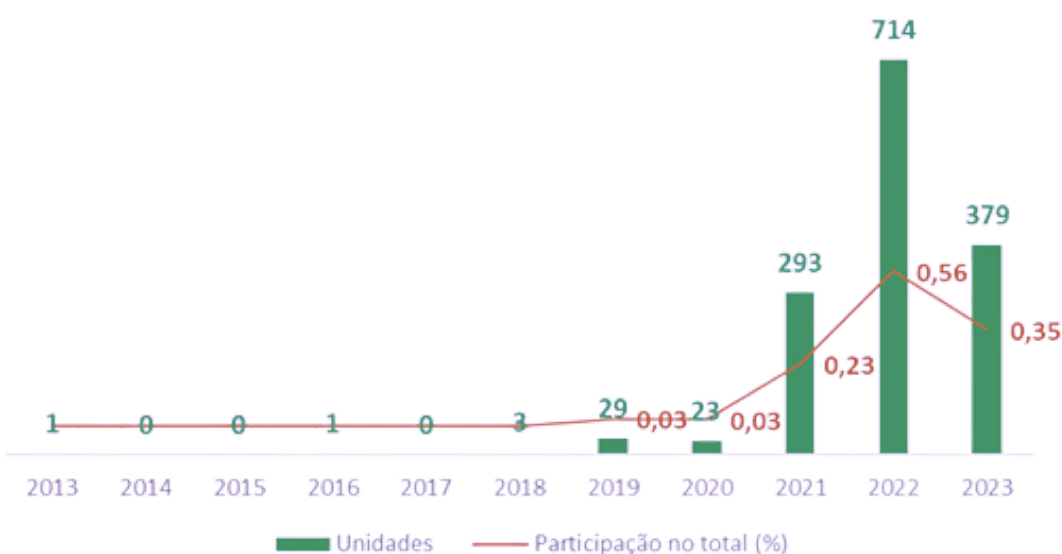
2. Histórico de licenciamento

O licenciamento veicular é um indicador fundamental da atividade econômica no setor automotivo, refletindo não apenas a demanda por veículos, mas também as tendências de mercado, como a transição para a eletrificação e a introdução de novos modelos no Brasil. Entidades como a ANFAVEA (Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores), a FENABRAVE (Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores), a ABVE (Associação Brasileira do Veículo Elétrico) e a ABEIFA (Associação Brasileira das Empresas Importadoras e Fabricantes de Veículos Automotores) publicam regularmente dados sobre a fabricação e o licenciamento de veículos, permitindo a análise do desempenho e das transformações do setor ao longo do tempo.

2.1. Caminhões elétricos

Dados da ANFAVEA mostram que o primeiro licenciamento de caminhão elétrico no Brasil ocorreu em 2013, com um crescimento expressivo sendo observado apenas a partir de 2019. Apesar do aumento nas vendas, os caminhões elétricos ainda representam uma pequena parcela do total de caminhões comercializados no país, com o diesel sendo o combustível predominante, com mais de 99% de participação. Vale destacar que esses dados refletem apenas as vendas das empresas associadas à ANFAVEA, o que significa que os números apresentados podem ser inferiores ao total de licenciamento, uma vez que incluem também veículos importados por empresas não associadas à ANFAVEA. No Gráfico 1, encontram-se os dados anuais mais recentes, atualizados até o momento da escrita desse capítulo (novembro de 2024).

Gráfico 1 – Licenciamento de caminhões elétricos novos no Brasil (2013 a 2023)



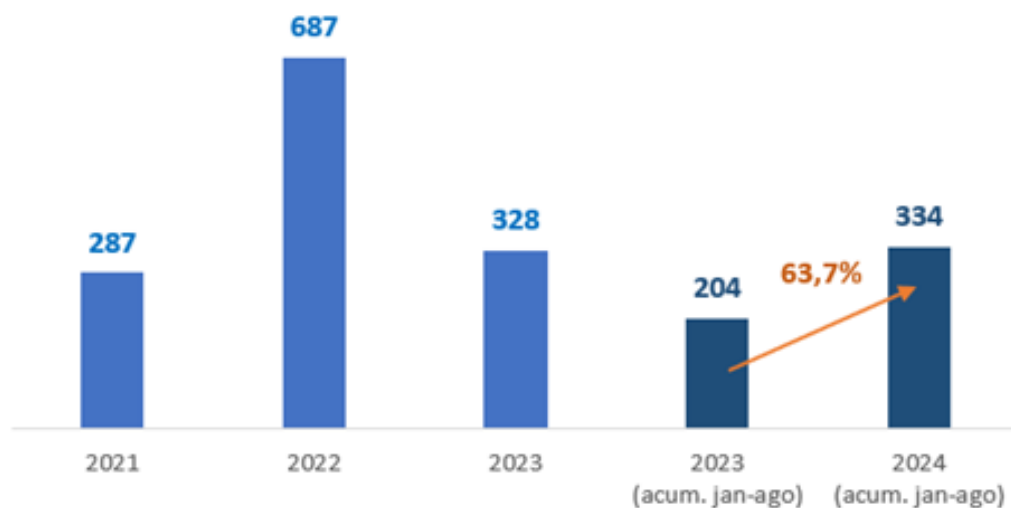
Fonte: Elaboração própria a partir de ANFAVEA (2024)

Assim, ao monitorar a produção e o licenciamento de caminhões, a ANFAVEA tem observado uma expansão, ainda que modesta, da frota de caminhões elétricos no Brasil. Embora sua participação no total de licenciamentos seja ainda pequena, o mercado de caminhões elétricos tem apresentado crescimento, impulsionado por iniciativas de sustentabilidade adotadas por embarcadores e transportadores de carga.

Empresas tradicionais do mercado nacional, como Volkswagen Caminhões e Ônibus (VW CO), Volvo e Scania, têm investido no lançamento de caminhões elétricos no Brasil. No entanto, empresas asiáticas, como BYD e JAC Motors, entre outras, têm liderado a introdução dessa tecnologia no país.

Dados da FENABRAVE¹ sobre o emplacamento de caminhões indicam que o mercado de caminhões elétricos já superou a marca de 330 unidades no acumulado de janeiro a agosto de Gráfico 2.

Gráfico 2 – Número de caminhões elétricos emplacados por mês no Brasil em 2024



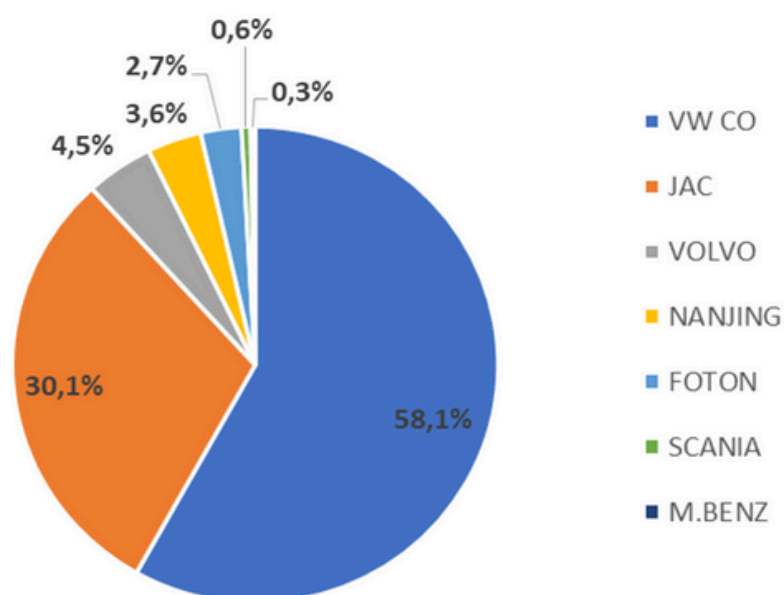
Fonte: Elaboração própria com base em dados da FENABRAVE (2024)

¹<https://online.fliphtml5.com/ordey/psdy/#p=40>

Também é possível analisar o market share de cada empresa nas vendas de caminhões elétricos. O mercado de caminhões com motor a combustão é liderado por Volkswagen Caminhões e Ônibus (VW CO), Mercedes-Benz (MBB), Volvo e Scania. Em 2023, o market share dessas empresas no total de vendas de caminhões a combustão foi, respectivamente, de aproximadamente 26%, 25%, 19% e 12%.

Já o mercado de caminhões elétricos está concentrado em Volkswagen Caminhões e Ônibus (VW CO) e JAC Motors, que, juntas, representam cerca de 88% do mercado total no acumulado de janeiro a agosto de 2024 (Gráfico 3).

Gráfico 3 – Market share de caminhões elétricos emplacados no Brasil (janeiro a agosto de 2024)

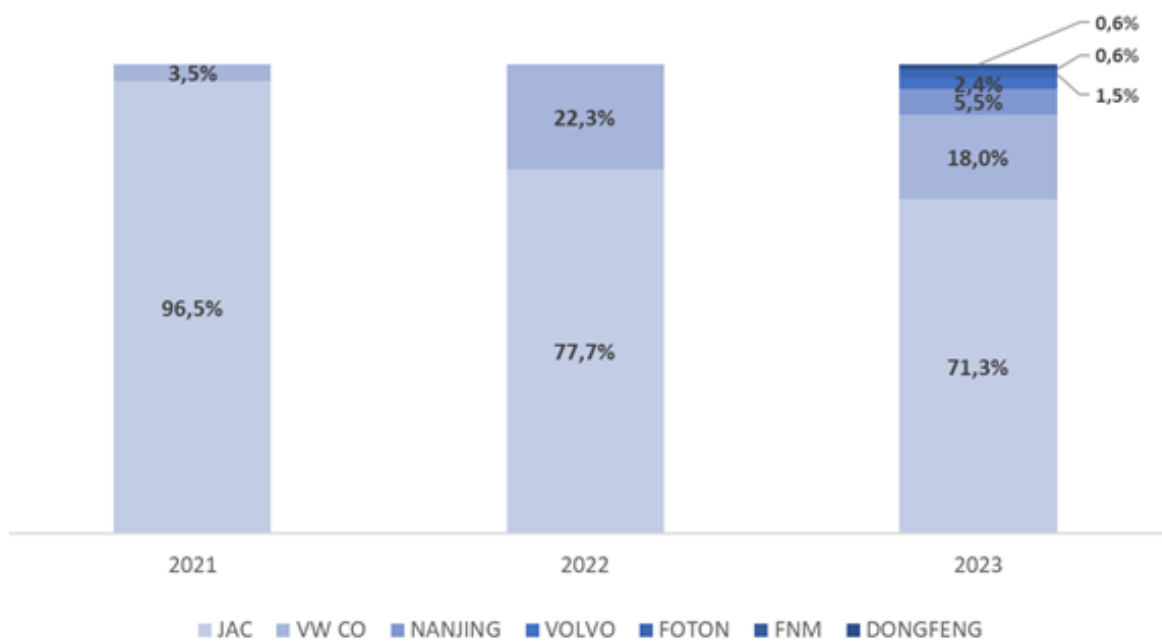


Fonte: Elaboração própria com base em dados da FENABRAVE (2024)

Ao analisar a evolução do market share das empresas no mercado de caminhões elétricos, observa-se uma diversificação, com a entrada de novas montadoras a partir de 2023. Além disso, destaca-se o crescimento do market share da VW CO² (Gráfico 4).

²<https://online.fliphtml5.com/ordey/dxmz/?search=el%C3%A9trico#p=1>

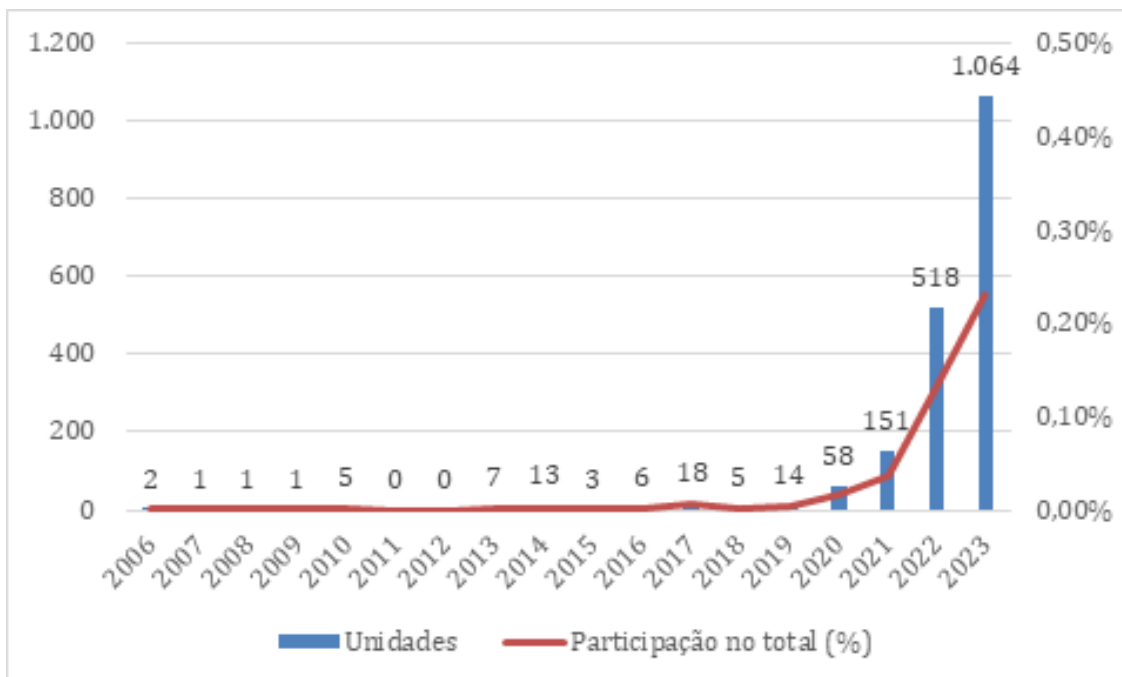
Gráfico 4 – Evolução do market share nas vendas de caminhões elétricos no Brasil



Fonte: Elaboração própria com base em dados da FENABRAVE (2023)

Um dos principais desafios para a eletrificação de caminhões no Brasil é a infraestrutura insuficiente de recarga para veículos de grande porte. Além disso, o alto custo inicial dos caminhões elétricos continua sendo um obstáculo significativo, resultando em uma expansão lenta dessa tecnologia no mercado.

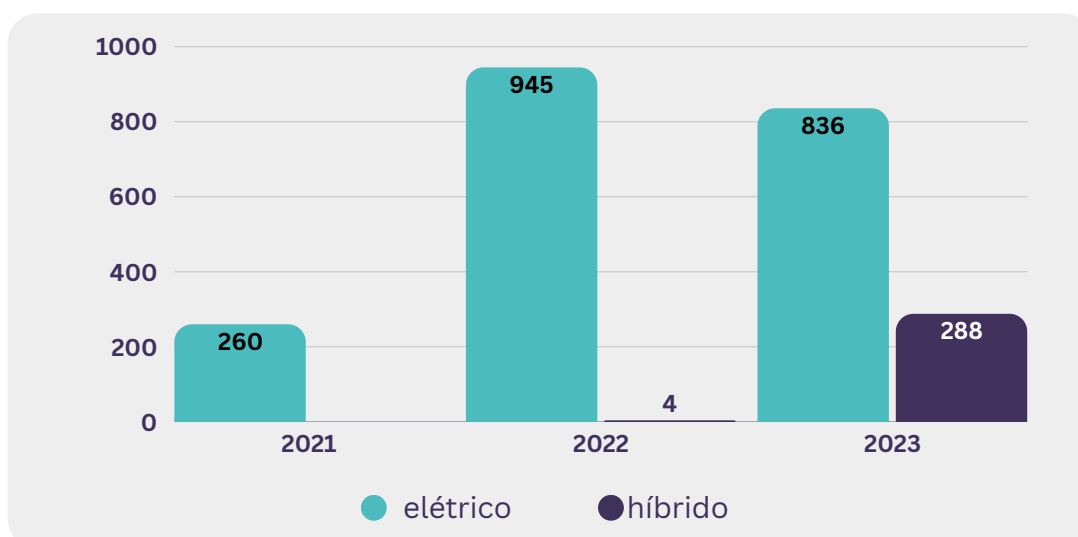
Gráfico 5 – Licenciamento de comerciais leves elétricos novos



Fonte: Elaboração própria a partir de ANFAVEA (2024)

A comercialização de veículos comerciais leves elétricos registrou um salto de 2021 para 2022, embora tenha havido um pequeno recuo em 2023 (Gráfico 6). No entanto, é notável o aumento na procura por veículos híbridos elétricos, com um crescimento expressivo nas vendas desse tipo de veículo em 2023 em comparação aos anos anteriores.

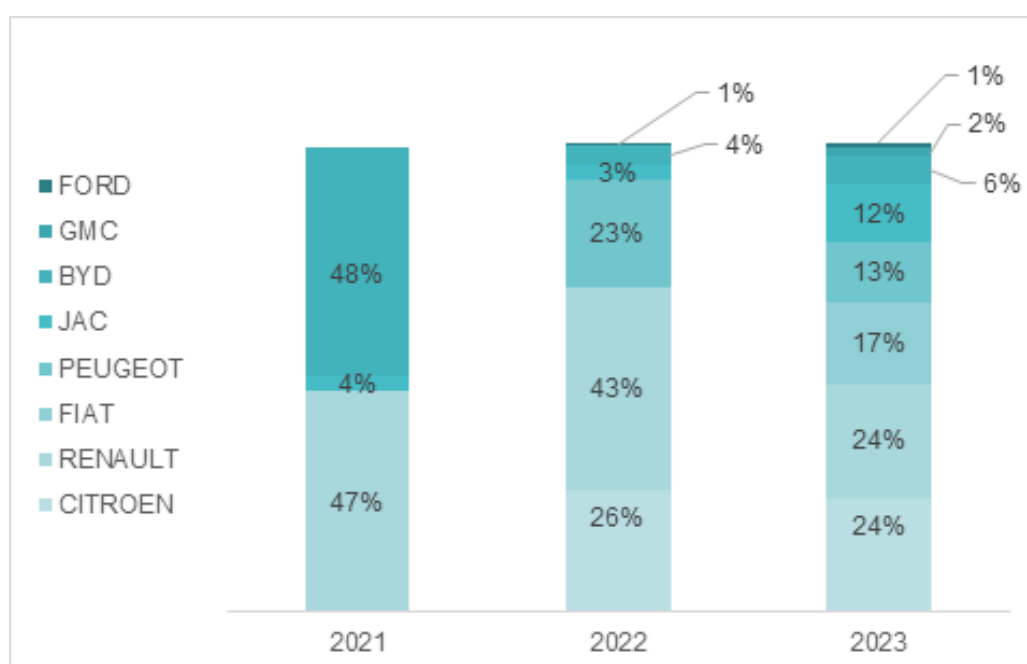
Gráfico 6 - Comercialização de veículos comerciais leves elétricos no Brasil



Fonte: Elaboração própria com base em dados da FENABRAVE (2024)

Em relação ao market share, as empresas que inicialmente dominavam quase todo o mercado, como Renault e BYD, perderam espaço nos anos seguintes. Em 2022, a Renault ainda conseguiu manter uma presença forte, com 43% de participação, enquanto a Citroën passou a representar cerca de 25% dos veículos comercializados. Esse patamar se manteve em 2023, que se caracteriza como um ano de maior divisão no market share, com a entrada de novas empresas no mercado, como mostrado no Gráfico 7.

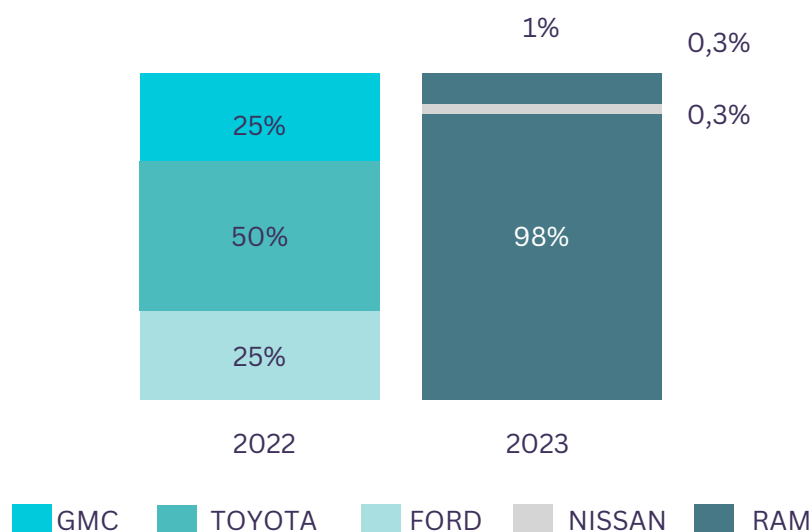
Gráfico 7. Evolução do market share dos veículos comerciais leves elétricos no Brasil



Fonte: Elaboração própria com base em dados da FENABRAVE (2024)

No caso dos veículos híbridos elétricos, a divisão de market share que, em 2022, tinha 50% dos veículos comercializados com a Toyota, foi completamente dominada pela Ford em 2023, que passou a ser responsável por 98% das vendas. Esse crescimento foi notável, já que a Ford aumentou de 1 veículo em 2022 para 283 em 2023, evidenciando a rápida expansão de sua participação no mercado (Gráfico 8).

Gráfico 8. Evolução do market share dos veículos comerciais leves híbridos no Brasil



Fonte: Elaboração própria com base em dados da FENABRAVE (2024)

3. Frota circulante e a estimativa de mitigação de Gases de Efeito Estufa (GEE)

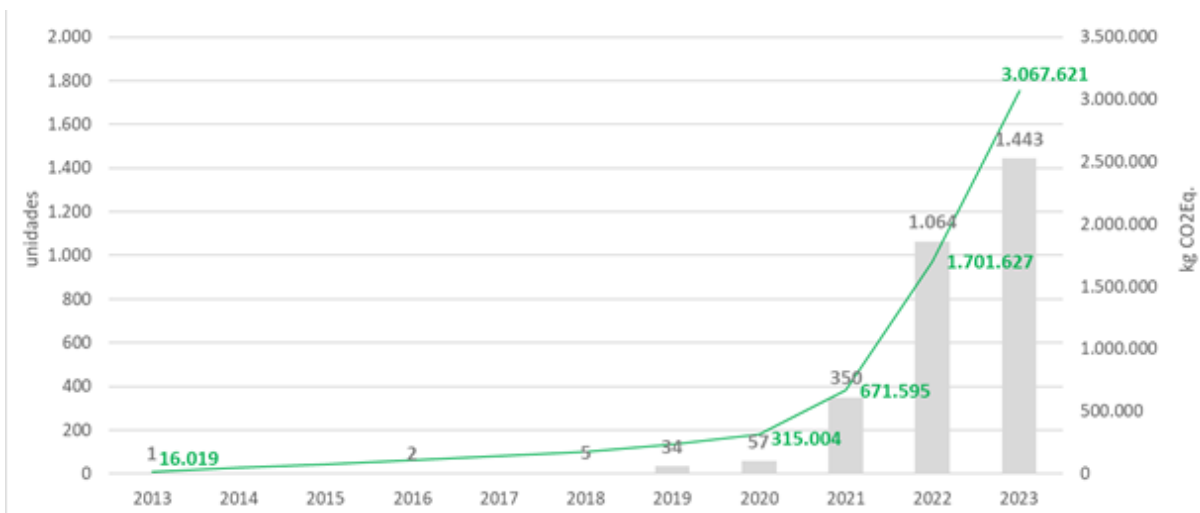
O Brasil, com seu vasto território e forte dependência do transporte rodoviário para escoar a produção agrícola e industrial, está vivenciando um processo de transformação no setor de transporte de carga. A eletrificação da frota de caminhões surge como uma tendência emergente, impulsionada por estratégias de descarbonização do transporte e pela redução das emissões de Escopo 3 das empresas embarcadoras. No entanto, o setor ainda enfrenta desafios, como a infraestrutura inadequada e o alto custo inicial dos veículos elétricos.

Com base nos dados de licenciamento da ANFAVEA, é possível estimar a frota circulante de caminhões elétricos no Brasil. Em 2013, houve o licenciamento de apenas um caminhão elétrico, enquanto, em 2023, esse número ultrapassou 1.060 unidades, acumulando mais de 6,6 milhões de quilômetros percorridos. Considerando que esses caminhões estão substituindo veículos a diesel na categoria de caminhões leves, pode-se estimar o potencial de redução do consumo de diesel e, conseqüentemente, de mitigação das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) com a eletrificação dessa frota.

Estima-se que, entre 2013 e 2023, a frota de caminhões elétricos tenha contribuído para a redução do consumo de diesel em cerca de 1,07 milhão de litros, o que resultaria na diminuição de mais de 3,07 milhões de kg de CO₂e (Gráfico 9 e Tabela 1).

Gráfico 9. Potencial de mitigação de GEE pela frota circulante de caminhões elétricos no Brasil

(linha em verde estimativa das emissões potencialmente evitadas de GEE em kg CO₂e e barras em cinza referente à estimativa da frota circulante)



Fonte: Elaboração própria com base em dados do licenciamento da ANFAVEA

Tabela 1. Potencial de emissões evitadas de GEE pela frota circulante de caminhões elétricos no Brasil

Frota circulante de caminhões elétricos no Brasil					
Ano	Licenciamentos ¹ (unid.)	Frota circulante ² (unid.)	Distância ³ acumulada percorrida (mil km)	Potencial consumo de combustível evitado (m ³) ⁴	Emissões potencialmente evitadas de GEE ⁵ (t CO2e)
2013	1	1	32	5	16
2014	0	1	96	16	47
2015	0	1	159	26	78
2016	1	2	224	36	110
2017	0	2	288	46	141
2018	3	5	357	58	174
2019	29	34	484	78	234
2020	23	57	656	106	315
2021	293	350	1.421	229	672
2022	714	1.064	3.628	585	1.702
2023	379	1.443	6.603	1.065	3.068

¹ Dados da ANFAVEA sobre o licenciamento de caminhões elétricos no Brasil.

² Dados acumulados da ANFAVEA.

³ Distância média percorrida considerando caminhões leves.

⁴ Considerado o consumo de diesel (biodiesel + diesel fóssil) com intensidade energética de 6,20 km/l para os caminhões leves.

⁵ Considerados fatores de Well-to-Wheel brasileiros para emissão de GEE GWP 100:

WtW Emission Intensity Factor for Diesel, BRA, 1 MJ = 0,08980 kg CO2e

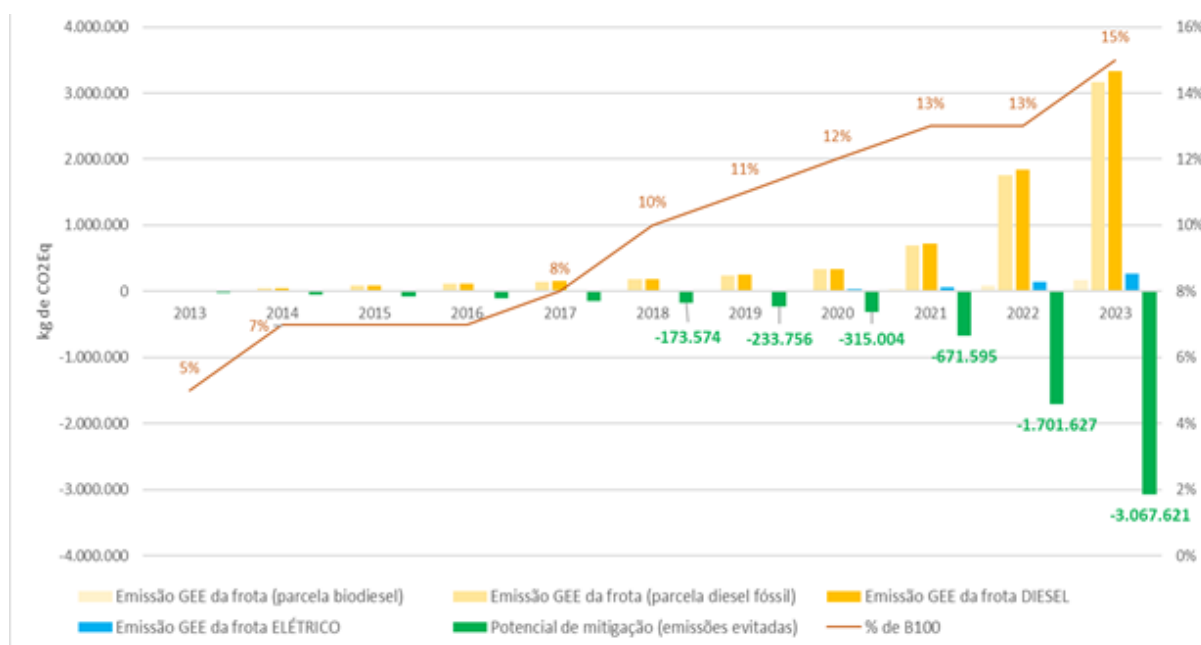
WtW Emission Intensity Factor for Biodiesel, BRA, 1 MJ = 0,03460 kg CO2e

EV wtW, BRA (kg/km) = 0,04020 kg CO2e.

Para o cálculo das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), foram utilizados fatores de ciclo de vida well-to-wheel (WtW) brasileiros para o diesel fóssil, o biodiesel (Glensor e Munoz, 2019) e para veículos elétricos (Dranka e Ferreira, 2020). O ciclo WtW considera a energia usada na propulsão do veículo, dividida em dois estágios: do poço ao tanque (well-to-tank, WtT) e do tanque à roda (tank-to-wheel, TtW). O estágio WtT abrange todos os processos desde a extração dos recursos naturais da energia primária até a conversão da energia, distribuição e armazenagem. Já o estágio TtW refere-se ao consumo de energia (como a queima do combustível) durante a operação do veículo.

Os caminhões elétricos se configuram como uma das principais estratégias de descarbonização e redução das emissões no setor de transporte de carga, pois não emitem poluentes pelos escapamentos e podem reduzir significativamente as emissões de GEE quando recarregados com energia renovável. Esse potencial é ainda mais expressivo no Brasil, cuja matriz elétrica é predominantemente baseada em energia hidrelétrica.

Gráfico 10. Evolução do potencial de mitigação de GEE pela frota circulante de caminhões elétricos no Brasil



Fonte: Elaboração própria com base em dados do licenciamento da ANFAVEA

4. Modelos disponíveis no mercado e suas características básicas

4.1. Caminhões elétricos

Atualmente, no Brasil, seis empresas oferecem caminhões elétricos no mercado, com um total de 17 modelos disponíveis. As características desses modelos estão detalhadas na Tabela 2.

Tabela 2: Características básicas dos caminhões elétricos disponíveis no mercado brasileiro

Marca	Modelo	PBT (t)	Tara (t)	Lotação (t)	Config.	Capacidade da bateria (kWh)	Autonomia (km)	Ano de lançamento no Brasil	Categoria de Serviço de Transporte (CST)	Categoria dos veículos rodoviários de carga (PBT)
BYD	eT5 7.200	6,7	2,8	3,9	BEV	99	185	2024	Coleta Distribuição	Caminhões leves
BYD	eT7 12.220	12,2	8,0	4,2	BEV	230	230	2022	Coleta Distribuição	Caminhões médios
BYD	eT12	13,0	6,0	7,0	BEV	217	250	2022	Coleta Distribuição	Caminhões médios
BYD	Et18 21.250	21,0	10,5	10,5	BEV	230	300	2024	Coleta Distribuição	Caminhões semipesados
BYD	T8A	21,0	9,0	12,0	BEV	255	200	2021	Coleta Distribuição	Caminhões semipesados
BYD	Q1R	34,0	10,0	24,0	BEV	435	350	2021	Coleta Distribuição	Caminhões pesados
Foton	iBlue EV	6,0	2,8	3,2	BEV	81,14	200	2022	Coleta Distribuição	Caminhões semileves
JAC	E-JV5,5	5,5	4,5	1,0	BEV	60	200	2023	Coleta Distribuição	Caminhões semileves
JAC	E-JT9,5	9,5	3,3	6,2	BEV	89	200	2023	Coleta Distribuição	Caminhões leves
JAC	E-JT12,5	12,5	3,9	8,6	BEV	107	180	2022	Coleta Distribuição	Caminhões médios
JAC	E-JT18	18,0	11,6	5,0	BEV	114	250	2022	Coleta Distribuição	Caminhões semipesados

Marca	Modelo	PBT (t)	Tara (t)	Lotação (t)	Config.	Capacidade da bateria (kWh)	Autonomia (km)	Ano de lançamento no Brasil	Categoria de Serviço de Transporte (CST)	Categoria dos veículos rodoviários de carga (PBT)
Mercedes-Benz	eActros 300	18,0	10,5	7,5	BEV	336	300	2023	Coleta Distribuição	Caminhões semipesados
Mercedes-Benz	eActros 400	27,0	13,5	13,5	BEV	448	400	2024	Coleta Distribuição	Caminhões semipesados
Mercedes-Benz	eActros 400	40,0	13,5	26,5	BEV	448	300	2024	Transferência	Caminhões pesados
Volkswagen	E-Delivery 11	11,4	5,4	6,0	BEV	107	110	2021	Coleta Distribuição	Caminhões médios
Volkswagen	E-Delivery 14	14,5	8,5	6,0	BEV	233	250	2021	Coleta Distribuição	Caminhões médios
Volvo	FL Electric	16,0	8,0	8,0	BEV	200-300	300	2023	Coleta Distribuição	Caminhões semipesados

Fonte: Consulta aos websites das montadoras

Observa-se que, na maioria dos casos, os veículos elétricos são utilizados para a coleta e distribuição de carga, havendo poucas opções voltadas para o transporte de cargas em maior distância. Um fator importante que pode influenciar a escolha do tipo de operação para o qual o veículo será destinado é o peso das baterias, que, no transporte de carga, impacta diretamente na capacidade de carga útil do veículo. Nesse contexto, frequentemente opta-se por configurações com menor número de packs de bateria, o que, por consequência, reduz a autonomia do veículo.

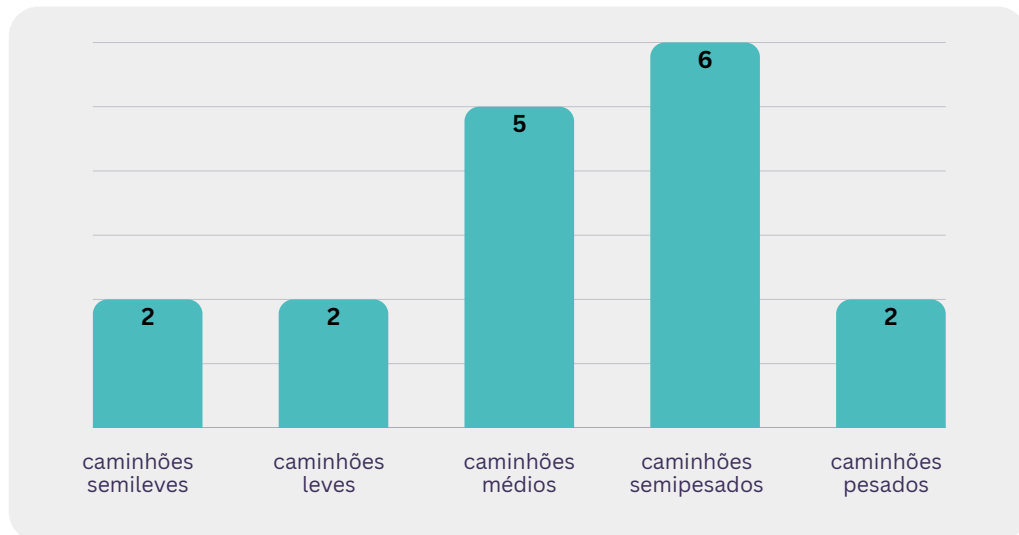
Os caminhões rodoviários de carga são classificados conforme o peso bruto total (PBT). Para os modelos de caminhões elétricos disponíveis, observa-se uma maior oferta de modelos classificados como caminhões médios e semipesados. A Tabela 3 relaciona a classificação dos veículos com seu PBT, e o Gráfico 11 apresenta a distribuição de veículos por categoria.

Tabela 3. Veículos por categoria

Categoria dos veículos rodoviários de carga	PBT
Utilitário - comercial leves	PBT < 3,5t
Caminhões semileves	3,5t < PBT < 6t
Caminhões leves	6t < PBT < 10t
Caminhões médios	10 < PBT < 15t
Caminhões semipesados	15t < PBT; PBTC < 40t
Caminhões pesados	15 < PBT; PBTC > 40t

Fonte: Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários (2013)

Gráfico 11: Número de modelos disponíveis por categoria de veículo



Fonte: Consulta aos websites das montadoras

A capacidade total da bateria varia conforme o número de packs de bateria escolhidos para o veículo. Por exemplo, existem modelos com configurações que permitem a instalação de 3 ou 6 packs de bateria. Essa escolha tem impacto direto na autonomia do veículo: quanto maior a capacidade da bateria, maior será a autonomia.

4.2. Comerciais leves

No segmento de veículos comerciais leves (aqueles com PBT inferior a 3,5 toneladas), há uma gama maior de empresas (13) que oferecem modelos no mercado, totalizando 17 opções disponíveis. Esses veículos são predominantemente utilizados para coleta e distribuição de carga. As características básicas dos veículos comerciais leves disponíveis no mercado brasileiro estão detalhadas na Tabela 4 a seguir.

Tabela 4: Características básicas dos veículos comerciais leves disponíveis no mercado brasileiro

Marca	Modelo	PBT (t)	Tara (t)	Lotação (t)	Ano de lançamento no brasil	Config.	Capacidade da bateria (kwh)	Autonomia (km)
BYD	eT3	3,5	2,8	0,7	2021	BEV	50,3	300
Citroen	e-Jumpy	2,5	1,8	0,8	2023	BEV	50 ou 75	330
Citroen	Jumpy Híbrido	2,5	1,8	0,8	2023	PHEV	50	300
Fiat	e-Ducato	3,5	2,2	1,3	2022	BEV	47 a 70	220
Fiat	Ducato Híbrido	3,5	2,1	1,5	2023	PHEV	30	200
Ford	E-Transit	3,5	2,0	1,5	2024	BEV	68	317
JAC	iEV 1200	3,0	1,8	1,2	2019	BEV	30	220
LDV	EV80	3,5	2,5	1,0	2020	BEV	40	200

Marca	Modelo	PBT (t)	Tara (t)	Lotação (t)	Ano de lançamento no Brasil	Config.	Capacidade da bateria (kWh)	Autonomia (km)
Maxus	eDeliver 3	2,2	1,4	0,8	2022	BEV	35 ou 50	250
Mercedes-Benz	eSprinter	3,5	2,2	1,3	2023	BEV	55	150
Nissan	e-NV200	2,0	1,4	0,6	2020	BEV	40	280
Nissan	Leaf	1,8	1,5	0,3	2018	BEV	40	400
Peugeot	e-Partner	2,0	1,6	0,4	2023	BEV	50	275
Renault	Master Z.E.	3,5	2,1	1,4	2021	BEV	33	120
Renault	Kangoo Z.E. Híbrido	2,0	1,5	0,5	2022	PHEV	33	270
Volkswagen	e-Crafter	3,5	2,7	0,8	2023	BEV	35,8	173
Wuling	Hongguang Mini EV	1,2	0,7	0,5	2023	BEV	9,3 ou 13,8	120

Nota: Existem três tipos principais de configurações para os motores de veículos elétricos: veículos elétricos a bateria (BEV), veículos híbridos plug-in (PHEV) e veículos híbridos convencionais (HEV). No caso dos veículos comerciais leves, as configurações disponíveis no mercado são BEV (14 modelos) e PHEV (3 modelos).

Fonte: Consulta aos websites das montadoras

4.3. Retrofit

Além da aquisição de veículos novos, que já são elétricos de fábrica, é possível realizar o retrofit de um veículo para eletrificá-lo. O termo retrofit se refere ao processo de modernização de um equipamento. No contexto do transporte, isso envolve a conversão de um veículo com motor a combustão para um motor elétrico. No Brasil, algumas empresas oferecem serviços de retrofit para veículos movidos a combustíveis fósseis, abrangendo comerciais leves, caminhões e ônibus. Essas empresas e os tipos de veículos em que elas realizam o serviço estão listados na Tabela 5 a seguir.

Tabela 5: Empresas que oferecem o serviço de retrofit no Brasil e tipos de veículos

Empresa	Tipos de veículo
Eletra	Caminhões, ônibus e veículos de segurança
Pio Solare	Caminhões e ônibus
Plug-in	Caminhões
ZF (e-trofit)	Caminhões e ônibus
Valeo Service	Comerciais leves
Stellantis	Comerciais leves

Fonte: Consulta aos websites das empresas

5. Exemplos de utilização no transporte urbano e regional

O Programa de Logística Verde Brasil (PLVB) é uma iniciativa criada em julho de 2016 com o objetivo de melhorar a eficiência e a sustentabilidade da logística de transporte de cargas. Focado na redução das emissões de carbono e na promoção de tecnologias limpas, o PLVB mobiliza as empresas participantes a adotar práticas inovadoras e responsáveis em suas operações. Ao proporcionar acesso a conhecimentos, treinamentos e boas práticas, o programa facilita a transição para um transporte mais sustentável, alinhado com as crescentes demandas por soluções logísticas verdes nos setores operacionais. A seguir, são apresentados três exemplos de utilização de veículos elétricos comerciais no Brasil, conforme mostrado nas Tabelas 6, 7 e 8.

Tabela 6: Exemplo 1 – Case Dow Química

Categoria	Informações
Empresa	Dow Química
Boa prática adotada	Utilização de fontes de energia mais limpas e renováveis em operações logísticas
Parceria	Dow e EBMAC
Objetivo principal	Substituição de um veículo a diesel por um veículo elétrico em operações de distribuição.
Novo veículo	Veículo de carga 100% elétrico, modelo JAC Motors iEV1200T.
PBT do veículo	7.5 toneladas
Cap. Líquida	Até 04 toneladas
Autonomia	Cerca de 220 km (com 100% da bateria)
Primeira fase do projeto	Identificação de rotas em um raio máximo de 100 km do local de origem das mercadorias; carregamento noturno na base da EBMAC® em São José dos Campos.
Segunda fase do projeto	Alinhamento do uso do veículo com clientes comprometidos com reduções de emissões de CO ₂ e (escopo 3, categoria 3.4 - Transport Upstream).
Resultados de emissões	Redução de 74% das emissões líquidas de CO ₂ e geradas pelo carregamento do veículo elétrico em fonte não renovável
Custo energético	Custo total 16% maior para o veículo elétrico em comparação ao veículo a diesel

Tipo de carga	Produtos embalados como tambores e IBCs (Intermediate Bulk Container).
Local de carregamento	Base do transportador localizada em São José dos Campos (SP).

Fonte: Guia de Excelência em Sustentabilidade. 4ª Ed. Instituto Brasileiro de Transporte Sustentável (IBTS), Rio de Janeiro, RJ, 2023

Tabela 7: Exemplo 2 – Case LOG20 Logística AS

Categoria	Informações
Empresa	LOG20 Logística SA
Segmento	Transporte no Segmento Secundário da Cadeia de Suprimentos.
Operação	Distribuição na Entrega Secundária da Distribuição Física.
Boas práticas adotadas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Utilização de fontes de energia mais limpas. 2. Utilização de veículos com maior eficiência energética. 3. Utilização de sistemas de propulsão alternativos, aplicadas com intuito de substituir veículos com motor de combustão interna do ciclo diesel por veículos de propulsão elétrica.
Objetivo principal	Atender o volume proposto pelo cliente de forma mais sustentável.
Motivação principal	Busca por uma operação mais sustentável.
Alinhamento	Alinhada com os desafios do cliente de substituir veículos a diesel na região de São Paulo.

Modelo de caminhão	Caminhões de propulsão elétrica da marca JAC Motors, modelo IEV 1200T PLUS
Potência do veículo	177 cv
Toque do veículo	1200 Nm
Capacidade volumétrica	21,75 m ³
Ocupação na rota diária	100% de ocupação dentro da rota diária.
Monitoramento de emissões	Indicadores para monitoramento das emissões de CO ₂
Resultado	Redução de 59,2% nas emissões de CO ₂
Consumo de diesel	Total de 44 de toneladas geradas

Fonte: Guia de Excelência em Sustentabilidade. 4ª Ed. Instituto Brasileiro de Transporte Sustentável (IBTS), Rio de Janeiro, RJ, 2023

Tabela 8: Exemplo 3 – Case LOTS Group

Categoria	Informações
Empresa	LOTS Group
Segmento	LOTS Group (parte do grupo TRATON).
Grupo TRATON	Formado pelas empresas Scania, MAN, VW Caminhões e Ônibus, Navistar.

Foco da empresa	Serviços logísticos com foco em sustentabilidade e tecnologia.
Tipo de veículo adotado	Caminhão elétrico (Battery Electric Vehicle - BEV ou Battery Electric Truck - BET).
Capacidade de baterias	9 baterias, totalizando 297 kWh de capacidade instalada.
Potência do veículo	230 kw
Torque do veículo	2100 Nm
Conexão de recarga	Combined Charging Socket (CCS) do Tipo 2.
Tmp de recarga completa	1h40min com um carregador de 150 kW
Média diária de rota	34 km em 3 ciclos de ida e volta
Peso bruto médio transp.	17 toneladas
Velocidade média	17 km/h
Recargas do período	30 recargas, totalizando 2270 kWh
Emissões de CO2	142 kg emitidos de CO2 durante o período de medição
Resul. comp. de emissões	Caminhão elétrico polui 92% menos CO2 do que um caminhão a diesel (considerando o ciclo Well to Wheel - WTW).

Fonte: Guia de Excelência em Sustentabilidade. 4ª Ed. Instituto Brasileiro de Transporte Sustentável (IBTS), Rio de Janeiro, RJ, 2023

6. Conclusões

A expansão do mercado de veículos elétricos no Brasil, especialmente no segmento de caminhões e veículos comerciais leves, representa um avanço significativo na descarbonização do setor de transportes. Embora ainda esteja em fase inicial, o crescimento das vendas de caminhões elétricos e a diversificação do mercado de comerciais leves elétricos demonstram um interesse crescente por soluções sustentáveis, impulsionado principalmente pelas pressões para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE). No entanto, apesar do crescimento, a participação de mercado dos veículos elétricos ainda é marginal quando comparada aos modelos movidos a combustíveis fósseis.

A eletrificação da frota tem mostrado um potencial significativo na mitigação das emissões de gases de efeito estufa (GEE). O impacto acumulado, em termos de emissões evitadas e litros de diesel poupados, reforça o papel estratégico dos veículos elétricos (VEs) no contexto brasileiro, que é fortemente dependente do transporte rodoviário.



7. Referências

ANFAVEA, ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES. Anuário Anfavea 2024: indústria automobilística brasileira. Disponível em: <https://anfavea.com.br/site/wp-content/uploads/2024/05/ANFAVEA-ANUARIO-DIGITAL-2024-NOVOATUALIZADOalta_compressed.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2024.

Dranka, G.G.; Paula, F. Towards a smart grid power system in Brazil: Challenges and opportunities. Energy Policy, v. 136, 2020.

GLENSOR, K.; MUÑOZ B., M.R. Life-Cycle Assessment of Brazilian Transport Biofuel and Electrification Pathways. Sustainability, v. 11, n. 22, 2019.

FENABRAVE, FEDERAÇÃO NACIONAL DA DISTRIBUIÇÃO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES. Anuário 2023: o desempenho da distribuição automotiva no Brasil. Disponível em: <<https://online.fliphtml5.com/ordey/dxmz/?search=el%C3%A9trico#p=1>> Acesso em: 5 nov. 2024.

FENABRAVE, FEDERAÇÃO NACIONAL DA DISTRIBUIÇÃO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES. Dados de Mercado Fenabrave: Agosto de 2024. Disponível em: <<https://online.fliphtml5.com/ordey/psdy/#p=40>>. Acesso em: 5 de nov. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE TRANSPORTE SUSTENTÁVEL (IBTS). Guia de Excelência em Sustentabilidade. 4ª ed. Rio de Janeiro: IBTS, 2023.



02

05

Autores(as):

Gabriela Oliveira
Camila Gramkow
Edgar Barassa
Robson Ferreira da Cruz

05. ESTRATÉGIAS E PERSPECTIVAS EM PROL DA CADEIA DE ÔNIBUS ELÉTRICOS NO BRASIL: A IMPORTÂNCIA DE UM PLANO NACIONAL PARA O SETOR

1. Introdução

A transformação da mobilidade urbana tem sido um tema central nas agendas públicas globais, especialmente diante da urgência de reduzir as emissões e promover cidades sustentáveis. No Brasil, a busca por alternativas de baixo carbono no transporte coletivo aponta para a eletrificação dos ônibus urbanos como uma estratégia prioritária para a descarbonização e a promoção de uma mobilidade mais eficiente e inclusiva. O Brasil, entretanto, ainda carece de uma estratégia nacional robusta que impulse a eletromobilidade, um vácuo que limita o avanço do país nessa área e afeta diretamente o potencial de investimentos, inovação e competitividade da cadeia produtiva local.

Diante disso, este capítulo aborda a necessidade de uma estratégia nacional específica para a cadeia de ônibus elétricos no Brasil. Para tanto, é apresentado um processo para se construir um Plano Nacional que formalize essa estratégia, em prol do desenvolvimento das atividades produtivas nacionais. Tal plano é aqui denominado de Plano Nacional para a Cadeia Produtiva de Ônibus Elétricos. Como de praxe, ao final são apresentadas as principais conclusões desse capítulo.

2. Contexto geral do setor e a necessidade de uma estratégia nacional para a cadeia de ônibus elétricos no Brasil

A mobilidade urbana pode ser entendida como as condições e os instrumentos oferecidos pelas cidades para viabilizar e facilitar o deslocamento de cidadãos e bens/serviços, visando promover relações sociais e econômicas, além de atender a outras demandas da população (WRI, 2018). Esse é um dos temas centrais de diversas agendas públicas e está diretamente ligado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, especialmente ao objetivo número 11: “Cidades e Comunidades Sustentáveis” (ONU, 2018).

Nesse contexto, observa-se um momento ímpar de reflexão e proposição de alternativas para aprimorar a lógica e a operação da mobilidade urbana. Destaca-se que esse movimento não é pontual, restrito a uma ou outra cidade, mas sim uma tendência global que se desdobra em grandes centros urbanos e capitais ao redor do mundo.

Esse processo de reflexão e possíveis mudanças foi acelerado principalmente nos últimos dez anos, sob a égide de uma mobilidade mais eficiente e com menor impacto ambiental. Um meio de transporte central que se encontra em franca transformação é o transporte coletivo, que é regulado e operado com a participação do setor público. Nesse contexto, observa-se uma tentativa de reposicionar o transporte coletivo via ônibus urbanos, buscando maior integração no sistema, melhor qualidade nos serviços prestados, acessibilidade aos passageiros e mais inteligência operacional. Em consonância com esse aprimoramento, verifica-se uma efervescência na aplicação de novas tecnologias nos ônibus urbanos, especialmente aquelas baseadas na eletrificação veicular, como parte da mobilidade de baixo carbono (BloombergNEF, 2020; International Energy Agency (IEA), 2023).

A eletrificação é uma das alternativas para alcançar uma mobilidade urbana de baixo carbono no transporte coletivo. Além do aumento da eficiência energética e da redução das emissões de poluentes locais e gases de efeito estufa, os benefícios incluem a diminuição dos riscos de doenças, o aumento da qualidade de vida e, quando atrelada a políticas de desenvolvimento produtivo, um incremento na produtividade e na competitividade da economia nacional. Nesse contexto, a abordagem desenvolvida pela CEPAL, denominada Grande Impulso (ou Big Push) para a Sustentabilidade, preconiza a coordenação de políticas para mobilizar investimentos transformadores no estilo de desenvolvimento; investimentos esses que devem ser complementares e coordenados para construir um futuro mais produtivo, inclusivo e sustentável, do qual um padrão de mobilidade mais sustentável e inovador faz parte.¹

¹A Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL) tem desenvolvido uma abordagem para apoiar os países da ALC na construção de estilos de desenvolvimento sustentáveis chamada de Grande Impulso (ou Big Push) para a Sustentabilidade (CEPAL, 2020a). O grande impulso almejado neste marco é rumo ao crescimento econômico e a promoção da igualdade, de modo que se construa um modelo de desenvolvimento mais sustentável no seu tripé econômico, social e ambiental (CEPAL, 2020a; CEPAL/FES, 2019; Gramkow (Org.), 2020). Esta abordagem combina uma eficiência tripla baseada no pilar i) schumpeteriano, segundo a qual uma matriz produtiva mais integrada, complexa e intensiva em conhecimento gera externalidades positivas de aprendizado e inovação que se irradiam para toda a cadeia de valor; ii) keynesiano, que destaca que há ganhos de eficiência (de escala e de escopo) da especialização produtiva em bens cuja demanda cresce relativamente mais, gerando efeitos multiplicadores e impactos positivos na economia e nos empregos; e iii) de sustentabilidade, que diz respeito à viabilidade econômica, justiça social e sustentabilidade ambiental.

Para isso, a aplicação de tecnologias como motores elétricos, baterias e combinações tecnológicas híbridas se destacam como componentes fundamentais para alcançar esse objetivo, complementando a bioeconomia, os biocombustíveis, as energias renováveis e outras áreas estratégicas para investimentos transformadores (Salazar-Xirinachs, 2023; Barassa, 2019, 2023; Barassa; Cruz; Wolffenbüttel, 2023).

O processo de eletrificação do transporte coletivo está em andamento e se ampliando. Segundo o EV Outlook 2024, o estoque mundial de ônibus elétricos a bateria atingiu 635.000 unidades em 2023, representando cerca de 3% da frota global. Nesse mesmo ano, quase 50.000 ônibus elétricos foram vendidos em todo o mundo (International Energy Agency, 2024).

Ao analisar a América Latina, observa-se um crescimento na adoção de tecnologias de ônibus elétricos. O contexto latino-americano tem demonstrado convergência com as tendências internacionais e apresenta uma difusão tecnológica significativa, sendo uma das regiões, além da China, com maior aumento na frota de ônibus elétricos a bateria. De acordo com a Plataforma E-Bus Radar (2024), que monitora as frotas de ônibus elétricos a bateria nas cidades latino-americanas, até junho de 2024, a América Latina contava com um total de 5.449 ônibus elétricos, dos quais aproximadamente 80% eram ônibus elétricos a bateria de diferentes tamanhos, enquanto cerca de 20% eram trólebus (Labmob, 2024).

Chile e Colômbia lideram o mercado de ônibus elétricos a bateria, com frotas de 2.310 e 1.590 ônibus elétricos, respectivamente, em operação principalmente em suas capitais: Santiago e Bogotá (sem contar as unidades em processo de licitação). O crescimento da frota de ônibus elétricos está sendo facilitado pela criação de modelos de negócios que permitem a participação de novos atores, como integradores de soluções (empresas de energia, investidores e outros fabricantes de infraestrutura de recarga).



Esse aumento no número de ônibus de baixa emissão na região tem sido apoiado pela implementação de estratégias, leis e planos subnacionais e nacionais que estimulam a mobilidade elétrica, priorizando e estabelecendo metas específicas para a transição à mobilidade de baixo carbono (Barassa, 2023). Vários países latino-americanos já iniciaram sua inserção no segmento de veículos elétricos com a proposição de Planos Nacionais para a Eletromobilidade, incluindo Chile, Costa Rica, Colômbia, Equador, Panamá e República Dominicana, além de países europeus como Alemanha, Áustria, França, Noruega e Suécia, bem como a Índia e outros.

As motivações para a elaboração desses Planos, embora alinhadas às especificidades dos países proponentes, têm sido, em geral, fortemente orientadas por questões ambientais e de saúde pública, com metas de redução de emissões, descarbonização da frota e maior eficiência energética. A análise desses planos revela uma característica comum: a pluralidade dos atores envolvidos em sua construção. As metas e propostas para a eletromobilidade são claras e incluem recomendações para rodadas de (re)avaliação e calibração periódica.

No caso brasileiro, ainda não há um Plano Nacional de Mobilidade Elétrica em vigor, embora propostas tenham sido elaboradas anteriormente, evidenciando uma lacuna de política pública a nível nacional sobre o tema. Essa ausência de uma estratégia clara impacta diretamente a realização de investimentos pelas empresas do setor e a introdução de ônibus de baixo carbono nas cidades. Consequentemente, o país perde a oportunidade de capturar um amplo conjunto de janelas de oportunidades relacionadas a novas tecnologias, cadeias produtivas, desenvolvimento de uma nova economia e a geração de emprego e renda em nível nacional.

O Brasil possui um histórico significativo de protagonismo na produção global de ônibus, destacando-se consistentemente como um dos principais produtores de ônibus urbanos e rodoviários. Em 2019, por exemplo, o país figurou entre os cinco maiores produtores globais, atrás apenas da China e da Índia, superando importantes economias europeias e os Estados Unidos. Esse desempenho não se limita ao mercado interno; o Brasil também se posiciona como um grande hub de exportação de ônibus, especialmente para a América Latina, que é o principal mercado externo do país para esses produtos. Em 2020, as exportações brasileiras de ônibus para a América Latina ultrapassaram os 800 milhões de dólares, evidenciando a solidez e a maturidade da cadeia produtiva nacional (Barassa et al., 2022).

Esse cenário de protagonismo é sustentado por uma cadeia produtiva madura e consistente, com forte atuação em pesquisa, desenvolvimento e engenharia, especialmente no setor de ônibus a diesel, que deve ser transposta também para o setor de ônibus elétricos.

A falta de um plano nacional de mobilidade elétrica gera incertezas regulatórias e falta de direcionamento claro para os atores envolvidos, comprometendo o avanço sustentável da mobilidade urbana e a transição para um sistema de transporte mais limpo e eficiente.

A necessidade de criar uma estratégia nacional no Brasil foi amplamente reconhecida e está detalhada no documento "Impulsionando Investimentos em Ônibus Elétricos no Brasil: Uma Agenda de Trabalho" (Gramkow e Oliveira, 2023). Este documento descreve os resultados de um encontro que reuniu os principais atores do setor de mobilidade em São Paulo, em abril de 2022, por meio de um processo de match-making, com o objetivo de identificar os principais obstáculos para desbloquear investimentos em ônibus elétricos no Brasil. Como resultado, participantes de diversos elos da cadeia produtiva, academia, sociedade civil e poder público concordaram sobre a importância de um Plano Nacional de Eletromobilidade, que estabeleça metas, diretrizes claras e ações concretas para impulsionar o desenvolvimento do setor.

O presente artigo se posiciona sobre a necessidade central de uma estratégia nacional para a cadeia de ônibus elétricos no Brasil, a qual foi proposta a partir do diagnóstico dessa demanda. As atividades foram desenvolvidas no âmbito do Programa Cidades Inclusivas, Sustentáveis e Inteligentes (CISI), fruto da cooperação entre a Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL) da ONU e o Ministério Federal Alemão de Cooperação Econômica e Desenvolvimento (BMZ), por meio da Cooperação Técnica Alemã (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit – GIZ). Com duração de cerca de um ano, entre 2023 e 2024, o projeto visou oferecer recomendações para um plano nacional que fortaleça a cadeia de ônibus elétricos no país, considerando tanto o conhecimento técnico da literatura especializada quanto as perspectivas de atores estratégicos da cadeia produtiva, utilizando uma metodologia estruturada de diálogo e construção colaborativa.

O objetivo final desse processo é apontar diretrizes e agendas estratégicas, além de direcionar e ampliar os esforços e investimentos na área, orientando as escolhas no campo da eletromobilidade. As recomendações de políticas para o desenvolvimento do setor, elaboradas no âmbito do projeto liderado pela CEPAL, poderão contribuir para que o Brasil mantenha sua liderança na região no setor de ônibus elétricos e promova a integração com os demais países da América Latina nas novas cadeias de valor verdes que estão emergindo. A integração regional, especialmente a integração produtiva em setores dinâmicos, verdes e inovadores como a eletromobilidade, pode impulsionar um futuro mais produtivo, inclusivo e sustentável para a região. Para isso, serão necessárias políticas específicas para reforçar setores estratégicos e suas cadeias de valor a nível regional.

O avanço da eletrificação dos veículos indica uma nova rota tecnológica que ganha cada vez mais tração no mercado global. Para que o Brasil mantenha e amplie sua liderança no setor de ônibus, é imperativo que a indústria nacional se prepare adequadamente para essa transição tecnológica. Isso envolve o desenvolvimento de novas competências, a adaptação dos processos produtivos e a intensificação das atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação voltadas para a eletrificação dos veículos. A capacidade de se adaptar rapidamente a essas novas demandas tecnológicas é essencial para garantir que o país continue sendo um dos líderes na produção de ônibus, agora impulsionada pela tecnologia "eletrificada". Dessa forma, o Brasil poderá não apenas manter sua relevância no mercado latino-americano, mas também expandir sua presença em mercados globais emergentes que buscam soluções de transporte mais sustentáveis e eficientes. Em suma, a transição para ônibus elétricos representa não apenas uma mudança necessária para atender às demandas ambientais e de sustentabilidade, mas também uma oportunidade estratégica para o Brasil alavancar suas competências e robustez industrial.



3. Sobre o processo de construção da proposta: abordagem colaborativa, articulada e coordenada em prol de uma estratégia nacional

O projeto de construção de um Plano Nacional para a Cadeia de Ônibus Elétricos no Brasil foi altamente participativo e colaborativo. Ao todo, mais de 100 atores, representando cerca de 70 instituições-chave do setor de mobilidade no país, participaram do projeto. Assim, os resultados alcançados refletem com precisão o consenso dos principais segmentos do setor sobre os caminhos que o Brasil deve percorrer para destravar e ampliar a cadeia de produção de ônibus elétricos.

O projeto teve seu início oficial em 21 de novembro de 2023, com o primeiro workshop presencial em Brasília. Neste evento, foram discutidas e validadas as Arquiteturas Veiculares e os componentes-alvo da cadeia produtiva, como a integração de componentes (chassi e carroceria), o Powertrain (motores elétricos, inversores e sistemas auxiliares), os acumuladores de energia (baterias, incluindo células, módulos e packs) e os sistemas complementares (ar-condicionado, cabos de alta tensão, entre outros). Além disso, foram analisados os eixos de análise, como investimentos e competências, e definida a duração dos ciclos temporais do plano. Os resultados incluem a validação das arquiteturas veiculares, dos eixos de análise e dos ciclos temporais, além da criação dos Grupos de Trabalho (GTs). Também foram definidos os membros e coordenadores de cada grupo, bem como seus roteiros e cronogramas preliminares.

Entre dezembro de 2023 e maio de 2024, considerando mais de uma dezena de reuniões quinzenais, foram realizados encontros virtuais dos GTs. O ponto de partida dos GTs foi discutir e referendar o grau de maturidade tecnológica de cada componente do ônibus elétrico, por meio da identificação do Technology Readiness Level (TRL) para os próximos 5, 10 e 15 anos. Esse diagnóstico inicial permitiu compreender o potencial de desenvolvimento produtivo para cada elo da cadeia de ônibus elétricos no Brasil nos próximos anos, além de mapear gargalos e subsidiar a identificação de políticas públicas para impulsionar esse desenvolvimento.

Os Grupos de Trabalho foram estruturados para abranger diferentes aspectos críticos da cadeia produtiva. Foram formados quatro GTs: GT 1, focado nos componentes de Powertrain; GT 2, dedicado à integração de componentes; GT 3, voltado para o Sistema de Armazenamento de Energia "Recarregável" (RESS); e GT 4, concentrado nos sistemas complementares e na infraestrutura. Essa organização possibilitou uma análise detalhada e especializada de cada área, facilitando a troca de conhecimentos, a cooperação entre especialistas, a identificação de desafios e a formulação de ações específicas.

As discussões dos Grupos de Trabalho (GTs) se organizaram em torno de três eixos principais, formulados a partir da revisão da literatura internacional especializada. O Eixo 1, "Estímulo à Cadeia Produtiva Brasileira", propunha um foco nas estratégias para promover o fortalecimento, a estruturação e a ampliação da indústria nacional de ônibus elétricos, incentivando a produção local e o desenvolvimento de fornecedores. O Eixo 2, "Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação e Competências", direcionava as discussões para temas de pesquisa, desenvolvimento e inovação no setor, visando aumentar as competências tecnológicas e a competitividade do país. Por fim, no Eixo 3, "Regulação de Produtos e suas Tecnologias", os participantes debateram normas e regulamentações adequadas para os produtos e tecnologias relacionados aos ônibus elétricos.

Além das reuniões regulares dos Grupos de Trabalho (GTs), foram realizadas reuniões complementares de participação voluntária, com o objetivo de integrar ações de outros órgãos governamentais que têm sinergia com o tema da cadeia produtiva de ônibus elétricos. Essas reuniões adicionais incluíram apresentações de entidades como o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), a Agência Brasileira de Promoção de Exportações e Investimentos (Apex) e outros programas governamentais relevantes para o setor. O objetivo dessas sessões foi alinhar e potencializar iniciativas conjuntas, garantindo uma abordagem coordenada e abrangente para o desenvolvimento da cadeia alvo do plano no Brasil.

Em 7 de junho de 2024, foi realizado o segundo workshop presencial em Brasília, com a finalidade de consolidar e priorizar as recomendações construídas ao longo do processo. A agenda deste evento incluiu a apresentação e consolidação dos resultados dos GTs, discussões sobre consensos e recomendações, além da estruturação do documento base. Os resultados esperados desse workshop foram a consolidação de insumos essenciais para a redação do Plano Nacional, objeto deste documento, a partir dos resultados obtidos.

Em síntese, a jornada para desenvolver este plano foi marcada por uma série de etapas metodológicas planejadas e executadas. Desde o seu início em Brasília, em novembro de 2023, com o delineamento dos objetivos e entregáveis, até o workshop de sistematização em junho de 2024, onde os resultados foram consolidados e priorizados, cada fase do projeto foi conduzida de forma estruturada, participativa e colaborativa. Especialistas e representantes de diversos setores da sociedade civil, governo e indústria se reuniram para analisar os diferentes aspectos da cadeia produtiva de ônibus elétricos. A adoção de uma metodologia colaborativa foi central para o desenvolvimento do Plano Nacional para a Cadeia Produtiva de Ônibus Elétricos no Brasil, assegurando o envolvimento de múltiplos atores da indústria de eletromobilidade.

4. Estrutura do Plano e seus resultados principais: composição e propostas/diretrizes em prol da defesa das atividades produtivas nacionais

A estrutura do documento do Plano Nacional está organizada em oito capítulos, com o objetivo de fornecer direções e estratégias claras para a indústria nacional. O(a) leitor(a) encontrará uma análise detalhada das motivações, desafios e diretrizes essenciais que podem posicionar o Brasil como um líder estratégico no setor de ônibus elétricos.

O primeiro capítulo aborda as motivações para a criação do Plano Nacional, explicando a necessidade de uma estratégia específica para este setor. Aqui, são revisitados os resultados do primeiro workshop realizado no marco do projeto de construção do plano, destacando aspectos relevantes como o posicionamento internacional, o incentivo à indústria e tecnologia nacional, o desenvolvimento econômico, a coordenação e governança estratégica, o estímulo ao investimento, a sustentabilidade urbana e a qualidade de vida, além da transição para o transporte sustentável.

No segundo capítulo, são examinados os riscos da não adoção de uma estratégia nacional, analisando suas implicações e desafios. Este capítulo também se baseia nos resultados do primeiro workshop, identificando riscos como desindustrialização, perda de protagonismo, impactos econômicos e de emprego, perda de competitividade, dependência externa, impactos sociais e metas não alcançadas.

O terceiro capítulo aprofunda os objetivos do plano, posicionando o Brasil como protagonista na cadeia industrial de ônibus elétricos no contexto latino-americano e regional. Este capítulo estabelece uma visão estratégica para que o Brasil se torne um líder regional nesse setor.

No quarto capítulo, é analisado o marco legal e normativo para o setor, com foco nas políticas públicas sinergistas e convergentes que apoiam a cadeia de ônibus elétricos no Brasil. São discutidos, por exemplo, o papel do BNDES, a Lei da Informática, o Programa PADIS e a Lei do Bem, entre outros programas que, embora não sejam específicos para ônibus elétricos, abrangem a cadeia.

O quinto capítulo examina as duas principais políticas públicas existentes no país que ancoram a estratégia para esta cadeia: o Programa Mover e o Programa Nova Indústria Brasil. Esses programas são instrumentos-chave que promovem a eletrificação por meio de metas e objetivos para o setor de ônibus elétricos.

O sexto capítulo apresenta as perspectivas de crescimento da produção, considerando o arcabouço de políticas existentes e as expectativas dos atores envolvidos. Este capítulo projeta os volumes esperados para o setor nos próximos quinze anos, oferecendo uma visão das futuras tendências de mercado que impactarão ações e investimentos.

Para responder à questão de como atingir as metas de crescimento, o sétimo capítulo define e caracteriza o escopo dos sistemas veiculares. Por fim, o oitavo capítulo apresenta um conjunto de ações estratégicas destinadas a impulsionar a cadeia produtiva dos ônibus elétricos no Brasil, organizadas em três eixos principais: Estímulo à Cadeia Produtiva Brasileira, Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I), e Regulação de Produtos e suas Tecnologias.



No total, foram construídas e recomendadas mais de 100 ações para o Plano Nacional da Cadeia Produtiva de Ônibus Elétricos no Brasil. Esse compêndio de ações está subdividido por segmento da cadeia (Componentes de Powertrain, Integração de Componentes, Sistema de Armazenamento de Energia Recarregável (RESS), e Sistemas Complementares e Infraestrutura), abordando os três eixos de incentivo e regulação do setor. Por exemplo, dentro do eixo 1 (Estímulo à Cadeia Produtiva Brasileira), foram propostas ações relacionadas a incentivos fiscais, metas de produção para a cadeia nacional, programas de crédito e financiamento, iniciativas de exportação e subsídios diretos. No eixo 2 (Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação / Competências), destacaram-se a importância de incentivos fiscais para PD&I, medidas de subvenção econômica, metas de inovação e programas de capacitação tecnológica. No eixo 3 (Regulação de Produtos e suas Tecnologias), as ações propostas incluem requisitos e especificações de componentes e produtos acabados, além de critérios técnicos de eficiência energética, entre outros.

As mais de 100 ações apresentadas no documento foram sistematizadas em proposições transversais, que não se restringem a segmentos específicos da cadeia, mas indicam, de forma geral, os principais caminhos a serem seguidos para a promoção do setor no Brasil.

5. Considerações Finais

A jornada para desenvolver o Plano Nacional para a Cadeia de Ônibus Elétricos foi marcada por etapas metodológicas bem planejadas e executadas. Desde o início em Brasília, em 21 de novembro de 2023, onde foram delineados os objetivos e entregáveis, até o workshop de sistematização em 7 de junho de 2024, onde os resultados foram consolidados e priorizados, cada fase do projeto foi conduzida de forma estruturada, participativa e colaborativa.

Durante as reuniões regulares dos Grupos de Trabalho (GTs), especialistas e representantes de diversos setores da sociedade civil, governo e indústria analisaram diferentes aspectos da cadeia produtiva de ônibus elétricos. Esses grupos, organizados em torno de três eixos principais, focaram em questões como estímulo à produção nacional, pesquisa e inovação, e regulação de produtos e tecnologias.

O resultado desse processo foi a formulação de ações estratégicas específicas, projetadas para impulsionar o desenvolvimento da indústria de ônibus elétricos no Brasil. Essas ações incluem incentivos fiscais para a produção local, programas de capacitação tecnológica e o desenvolvimento de competências locais. Cada medida foi planejada para promover o avanço da cadeia produtiva, aumentando a competitividade do país nesse setor emergente.

Entretanto, é importante reconhecer que a proposta de Plano Nacional para a Cadeia Produtiva de Ônibus Elétricos aborda apenas uma parte dos desafios enfrentados na jornada de eletrificação do transporte público. Outros aspectos, como a previsibilidade da demanda, a flexibilidade para adotar novos modelos de negócio, o desenvolvimento da infraestrutura de recarga e a oferta de energia renovável, além da aplicação da perspectiva de economia circular na eletromobilidade, são fundamentais para um impulso significativo no desenvolvimento sustentável da cadeia de ônibus elétricos no Brasil.

A circularidade das baterias de lítio é um aspecto crucial na discussão da cadeia produtiva de ônibus elétricos, dado seu impacto ambiental e econômico. A adoção desse conceito foi amplamente apoiada nos GTs, refletindo uma crescente conscientização sobre a importância de práticas sustentáveis ao longo do ciclo de vida das baterias. A circularidade facilita o acondicionamento adequado das baterias para uma segunda vida útil e melhora o rastreamento e a pegada de sustentabilidade, assegurando que os materiais sejam recuperados e reutilizados eficientemente. Essa abordagem já foi reforçada em outros estudos, como um coordenado pela CEPAL em parceria com a Prefeitura de São Paulo, evidenciando a importância de incorporar estratégias de circularidade no planejamento da mobilidade elétrica.

A infraestrutura necessária para a operação dos ônibus elétricos é fundamental. As agências reguladoras desempenham um papel chave, podendo se posicionar estrategicamente para incentivar, apoiar e regular o dimensionamento adequado da infraestrutura, além da adaptação da rede elétrica existente para atender às novas demandas energéticas.



Além disso, as cidades podem promover novos modelos de negócio que garantam maior previsibilidade da demanda. Parcerias público-privadas, concessões e outros mecanismos de financiamento podem ser explorados para assegurar a sustentabilidade econômica e operacional dos sistemas de transporte público eletrificado. Esses modelos de negócio não apenas garantem a continuidade do serviço, mas também atraem investimentos e fomentam a inovação tecnológica.

Os acordos comerciais regionais e a promoção do comércio internacional também são vitais para a ampliação dessa cadeia produtiva. Facilitar e atrair investimento estrangeiro direto, fortalecer a transferência de tecnologia e o financiamento climático, fomentar parcerias e redes tecnológicas e promover a exportação de componentes e ônibus elétricos brasileiros são estratégias que podem acelerar o desenvolvimento do setor e aumentar a competitividade do país no mercado global de mobilidade elétrica. A formação de uma Câmara Setorial Temática focada na promoção de ônibus elétricos poderia atuar como um fórum de colaboração entre governo, indústria e outras partes interessadas, desenvolvendo ações coordenadas de promoção comercial e comunicação.

Portanto, o Plano Nacional para a Cadeia de Ônibus Elétricos deve ser visto como um passo necessário rumo à eletrificação do transporte público brasileiro e como uma área-chave para a descarbonização do setor de mobilidade e da economia em geral. Ao fornecer um roteiro claro para o desenvolvimento da indústria de ônibus elétricos, este plano estabelece as bases para uma transformação estrutural em direção a um futuro mais produtivo, inclusivo e sustentável no país. Para que essa visão se concretize, é essencial que todas as partes interessadas coordenem suas ações e que uma governança clara e eficaz seja estabelecida para a implementação das recomendações apresentadas.

6. Referências

BARASSA, Edgar. A construção de uma agenda para a eletromobilidade no Brasil: competências tecnológicas e governança. 2019. 243 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), [s. l.], 2019. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/acervo/detalhe/1094309?guid=1645056005960&returnUrl=%2Fresultado%2Flistar%3Fguid%3D1645056005960%26quantidadePaginas%3D1%26codigoRegistro%3D1094309%231094309&i=6>>. Acesso em: 5 nov. 2024.

BARASSA, Edgar. Geografia produtiva da indústria de veículos de transporte público no Brasil e impacto da COVID-19 sobre as cadeias de fornecimento. 1. ed. Santiago de Chile: CEPAL, 2023. Disponível em: <<https://www.cepal.org/pt-br/publicaciones/68736-geografia-productiva-industria-veiculos-transporte-publico-brasil-impacto-covid>>.

BARASSA, Edgar et al. Oferta de ônibus elétrico no Brasil em um cenário de recuperação econômica de baixo carbono. Santiago de Chile: [s. n.], 2022. Disponível em: <https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47833/1/S2100966_pt.pdf>.

BARASSA, Edgar; CRUZ, Robson Ferreira da; WOLFFENBÜTTEL, Rodrigo Foresta. 3º Anuário Brasileiro da Mobilidade Elétrica 2023: 3. ed. Brasília: PNME, 2023. v. 4. Disponível em: <<https://pnme.org.br>>.

BLOOMBERGNEF. BNEF EVO Report 2020 | BloombergNEF | Bloomberg Finance LP. [S. l.], 2020.

CEPAL/FES (COMISSÃO ECONÔMICA PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE/FUNDAÇÃO FRIEDRICH EBERT STIFTUNG). Big Push Ambiental: Investimentos coordenados para um estilo de desenvolvimento sustentável. Perspectivas, n. 20, LC/BRS/TS.2019/1 e LC/TS.2019/14, 2019. Santiago de Chile e São Paulo.

CEPAL. Construir un nuevo futuro: una recuperación transformadora con igualdad y sostenibilidad. LC/SES.38/3-P/Rev.1, 2020. Santiago de Chile.

GRAMKOW, Camila; OLIVEIRA, Gabriela. Impulsionando investimentos em ônibus elétricos no Brasil: uma agenda de trabalho. Brasília: [s. n.], 2023. Disponível em: <<chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/63558728-5555-420e-b7ae-e8689af01d57/content>>.

GRAMKOW, Camila (Org.). Investimentos transformadores para um estilo de desenvolvimento sustentável: estudos de casos de grande impulso (Big Push) para a sustentabilidade no Brasil. Documentos de Projetos, LC/BRS/TS.2020/1, 2020. Santiago de Chile: CEPAL.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). Global EV Outlook 2023. Paris: [s. n.], 2023. Disponível em: <<https://www.iea.org/events/global-ev-outlook-2023>>.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). Global EV Outlook 2024: Moving towards increased affordability. Paris: [s. n.], 2024. Disponível em: <<https://www.iea.org>>.

LABMOB (LABORATÓRIO DE MOBILIDADE SUSTENTÁVEL). E-BUS RADAR: Ônibus Elétricos América Latina. [S. l.], 2024. Disponível em: <<https://www.ebusradar.org/en/>>.

ONU (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS). Objetivo 11: Ciudades y comunidades sostenibles. [S. l.], 2018.

WRI. Mobilidade não é sinônimo de transporte | WRI Brasil. [S. l.], 2018. Disponível em: <<https://www.wribrasil.org.br/noticias/mobilidade-nao-e-sinonimo-de-transporte>>. Acesso em: 11 dez. 2022.



Autores(as):

Rafael Augusto Seixas
Reis de Paula
Maria de Fátima Negreli
Campos Rosolem
Raul Fernando Beck
Valério Marochi

06

06. AVANÇOS NO BRASIL NA CADEIA DE VALOR DAS BATERIAS PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS



1. Introdução

Este capítulo aborda aspectos relevantes ocorridos em 2024 na cadeia de valor de baterias para veículos elétricos, um tema que tem sido um foco contínuo em todos os Anuários da PNME. Na edição de 2023, foram apresentadas duas questões fundamentais que guiaram a discussão em 2024:

- Como fomentar o desenvolvimento de baterias no Brasil, abrangendo desde a fabricação nacional em escala suficiente até o desenvolvimento de baterias com maior valor agregado para aplicações com potencial de alcance global?
- Como desenvolver novas competências e capacidades que elevem o valor agregado das commodities e promovam o desenvolvimento local, especialmente em projetos de alto impacto que consigam alcançar níveis de maturidade tecnológica (TRLs) mais elevados em menos tempo? Em outras palavras, como avançar desenvolvimento em escala industrial de novos materiais, componentes e sistemas para baterias, otimizando recursos e gerando novas competências?

A primeira questão destaca a importância dos avanços na exploração nacional de matérias-primas fundamentais na cadeia de suprimento de baterias à base de lítio, como grafite, níquel, cobalto e o próprio lítio, além da produção de materiais e componentes internos das células. É crucial considerar as oportunidades de criação ou mesmo expansão da indústria de base brasileira.

Considerando iniciativas em curso e projetos de exploração desses materiais, e reconhecendo que há diversas rotas e arranjos dentro da cadeia a montante da fabricação das células em si, este capítulo busca analisar os progressos realizados em 2024 na exploração de lítio e outros insumos minerais, bem como a preparação da cadeia de suprimentos para a substituição da importação de insumos para a fabricação de baterias.

A segunda questão apresenta um desafio complementar e sequencial à primeira. Não tem a intenção de esgotar todas as possíveis respostas sobre o tema, mas sim identificar ações relevantes ocorridas em 2024 com o potencial de elevar o patamar de protagonismo da indústria nacional preexistente, por meio da adoção de novas tecnologias e competências que resultaram na ampliação da capacidade de manufatura de insumos, componentes e produtos acabados de alto valor agregado.

Nesse sentido, este capítulo está ancorado nessas duas questões e procura trazer insights relevantes para todos os atores do ecossistema. Seguindo a lógica dos anuários anteriores, é importante lembrar que o pano de fundo das discussões abarca o conceito de “do berço ao túmulo”, que ajuda a entender melhor a cadeia de valor das baterias. Esse conceito engloba, de forma resumida, o ciclo de vida completo de um produto, desde a exploração de seus insumos mais básicos (Berço) até o descarte do produto final (Túmulo). Assim, entre o “Berço” e o “Túmulo”, há um conjunto expressivo de etapas e atores, cada qual com seu portfólio de produtos, serviços, tecnologias e estratégias de atuação.

Para fins práticos, inicia-se com uma rápida contextualização, retomando explicações conceituais sobre os diferentes tipos de bateria. Em seguida, analisam-se os eventos mais relevantes ocorridos em 2024 no mercado internacional e, posteriormente, no Brasil. Compreende-se que o estágio de desenvolvimento da cadeia de valor de baterias brasileira é embrionário, especialmente em comparação com os principais atores globais.

Por isso, é importante traçar um panorama do cenário internacional em 2024, mesmo que de forma breve, buscando compreender as principais estratégias, especialmente no que diz respeito à criação de redes para o desenvolvimento de soluções globais, a fim de melhor discutir a realidade brasileira. Como se verá, seja na Europa, nos Estados Unidos ou, principalmente, na China, há uma interação significativa entre os principais players mundiais dessa cadeia, instituições de fomento e startups (o movimento europeu nesse sentido é recente e chamou a atenção em 2024). No Brasil, há movimentos que buscam articular fontes de recursos (como o Programa Mover), atores públicos e privados (como o BNDES, FINEP, EMBRAPPII, SENAI, FIEMG, FIEP e FIESC) e instituições de ciência e tecnologia (ICTs) – como o CPQD e os Institutos Senai de Inovação – em parceria com a indústria, para alavancar o desenvolvimento de soluções com maior valor agregado no Brasil.

Ao final desse capítulo, como de praxe, são apresentadas as conclusões.

2. O que são baterias para veículos elétricos e seus diferentes tipos

Como abordado no 3º Anuário, uma bateria de veículo elétrico é um sistema de armazenamento recarregável de energia elétrica, composto por células eletroquímicas, dispositivos de gerenciamento de energia e controle de temperatura, além de outros componentes que garantem proteção mecânica, elétrica e térmica. Este sistema complexo desempenha diversas funções essenciais, como fornecer energia para a propulsão do veículo, atender a consumidores secundários e armazenar energia proveniente de recargas externas ou de processos de regeneração dinâmica do veículo.

Os veículos elétricos, incluindo BEVs (Battery Electric Vehicles), HEVs (Hybrid Electric Vehicles) e PHEVs (Plug-in Hybrid Electric Vehicles), utilizam diferentes tipos de baterias, tanto em termos de concepção mecânica e elétrica quanto nas composições químicas das células que as compõem, de acordo com as demandas de desempenho em aplicações específicas.

Dentre as tecnologias disponíveis e amplamente aplicadas, não apenas para a propulsão, mas especialmente considerando baterias com composições e reações químicas diversas, destacam-se:

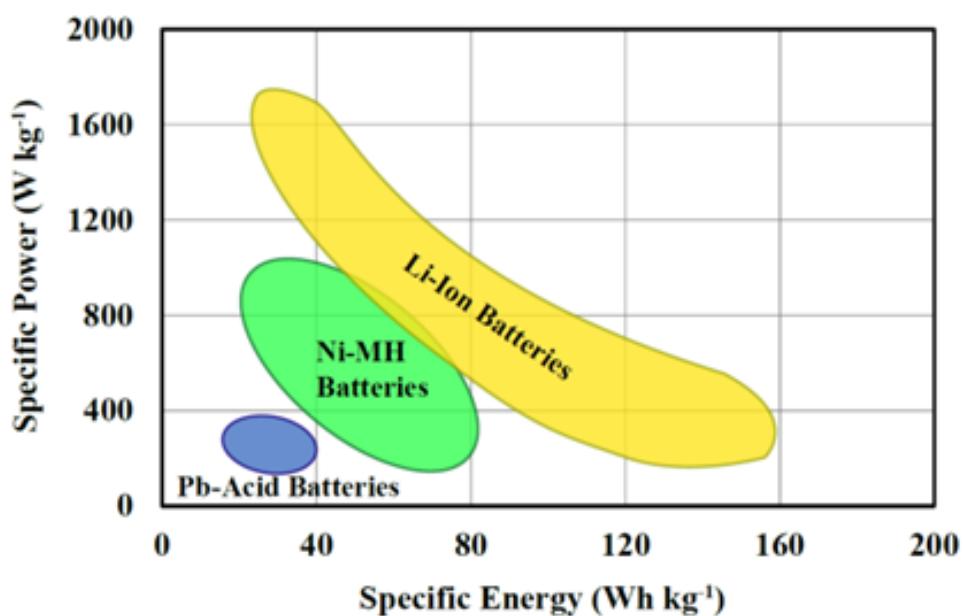
- Baterias de íons de lítio, ou lítio-íon (Li-íon): sendo as principais, lítio níquel-manganês-cobalto (NMC), lítio fosfato de ferro (LFP) e lítio níquel-cobalto-alumínio (NCA).
- Baterias de Níquel-hidreto metálico (NiMH): amplamente utilizadas nos primeiros veículos híbridos.
- Baterias de íons de sódio, ou sódio-íon (Na-íon): ainda em estágio de desenvolvimento/validação, mas já em uso em grandes baterias estacionárias no setor elétrico.
- Baterias de chumbo-ácido: aplicadas em sistemas elétricos auxiliares (12-24 V).
- Baterias de lítio-enxofre (Li-S): ainda em fase de desenvolvimento.



Segundo Mohammadi e Saif (2023) e Armand et al. (2020), as baterias de íons de lítio são as mais prevalentes no mercado, destacando-se pela alta densidade energética (relação entre a capacidade de energia e massa ou volume), maior autonomia equivalente, capacidade de suportar altos regimes de potência (relação entre potência instantânea e massa ou volume), elevada eficiência (relação entre a energia fornecida pela bateria e a energia repostada na recarga) e vida útil cíclica superior a outras alternativas (em ciclos de recarga e descarga).

Rosolem (2024) também ressalta que essas baterias são leves, ocupam menos espaço, demandam menos tempo para recarga e oferecem segurança adequada quando geridas por um BMS (Battery Management System) robusto e confiável. A Figura 1, extraída da apresentação de Rosolem (2024) e originalmente apresentada por Kamali-Heidari et al. (2018), compara três tipos de baterias – chumbo-ácido, NiMH e Li-ion – em termos de densidade de potência e densidade de energia.

Figura 1 – Comparação entre densidade de potência e densidade de energia



Fonte: Kamali-Heidari et al. (2018)

Como destacado por Kamali-Heidari et al. (2018), os veículos elétricos híbridos modernos utilizam baterias relativamente pequenas (com capacidade inferior a 3 kWh e peso abaixo de 60 kg), o que proporciona apenas uma autonomia limitada por meio da propulsão elétrica. As baterias de níquel-hidreto metálico (Ni-MH), apesar de sua baixa densidade de energia, podem ser uma opção viável para esses veículos híbridos devido à sua longa vida útil cíclica e características de segurança. No entanto, para que haja uma redução significativa no uso de combustíveis fósseis, é necessário desenvolver baterias mais sofisticadas, com maior densidade de energia e, conseqüentemente, maior autonomia. Nesse contexto, as baterias de íons de lítio se destacam, oferecendo uma combinação equilibrada de densidade de energia e potência, tornando-se candidatas ideais tanto para veículos híbridos quanto para veículos totalmente elétricos (BEVs)¹.

3. Aspectos internacionais relevantes em 2024

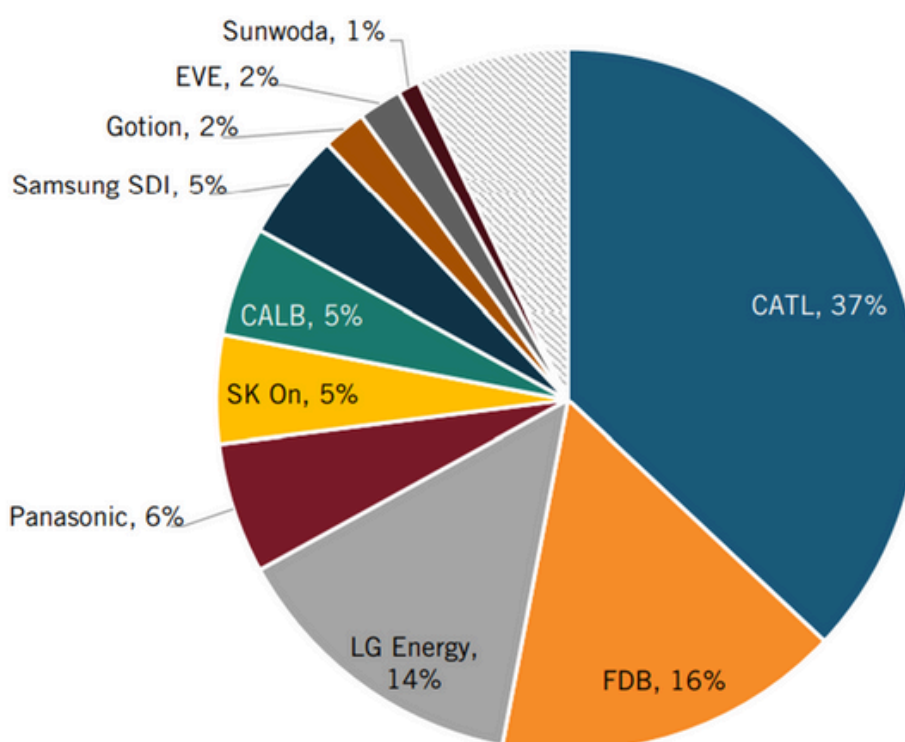
O ano de 2024 tem sido marcado, no mercado internacional de baterias para veículos elétricos, pela confirmação do predomínio das empresas asiáticas. É importante ressaltar que as baterias representam uma parcela significativa do valor agregado dos veículos, especialmente dos leves puramente elétricos (BEVs). Estudos, como os de Zeyi (2023), atribuem cerca de 40% do valor total desses veículos às baterias.

Conforme ilustrado na Figura 2, empresas chinesas, como a CATL e a BYD (FinDreams Battery, uma subsidiária da BYD), dominam o mercado global de baterias para veículos elétricos. A CATL (Contemporary Amperex Technology Corporation) responde por 37% do mercado mundial, seguida pela BYD (Build Your Dreams), com 16%. Juntas, essas duas empresas detêm mais da metade do mercado global. Ambas são também algumas das mais recentes líderes nesse setor; a CATL foi fundada em 2011, enquanto a FDB, criada em 2020, é uma spin-off da BYD, fundada em 1995.

¹Kamali-Heidari et al. (2018) continuam a defender as baterias de íons de lítio, aprofundando-se nas questões técnicas. Segundo os autores, a alta capacidade gravimétrica e volumétrica, além da densidade de potência dessas baterias, resulta diretamente de suas excepcionais propriedades elementares. Embora o íon Li⁺ tenha uma valência simples, as baterias de íons de lítio oferecem vantagens em relação àquelas que utilizam eletrodos de íons multivalentes. Embora os sistemas de íons multivalentes possam fornecer uma capacidade de carga maior, a carga adicional nesses sistemas reduz significativamente a mobilidade dos íons. Essa limitação resulta em uma taxa de difusão em estado sólido mais baixa, o que, por sua vez, restringe o desempenho geral em termos de potência.

Além dessas, outras empresas asiáticas, não chinesas, como a LG Energy (Coreia do Sul) e a Panasonic (Japão), também desempenham papéis significativos, com respectivas participações de 14% e 6% do mercado. Assim, os fabricantes chineses de baterias para veículos elétricos acumulam cerca de 75% do mercado mundial.

Figura 2 – Mercado mundial de baterias elétricas: porcentagem dos fabricantes



Fonte: Ezell (2024)

Em abril de 2024, a CATL anunciou o desenvolvimento de sua bateria de LFP (Lítio Ferro-Fosfato) de recarga rápida, chamada "Shenxing Plus", capaz de proporcionar uma autonomia superior a 1.000 km (621 milhas) com uma única carga. A CATL afirma que essa bateria pode alcançar 400 km de autonomia com apenas 10 minutos de recarga (Ezell, 2024).

As baterias de LFP têm atraído a atenção de outras grandes empresas chinesas, como a BYD, que continua investindo em suas atuais baterias de fosfato de ferro-lítio, dominando o mercado chinês. Além disso, a BYD se destaca no desenvolvimento de soluções para baterias de estado sólido (SSB - Solid State Battery), consideradas o próximo grande avanço, prometendo maior autonomia, tempos de recarga mais curtos e maior segurança em comparação com as baterias convencionais².

A bateria de lítio-íon convencional utiliza eletrólito na forma líquida, enquanto na bateria de estado sólido o eletrólito pode estar na forma gel (polímero orgânico) ou sólidos inorgânicos na forma cristalina ou vítrea (Itani e De Bernardinis, 2023).

Outro destaque da BYD é o anúncio, no final de 2023, sobre a construção da maior fábrica de baterias de sódio-íon do mundo, com um investimento inicial de cerca de 10 bilhões de yuans (US\$ 1,4 bilhão)³. Empresas como a CATL e a NIO (outra fabricante chinesa de veículos elétricos) também estão investindo bilhões de dólares em pesquisa e desenvolvimento de baterias de estado sólido. A CATL, líder de mercado, planeja iniciar a produção dessa tecnologia em pequena escala até 2027.

Ezell (2024) apresenta também exemplos relevantes do mercado global em termos de novas baterias. Segundo ele, outro fabricante chinês de baterias para veículos elétricos, a Gotion (que detém atualmente 2% do mercado, conforme mostrado na Figura 2), anunciou recentemente o desenvolvimento de uma bateria de lítio fosfato de ferro-manganês (LFMP) capaz de oferecer uma autonomia de 1.000 km com uma única carga. A empresa prevê que essa nova bateria poderá custar 5% menos do que as baterias de lítio fosfato de ferro (LFP) convencionais e de 20 a 25% menos do que as baterias de níquel-cobalto.

O desenvolvimento das baterias de estado sólido também esteve em 2024 na agenda de empresas europeias. Uma das principais agências de notícias brasileiras sobre energia, a EPBR, revelou que a VA PowerCo, empresa de fabricação de baterias para veículos elétricos da Volkswagen, confirmou em janeiro de 2024 a aprovação da célula de estado sólido da QuantumScape no primeiro teste de resistência⁵. A QuantumScape é uma empresa americana que desenvolve baterias com ânodo de lítio metálico recarregáveis, utilizando eletrólito de estado sólido para carros elétricos.

²<https://insideevs.uol.com.br/news/735456/byd-baterias-solidas-previsao-lancamento/>

³<https://insideevs.uol.com.br/news/697256/byd-baterias-sodio-carros-eletricos/>

⁴<https://insideevs.uol.com.br/news/735456/byd-baterias-solidas-previsao-lancamento/>

⁵<https://epbr.com.br/powerco-da-volkswagen-conclui-primeiro-teste-de-resistencia-de-bateria-solida/>

Outra empresa europeia com atuação global é a Stellantis. Em janeiro de 2024, a empresa anunciou, por meio de sua unidade de venture capital, a Stellantis Ventures, um investimento de aproximadamente 150 milhões de euros na Tiamat, uma startup francesa de baterias de sódio-íon. O objetivo é viabilizar a fabricação dessas baterias na França, com a expectativa de que a fábrica se torne uma das maiores da Europa, com capacidade inicial de 0,7 gigawatt-hora até 2026 e potencial de expansão para 5 GWh até 2029.⁶ Vale mencionar que a Tiamat é uma spin-off do CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique), um importante centro de P&D da Europa, criada com o propósito de desenvolver baterias sem lítio, um mineral de média abundância no planeta, mas atualmente de alta importância para a eletrificação dos veículos.

Destaca-se também que a Volvo anunciou que investiu na Breathe Battery Technologies, uma startup do Reino Unido. Esses investimentos têm como objetivo desenvolver baterias capazes de aumentar em até 30% a velocidade de recarga dos carros eletrificados.⁷ Além disso, a Renault será a parceira de negócios da Verkor, uma startup francesa que pode se tornar um dos maiores fabricantes globais de baterias. Há investimentos de diversos players europeus para levantar € 1,3 bilhões em financiamento verde para a construção da primeira gigafábrica da Verkor na França.⁸

⁶ <https://automotivebusiness.com.br/pt/posts/setor-automotivo/stellantis-investe-startup-baterias-sodio-futuros-modelos-compactos/>

⁷ https://www.tudocelular.com/mercado/noticias/n218836/volvo-investe-aumentar-carregamento-carros.html#google_vignette

⁸ https://automotivebusiness.com.br/pt/posts/setor-automotivo/startup-francesa-financiamento-fabrica-bateria/?utm_campaign=news_diaria_2024_-_462024&utm_medium=email&utm_source=RD+Station

Figura 3 – Visão geral da cadeia de valor de baterias



Fonte: Adaptado de IEA (2022)

Em 2024, houve notáveis investimentos nos elos iniciais da cadeia de valor no Brasil. Alguns desses investimentos merecem destaque, conforme apresentado a seguir.

O ano de 2024 mal havia começado e, em janeiro, a agência EPBR já anunciava que duas das principais empresas químicas de lítio da China, Chengxin Lithium Group e Yahua Industrial Group – fornecedoras de hidróxido de lítio para renomadas companhias como Tesla, BYD e LG – anunciaram um investimento total de US\$ 50 milhões nas operações da norte-americana Atlas Lithium no Brasil. O acordo inclui um investimento direto de US\$ 10 milhões na Atlas Lithium, além de contratos de compra referentes à fase inicial de produção de concentrado de espodumênio, totalizando US\$ 40 milhões, em troca de 80% dos ativos da empresa.⁹

Outra empresa com atuação na exploração de lítio no Brasil é a canadense Sigma Lithium. Em busca de expansão no mercado brasileiro e visando a importação, em 2024 a BYD iniciou negociações com a Sigma Lithium para a aquisição de suas operações de extração de lítio no país. Os planos da BYD, a princípio, garantiriam o suprimento de matérias-primas para seus veículos em nível global.¹⁰ Já em agosto de 2024, a australiana Pilbara Minerals, uma das maiores produtoras de lítio do mundo, anunciou a intenção de adquirir um dos três projetos em andamento de exploração de lítio no Brasil.¹¹

⁹ <https://epbr.com.br/fornecedores-de-litio-da-tesla-e-byd-garantem-investimentos-da-atlas-lithium-em-minas-gerais/>

¹⁰ <https://canalve.com.br/byd-negocia-compra-de-maior-mineradora-de-litio-do-brasil/>

¹¹ <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2024/09/litio-e-pop-mas-so-extracao-nao-vai-reverter-perda-de-hegemonia-de-mg-na-mineracao.shtml>

Esses investimentos (ou pelo menos os anúncios) são notícias positivas e relevantes. No entanto, é importante buscar alternativas para agregar mais valor ao processo de exploração de lítio no Brasil. Uma possível solução é a verticalização da produção e refino do lítio no país.¹²

Para tanto, é importante lembrar que, ao contrário da atuação dessas empresas no Brasil, apenas a CBL (Companhia Brasileira de Lítio) avançou para etapas além da extração e concentração do lítio. A empresa processa parte de sua produção anual de 45 mil toneladas de espodumênio concentrado, transformando-a em 2 mil toneladas anuais de carbonato e hidróxido de lítio, substâncias essenciais para a fabricação de baterias de carros elétricos.

Em contraste, a Sigma Lithium, a maior produtora de lítio do Brasil, produz anualmente 270 mil toneladas de espodumênio concentrado, o que poderia resultar em cerca de 35 mil toneladas de carbonato e hidróxido de lítio, mas isso ainda não ocorre. A expectativa é que a instalação de uma planta capaz de produzir 20 mil toneladas de carbonato de lítio e 30 mil toneladas de hidróxido de lítio exija investimentos na ordem de US\$ 1,28 bilhão (R\$ 7 bilhões).¹²

A previsão de produção de lítio no Brasil é bastante promissora, com uma capacidade estimada de 2,19 milhões de toneladas de espodumênio concentrado até o final da década. Isso representa um grande avanço na produção de lítio, especialmente considerando que a maior parte do carbonato e hidróxido de lítio, matérias-primas essenciais para a fabricação das células de lítio-íon, ainda vem da China. Essa produção pode fortalecer a cadeia de suprimentos local e posicionar o Brasil como um importante player no mercado global de lítio.¹²

A verticalização, apontada como uma das alternativas, demanda investimentos significativos. Em 2024, iniciativas do governo federal têm buscado contornar esse gargalo. O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) tem se mostrado um ator relevante nesse processo. Por exemplo, em agosto de 2024, o banco aprovou recursos de cerca de R\$ 500 milhões para a Sigma Lithium, com o objetivo de alavancar o beneficiamento do lítio no Brasil.

¹² <https://exame.com/economia/bndes-e-vale-anunciam-fundo-para-minerais-estrategicos/>

Além disso, em outubro de 2024, o BNDES e a Vale anunciaram a escolha dos gestores de um Fundo de Investimento (FIP) das duas empresas, no valor de R\$ 1 bilhão, para investimento em descarbonização e mineração. Os recursos devem começar a ser alocados nos projetos das mineradoras em 2025.¹²

Ademais, em setembro de 2024, a Federação das Indústrias de Minas Gerais (FIEMG), em conjunto com a sua homóloga do Estado de Santa Catarina (FIESC) e com o apoio do BNDES, lançou o projeto MagBras. Este projeto, por meio de um edital conjunto do SENAI/FUNDEP/Programa Mover, visa fomentar uma cadeia produtiva completa e permanente de terras raras no país. O intuito é desenvolver novas soluções por meio do CIT SENAI ITR, que abriga o LabFabITR, o primeiro laboratório-fábrica de ímãs e ligas de terras raras do hemisfério sul. Espera-se, assim, viabilizar a produção industrial de ímãs permanentes com tecnologia nacional, fundamentais para a cadeia de produção de motores elétricos de alto desempenho, o que, por sua vez, pode impulsionar a fabricação de veículos elétricos e baterias no Brasil.

Outro aspecto a ser destacado em 2024 são as iniciativas voltadas ao apoio no desenvolvimento de novos projetos de alto impacto, visando avançar seus TRLs (Technology Readiness Levels). Ou seja, busca-se transitar da escala de laboratório para a produção industrial no desenvolvimento de materiais, componentes e sistemas para células de baterias, gerando novas capacidades e competências no mercado brasileiro.

Nesse sentido, merece destaque o projeto liderado pelo Instituto SENAI de Inovação - Eletroquímica (ISI-EQ), vinculado à Federação das Indústrias do Paraná (FIEP), em parceria com a Fundação CPQD - Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações, em Campinas/SP. O grande objetivo desse projeto é reduzir a dependência de importações de células de lítio-íon, colocando o Brasil na vanguarda da tecnologia de baterias de íons de lítio. A ideia é desenvolver os processos tecnológicos necessários para escalar o desenvolvimento e a produção industrial dessas células no Brasil.



Em linhas gerais, o projeto foi iniciado em agosto de 2024, após mais de dois anos de preparação. Ele emergiu das discussões do Grupo de Trabalho em Baterias Lítio-íon (GT7), no âmbito da Rede Colaborativa para Aumento da Produtividade e da Competitividade do Setor Automotivo Brasileiro, denominada Made in Brasil Integrado (MiBI). O projeto conta com a participação da Aliança Industrial, composta por 27 empresas de diversos setores, incluindo grandes nomes como Petrobras, Stellantis, Volkswagen, GM, WEG, TUPY, CBA e CNH, entre outras.

A Aliança Industrial tem como objetivo apoiar o desenvolvimento integral da cadeia produtiva, abrangendo desde a mineração até a fabricação de componentes. O projeto está estruturado para ser implementado ao longo de três anos e conta com recursos do Programa Mover, provenientes do SENAI Nacional e da Embrapii (Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial), além de contrapartidas financeiras das empresas participantes. Ao todo, serão investidos R\$ 68,8 milhões, com suporte adicional de instituições parceiras, como a Fundação CPQD - Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações e o Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI).

Por fim, lembramos que as discussões sobre reciclagem contam com um capítulo próprio nesta 4ª edição do anuário. A seguir, apresentamos um breve resumo do mercado de reciclagem em 2024.

5. Mercado de Reciclagem em 2024

A transição acelerada para veículos elétricos no Brasil, alinhando-se à tendência global, exige uma visão estratégica para o futuro da reciclagem automotiva, especialmente em relação às baterias de lítio-íon, seu componente mais valioso. Com o aumento da frota e a expectativa de que os veículos elétricos atinjam o fim de sua vida útil no final desta década, o Brasil precisa se preparar para as oportunidades que surgirão nesse novo mercado. Em 2024, observamos o crescimento da atuação de algumas empresas brasileiras inovadoras, que estão estabelecendo novos negócios na economia circular e oferecendo soluções 4R – Reparo, Reuso, Reciclagem de baterias de lítio-íon e Logística Reversa.

A Energy Source, fundada em 2016 e situada em São João da Boa Vista/SP, tem desenvolvido ao longo dos anos processos e tecnologias para soluções 4R, em colaboração com centros de pesquisa e universidades, tanto nacionais quanto internacionais. A empresa também tem formado acordos e alianças com grandes montadoras, além de captar grandes volumes de baterias de lítio-íon provenientes de diversos dispositivos, como celulares, notebooks, tablets, ferramentas elétricas e veículos elétricos.

Atualmente, a Energy Source oferece serviços de reparo e recuperação de baterias (retorno ao uso), reutilização em aplicações de segunda vida (Second Life), que podem estender sua vida útil por muitos anos, e, finalmente, reciclagem das baterias que já atingiram o limite de sua vida útil. Esse processo devolve os materiais a outras aplicações industriais na forma de Black Mass (mistura de cobalto, lítio e manganês obtida na primeira etapa do processo mecânico de reciclagem), além de cobre, alumínio e níquel. Na segunda etapa, a empresa processa o Black Mass por meio de uma solução hidrometalúrgica, um método químico utilizado para separar o cobalto, lítio e manganês.

Para ilustrar seu impacto, a Energy Source apresenta os seguintes números acumulados desde 2017 até outubro de 2024:

- Baterias Reparadas: 8 toneladas
- Baterias de Segunda Vida: 10 MWh
- Baterias Recicladas: 870 toneladas
- Pontos de Coleta “Quero Reciclar”: 560

Durante os 10 primeiros meses de 2024 (até outubro), a Energy Source processou os seguintes volumes:

- Baterias Reparadas: 3,8 toneladas (12 baterias veiculares)
- Baterias de Segunda Vida: pouco significativo
- Baterias Recicladas: 250 toneladas

A Tupy, multinacional brasileira fundada em 1938, emprega mais de 20 mil pessoas e se especializa na produção de componentes estruturais em ferro fundido de alta complexidade. Com fábricas localizadas em Joinville/SC, São Paulo/SP, Betim/MG, além de operações no México e em Portugal, a Tupy tem investido desde 2021 em iniciativas de pesquisa e desenvolvimento. Colabora com instituições renomadas como a USP e o SENAI (ISI-EQ) em projetos voltados para a reciclagem de baterias, hidrogênio, entre outros.

Atualmente, a empresa está desenvolvendo uma planta de demonstração para um processo hidrometalúrgico flexível, destinado à reciclagem de baterias de veículos elétricos. Nesse processo, a matéria-prima conhecida como Black Mass é dissolvida em soluções ácidas, permitindo a extração das substâncias desejadas. Essa abordagem não apenas consome menos energia e gera menos emissões de carbono, mas também possibilita uma maior recuperação de materiais, alinhando-se às práticas de economia circular e sustentabilidade.

Esse processo patenteado da Tupy abrange todas as principais químicas de baterias do setor automotivo, permitindo a reutilização dos metais recuperados na fabricação de novas baterias. Em colaboração com a BMW e o Instituto SENAI de Inovação em Eletroquímica (ISI-EQ), a Tupy desenvolveu uma bateria que utiliza material catódico feito com 100% de insumos reciclados.

Esse modelo inovador passou por um rigoroso protocolo de testes e demonstrou desempenho equivalente ao de uma bateria produzida com minerais virgens, destacando o potencial da reciclagem na indústria de baterias e contribuindo para a sustentabilidade do setor automotivo.

A Re-Teck, uma multinacional americana com presença no Brasil, está expandindo suas operações na reciclagem de baterias de lítio-íon a partir de sua instalação em Indaiatuba/SP. Fundada em 2000 e vinculada ao Li Tong Group de Hong Kong, a empresa oferece soluções de Reverse Supply Chain Management (RSCM) para fabricantes de equipamentos originais (OEMs) e empresas de tecnologia, eletrônica e telecomunicações.



Suas operações incluem soluções 3R - Reparo, Reuso e Reciclagem - abrangendo diversos tipos de baterias, desde celulares até veículos elétricos. No Brasil, a Re-Teck realiza a desmontagem de baterias e a caracterização das células, segregando-as por categorias para identificar aquelas que ainda podem ser reutilizadas. As células inutilizáveis são enviadas para a unidade da empresa em Dallas/EUA, onde passam por um sistema de reciclagem de circuito fechado, permitindo a recuperação de materiais valiosos do Black Mass, como cobalto, lítio e manganês, além de cobre, alumínio e níquel.

Com o crescimento acelerado do mercado de veículos elétricos no Brasil, a Re-Teck planeja instalar uma planta local para processamento e separação dos materiais das baterias de lítio-íon entre 2027 e 2028, fortalecendo sua presença na economia circular e contribuindo para a sustentabilidade do setor.

6. Conclusões

O ano de 2024 foi realmente um marco para a cadeia de valor de baterias para veículos elétricos no Brasil. O fortalecimento da produção nacional de lítio, impulsionado por investimentos de grandes empresas internacionais e iniciativas locais, representa uma oportunidade crucial para diminuir a dependência de importações e estabelecer o Brasil como um jogador relevante no mercado global.

A colaboração entre os setores público e privado, como exemplificado por projetos como o MagBras e a aliança industrial liderada pelo Instituto Senai de Inovação, destaca o comprometimento com a verticalização da cadeia e a evolução dos níveis de prontidão tecnológica. Essa sinergia é vital para o desenvolvimento de soluções inovadoras que atendam à crescente demanda por baterias mais eficientes e sustentáveis.

Para avançar, será necessário um esforço contínuo em pesquisa, desenvolvimento e investimentos, assegurando que o Brasil não apenas acompanhe, mas também lidera as inovações na mobilidade elétrica. A combinação de recursos, expertise e uma visão estratégica poderá posicionar o país na vanguarda desse setor em rápida transformação.

7. Referências

ARMAND, Michel et al. Lithium-ion batteries – Current state of the art and anticipated developments. *Journal of Power Sources*, v. 479, p. 228708, 2020.

CROMPTON, T. P. J. *Battery Reference Book*. 3. ed. Newnes, 2000.

EZELL, S. How Innovative Is China in the Electric Vehicle and Battery Industries? *Information Technology and Innovation Foundation*, 29 jul. 2024.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). *Global EV Outlook 2022: Securing Supplies for an Electric Future*. 2022. Acesso em: 15 set. 2023.

ITANI, Khaled; DE BERNARDINIS, Alexandre. Review on New-Generation Batteries Technologies: Trends and Future Directions. *Energies*, nov. 2023, v. 16, p. 7530. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/375598566_Review_on_New-Generation_Batteries_Technologies_Trends_and_Future_Directions.

KAMALI-HEIDARI, Elham; KAMYABI-GOL, Ata; HEYDARZADEH SOHI, Mahmoud; ATAIE, Abolghasem. Electrode materials for lithium ion batteries: a review. *Journal of Ultrafine Grained and Nanostructured Materials*, v. 51, n. 1, p. 1-12, 2018.

LINDEN, D.; REDDY, T. B. *Handbook of Batteries*. 4. ed. McGraw-Hill, 2010.
MOHAMMADI, Fazel; SAIF, Mehrdad. A comprehensive overview of electric vehicle batteries market. *e-Prime-Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*, p. 100127, 2023.

PNME, Plataforma Nacional de Mobilidade Elétrica. 3º Anuário Brasileiro da Mobilidade Elétrica: Rumo à expansão do mercado, políticas e tecnologias no Brasil. Disponível em: <https://pnme.org.br/biblioteca/3o-anuario-brasileiro-da-mobilidade-eletrica/>.

ROSOLEM, Maria de Fátima. Bateria de Lítio: Estado da Arte e Perspectivas Futura para Mobilidade Elétrica. Apresentação no Power 2 Drive – South America, São Paulo, 29 ago. 2024. Disponível em: <https://www.powertodrive-southamerica.com/palestrantes/maria-de-ftima-rosolem-pt>.

YANG, Zeyi. How did China come to dominate the world of electric cars? *MIT Technology Review*, 21 fev. 2023. Disponível em: <https://www.technologyreview.com/2023/02/21/1068880/how-did-china-dominate-electric-cars-policy/>.

Autores(as):

Lorena Tameirão de
Moura Correa
Isabella Lage Soares

07



07. OPORTUNIDADES DE FOMENTO À INOVAÇÃO PARA ALAVANCAR A MOBILIDADE ELÉTRICA NO BRASIL

DA CAPTAÇÃO DE RECURSOS À REDUÇÃO DE CARGA TRIBUTÁRIA

1. Introdução

No contexto atual de transição energética e descarbonização, tanto em nível nacional quanto global, é fundamental que as empresas estejam atentas às oportunidades relacionadas às políticas de incentivo fiscal e fomento à inovação e práticas de ESG. Essas políticas públicas têm o objetivo de impulsionar o desenvolvimento tecnológico em setores estratégicos, como o da mobilidade elétrica, e reduzir os riscos tecnológicos e financeiros para o setor privado, seja por meio da redução de custos tributários ou de investimentos. Isso ocorre porque a possibilidade de insucesso é considerada uma característica inerente ao processo de criação e implementação de novas soluções voltadas para a agenda das mudanças climáticas, que está profundamente ligada à mobilidade global e ao volume de emissões de gases de efeito estufa.

Nesse contexto, as oportunidades de fomento à inovação surgem como instrumentos cruciais para apoiar o desenvolvimento de novas soluções, especialmente quando envolvem alta incerteza tecnológica e significativa necessidade de investimento. No entanto, as organizações ainda enfrentam desafios na análise e seleção das melhores opções para captar recursos externos que atendam às suas necessidades, bem como em relação ao aproveitamento de incentivos fiscais já disponíveis.

Conhecer os agentes do ecossistema de fomento e monitorar as oportunidades aplicáveis à mobilidade elétrica, assim como acompanhar e interpretar as políticas públicas de inovação e transição energética que as sustentam, torna-se uma abordagem fundamental de inteligência competitiva para as empresas em busca de fomento.

Ao estabelecer e implementar essa abordagem de forma assertiva, é possível captar recursos financeiros externos, seja por meio de financiamentos reembolsáveis, subvenções econômicas ou benefícios para a redução da carga tributária. Dessa maneira, espera-se não apenas adquirir conhecimento e experiência, mas também construir, ao longo do tempo, uma metodologia estratégica de inovação aberta e fomento, o que aumenta significativamente as chances de sucesso na captação de recursos e nos projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I), além de melhorar o posicionamento da empresa no mercado.

Embora a premissa acima seja amplamente reconhecida pelas organizações, o grande desafio enfrentado pelas empresas é, essencialmente, como utilizar essa vasta gama de oportunidades de forma complementar e estratégica, alinhando-as também às premissas setoriais. O fomento à inovação em mobilidade elétrica no Brasil é um esforço conjunto que envolve agências de fomento, políticas governamentais, instituições financeiras e legislação específica.

Dessa forma, o presente capítulo tem como objetivo apresentar o panorama de 2024 das estratégias implementadas pelo governo para fomentar a industrialização sustentável de tecnologias emergentes, incluindo as relacionadas à mobilidade, além de discutir como as empresas podem aproveitar os recursos disponíveis para ampliar sua capacidade de desenvolvimento em PD&I, seja por meio da captação de recursos ou da utilização de incentivos fiscais.

Este capítulo guarda estreita relação com o capítulo sobre Políticas Públicas deste anuário. No entanto, enquanto o capítulo de Políticas Públicas tem uma abordagem descritiva, este adota um enfoque prescritivo, recomendando ações ou atividades que devem ser consideradas pelas empresas do ecossistema brasileiro de mobilidade elétrica. Levar em conta essas recomendações oferece vantagens tanto do ponto de vista estratégico quanto tático.

Além disso, sob a ótica dos principais acontecimentos de 2024, o capítulo também apresenta um conjunto não exaustivo de fontes de fomento que as empresas podem utilizar.



2. Missões para o desenvolvimento industrial do Brasil abarcam iniciativas voltadas à mobilidade

Em julho de 2024, o Governo Federal reativou o Conselho Nacional de Desenvolvimento Industrial (CNDI), vinculado ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC). Sua principal missão é subsidiar, por meio de proposições submetidas à Presidência da República, a formulação e implementação de políticas públicas voltadas para o desenvolvimento industrial do Brasil.

A nova política industrial se organiza em torno de seis missões, aprovadas pelo CNDI na resolução CNDI/MDIC nº 1, de 6 de julho de 2023, com o objetivo de direcionar o desenvolvimento industrial até 2033. Essas políticas, baseadas em missões, têm como objetivo, entre outras coisas, estimular o desenvolvimento produtivo e tecnológico, promover a inovação em diversos setores e agentes, e orientar investimentos, engajando e criando confiança entre os setores público, privado e o terceiro setor. As missões são as seguintes:

- Cadeias agroindustriais sustentáveis e digitais para a segurança alimentar, nutricional e energética;
- Complexo econômico-industrial da saúde resiliente para reduzir as vulnerabilidades do SUS e ampliar o acesso à saúde;
- Infraestrutura, saneamento, moradia e mobilidade sustentáveis para a integração produtiva e o bem-estar nas cidades;
- Transformação digital da indústria para ampliar a produtividade;
- Bioeconomia, descarbonização, transição e segurança energéticas para garantir os recursos para as gerações futuras;
- Tecnologias de interesse para a soberania e a defesa nacionais.

É crucial que as empresas planejem o acompanhamento das políticas governamentais nos próximos anos. Para se manterem competitivas e ampliarem as oportunidades de captação de recursos, é necessário alinhar sua estratégia interna de desenvolvimento de projetos às estratégias nacionais, orientadas pelas missões elencadas.

No que diz respeito às iniciativas e tecnologias para mobilidade elétrica, inseridas nas missões nº 3 e nº 5, o CNDI detalha os seguintes principais tópicos:

- Adensar as cadeias produtivas nacionais das áreas de infraestrutura de água e saneamento, mobilidade, logística de transporte, telecomunicações, dados e energia, fortalecendo a integração produtiva e comercial, tanto no mercado interno quanto com os países vizinhos, em articulação com os programas de investimento;
- Ampliar infraestruturas digitais locais, com foco em conectividade de alta velocidade e resiliente, incluindo redes privadas e integração entre hardware e software, para a prestação de serviços nas cidades e nas indústrias inteligentes;
- Desenvolver tecnologias, bens, serviços e empresas nacionais de sistemas de mobilidade e logística de transporte, bem como seus componentes e peças, com ênfase na economia circular, otimização dos recursos hídricos, transição e eficiência energéticas, e digitalização;
- Desenvolver tecnologias estratégicas para a descarbonização, a transição energética e a bioeconomia, aproveitando as vantagens intrínsecas do país para promover o protagonismo das empresas brasileiras no mercado interno e internacional.

Ainda no contexto do alinhamento das estratégias internas para desenvolvimento de projetos e captação de recursos com as estratégias nacionais, é importante destacar que o setor industrial brasileiro receberá R\$ 106,16 bilhões nos próximos quatro anos, como estímulo ao desenvolvimento em áreas consideradas estratégicas para o país. Esses recursos serão provenientes do BNDES, da Finep e da Embrapii, e incluirão tanto linhas de crédito e financiamento quanto recursos não reembolsáveis. A distribuição desses recursos será a seguinte:

BNDES

R\$ 65,1 bilhões, que serão destinados, prioritariamente, ao financiamento de projetos de inovação e digitalização. Outra ação relevante, segundo o MDIC, será a facilitação de crédito para financiar a produção de bens nacionais voltados à exportação.

FINEP

R\$ 40,68 bilhões, destinados à pesquisa e desenvolvimento das empresas brasileiras, com o objetivo de apoiar as diferentes etapas do ciclo de desenvolvimento científico e tecnológico.

Além desses valores, também estão disponíveis recursos provenientes da Embrapii, destinados a fomentar a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico colaborativo, envolvendo Unidades Embrapii e empresas industriais de pequeno, médio e grande porte.

Após a definição dos recursos financeiros, os agentes do ecossistema de fomento têm como diretriz a aplicação desses recursos em conformidade com as missões do CNDI, sendo necessário operacionalizá-los por meio de diferentes instrumentos de fomento à inovação. Em 2024, destacam-se os editais de subvenção para mobilidade urbana e energias renováveis, além de programas prioritários e setoriais, como a Rota e o Mover.

Nesse contexto, sugere-se que a estratégia de inovação e fomento esteja alinhada às missões do CNDI que mais se adequem a cada tipo de negócio, maximizando o potencial de sucesso na captação de recursos, especialmente subvenções econômicas, como será detalhado no próximo tópico.

3. Entendendo o panorama de fomento no Brasil

Para alinhar as oportunidades à estratégia, é imprescindível que as empresas conheçam as opções de fomento à inovação no Brasil.

A fim de maximizar suas chances de captar recursos, é essencial que as empresas compreendam as oportunidades existentes, especialmente no contexto da transição para uma economia de baixa emissão de carbono. Esse conhecimento estratégico permitirá que as empresas alinhem suas atividades de inovação aos incentivos disponíveis, aumentando suas chances de sucesso e garantindo maior aderência às políticas públicas.

Figura 1 – Mapa brasileiro de fomento à inovação e ESG



Fonte: ABGI Brasil

As oportunidades de recursos atualmente disponíveis dividem-se, em resumo, em apoio financeiro direto, indireto e outras formas de apoio. No panorama atual, destacam-se as seguintes oportunidades específicas para mobilidade elétrica:

Apoio Financeiro Direto: Refere-se à assistência financeira, na qual entidades públicas e/ou privadas podem apoiar empresas e outras organizações envolvidas em atividades de PD&I, por meio da transferência direta de recursos.

Subvenção Econômica

Estabelecida pela Lei nº 10.973/2004, trata-se de apoio financeiro concedido diretamente às empresas para a realização de atividades de PD&I. O instrumento oferece recursos públicos que não precisam ser devolvidos, mas exige a apresentação de contrapartidas pelas empresas e/ou instituições participantes.

Mais Inovação Brasil – Mobilidade Urbana

Linha temática 1 – Tecnologias de Descarbonização dos Transportes: Desenvolvimento e implementação de tecnologias que contribuam para a redução das emissões de carbono no transporte rodoviário, ferroviário, fluvial, marítimo e aeronáutico. Isso inclui o desenvolvimento de componentes e equipamentos para sistemas de propulsão de veículos elétricos, de levitação magnética, híbridos-elétricos com combustíveis sustentáveis, e baterias que estimulem, preferencialmente, a produção e o uso de minerais estratégicos e materiais avançados no Brasil.

Linha temática 2 – Mobilidade Verde e Inteligente: Desenvolvimento de tecnologias voltadas para o estabelecimento de infraestrutura de recarga para modais elétricos; desenvolvimento de componentes, partes e sistemas de conectividade veicular, e infraestrutura para conectividade veicular em centros urbanos e rodovias, incluindo sistemas de gerenciamento de tráfego inteligente.

Mais Inovação Brasil – Energias Renováveis

Linha temática 1 – Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono: Desenvolvimento de tecnologias para a produção, armazenamento, transporte e uso de hidrogênio de baixa emissão de carbono.

Linha temática 2 – Equipamentos para Armazenamento de Energia: Desenvolvimento tecnológico de equipamentos e componentes críticos para a cadeia produtiva de sistemas de armazenamento de energia.

Recursos não Reembolsáveis

Refere-se ao apoio financeiro concedido a instituições públicas ou privadas que promovem o desenvolvimento de projetos de PD&I, em sua maioria voltados para projetos cooperativos entre empresas e instituições de pesquisa, com a instituição de pesquisa sendo responsável pela execução e gestão dos recursos financeiros.

Embrapii/BNDES – INOVA+ Biocombustíveis: Fomenta projetos desde a prova de conceito até a inserção no mercado (TRL 3 a 9). Áreas temáticas incluem tecnologias e componentes ligados à bioeletrificação veicular, como modelos híbrido-elétricos e células a combustível de hidrogênio.

Recursos Reembolsáveis

Recursos financeiros disponibilizados na forma de crédito subsidiado, que apoiam todas as etapas e dimensões do ciclo de desenvolvimento científico e tecnológico.

BNDES – Fundo Clima – crédito com taxa de 2,3% a 9% ao ano. Premissa: projetos com impacto na agenda de mudanças climáticas, com a taxa variando conforme o subprograma.

Finep Mais Inovação – crédito TR +2,3% a.a. Premissa: projetos orientados às missões CNDI.

Investimento Obrigatório

Alocações de capital próprio em atividades de PD&I, aplicáveis às empresas de setores que são legal ou contratualmente obrigadas a investir, com destaque para o setor de energia, regulado pela ANEEL e ANP.

Todas as empresas petrolíferas e de energia no Brasil possuem obrigações específicas para investir em PD&I. Em linhas gerais, o objetivo dessas obrigações é promover o desenvolvimento científico e tecnológico nos setores de petróleo, gás natural, biocombustíveis, além de outras fontes de energias renováveis, transição energética e descarbonização. Esse investimento visa o fortalecimento da indústria nacional, a busca por soluções tecnológicas inovadoras e a ampliação do conteúdo local de bens e serviços.

Um exemplo recente é o projeto apresentado no final de 2023, que visa o abastecimento de hidrogênio para Pesquisa & Desenvolvimento na Universidade de São Paulo (USP). Em 2024, iniciou-se o desenvolvimento da planta-piloto, que terá capacidade de produzir 4,5 quilos de hidrogênio (H₂) por hora, com o objetivo de abastecer até três ônibus e um veículo leve. O investimento total desse projeto é de R\$ 50 milhões, oriundos da cláusula de PD&I da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Como parceiros no desenvolvimento da estação, estão a Hytron, a Raízen, o SENAI CETIQT, a Universidade de São Paulo (USP), por meio do Centro de Pesquisa para Inovação em Gases de Efeito Estufa (RCGI)¹.

A ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) e a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) são responsáveis por regular e monitorar esses investimentos obrigatórios. Para realizar projetos dentro do escopo dos investimentos obrigatórios, as empresas devem negociar diretamente com as empresas de energia que possuem essa obrigatoriedade, definindo o escopo dos projetos regulados por cada agência.

Algumas empresas do setor de energia, em sua maioria estatais, publicam editais específicos para a execução dos recursos de PD&I, como a Petrobras e a CEMIG. Portanto, as empresas interessadas devem monitorar as chamadas públicas de programas de PD&I do setor elétrico para identificar as oportunidades disponíveis.

Apoio Financeiro Indireto

Não envolve a transferência direta de recursos financeiros, mas pode ser fornecido por meio de isenção, dedução, compensação, entre outros modelos que reduzem a carga tributária das empresas que investem em PD&I. O objetivo desse tipo de apoio é criar um ambiente econômico favorável ao desenvolvimento empresarial e à competitividade do Brasil, sem a necessidade de transferências financeiras diretas. Os incentivos fiscais serão detalhados na próxima seção.

¹<https://www.shell.com.br/imprensa/press-releases-2023/estacao-de-abastecimento-de-hidrogenio-para-pesquisa-and-desenvolvimento-sera-construida-na-usp.html>

4. Origem dos recursos para fomento à inovação

O cenário atual destaca-se pela abundância de oportunidades de subvenção econômica e recursos não reembolsáveis. O principal motivador desse cenário foi a aprovação da Lei Complementar nº 177/2021, que proibiu o contingenciamento dos recursos do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT). Este marco foi de grande importância para a comunidade científica e tecnológica no Brasil, pois garantiu a utilização integral dos recursos destinados ao fomento da pesquisa, desenvolvimento e inovação.

É fundamental destacar a mudança significativa na gestão dos recursos do FNDCT, que historicamente eram bloqueados. Agora, os valores arrecadados pelo fundo serão integralmente utilizados para o financiamento de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação, sem possibilidade de bloqueios ou realocação desses recursos para outras finalidades devido a contingências fiscais ou orçamentárias.

Nesse contexto, é relevante a relação direta e significativa entre a Lei Complementar nº 177/2021 e o lançamento dos editais de subvenção da FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) no programa Mais Inovação, que conta com pelo menos três editais vigentes diretamente relacionados à mobilidade elétrica, a saber: Mobilidade Urbana, Energias Renováveis e Tecnologias Digitais. A FINEP é uma das principais agências de fomento à pesquisa, desenvolvimento e inovação no Brasil e utiliza os recursos do FNDCT para financiar projetos em diversas áreas, incluindo subvenção econômica para empresas que desenvolvem projetos inovadores.

A relação entre o descontingenciamento dos recursos do FNDCT e o lançamento de editais de subvenção da FINEP no programa Mais Inovação resulta no aumento da disponibilidade de recursos, possibilitando o lançamento de novos editais e a ampliação do financiamento para projetos inovadores.



5. Incentivos fiscais para desenvolvimento de novas tecnologias e análises de políticas públicas

Os incentivos fiscais, como forma de apoio indireto, têm sido um dos principais mecanismos utilizados por governos em todo o mundo para estimular o desenvolvimento de novas tecnologias e promover a inovação em setores estratégicos. Paralelamente, diversas políticas públicas estão sendo implementadas para garantir o avanço científico e tecnológico, especialmente em áreas como mobilidade elétrica, descarbonização e sustentabilidade.

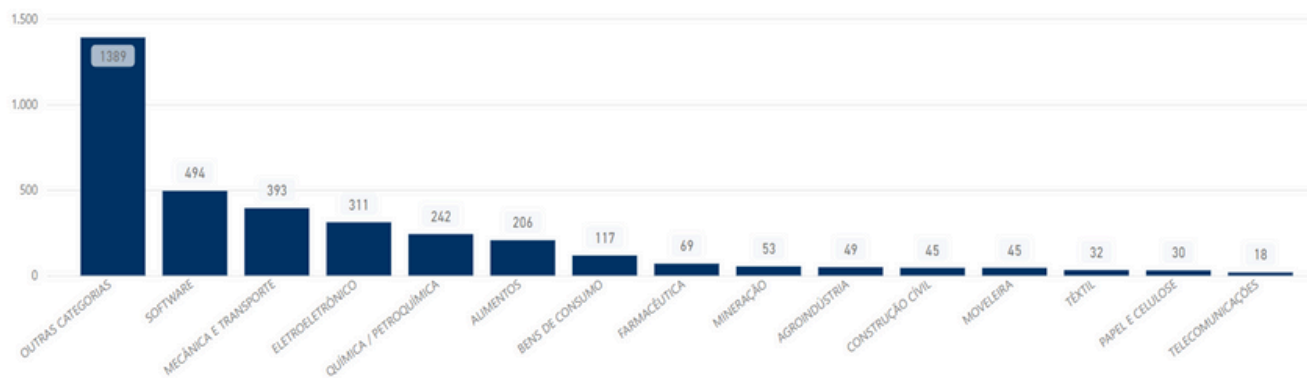
Ao reduzir a carga tributária das empresas que investem em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I), os incentivos fiscais criam um ambiente favorável para o desenvolvimento de novos produtos e soluções tecnológicas, impulsionando a competitividade nacional e o crescimento econômico.

Entre os principais instrumentos de incentivo fiscal no Brasil, destacam-se:

Lei do Bem

Instituída pela Lei nº 11.196/2005, a Lei do Bem é o principal instrumento de estímulo às atividades de PD&I no Brasil. Ela oferece incentivos fiscais às empresas brasileiras de todos os setores, incluindo todas as empresas da cadeia de valor da mobilidade elétrica. Seu objetivo é promover o desenvolvimento dos setores produtivos, aumentar a competitividade e reduzir os riscos associados aos projetos de inovação.

De acordo com dados publicados pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), órgão da administração federal direta responsável pelo estabelecimento de diretrizes para as políticas nacionais de ciência, tecnologia e inovação e pela interlocução com o governo federal, segue abaixo a distribuição das empresas beneficiárias da legislação, no ano de 2022, por setor:



O setor "Outras Categorias" representa as áreas de saúde, educação, financeiro, seguros entre outras áreas não agrupadas.

Fonte: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/lei-do-bem/noticias/informacoes-estatisticas>, acesso em 04/10/2024 às 18:30

É possível observar, a partir do gráfico disponibilizado, a significativa representatividade de empresas em setores que têm impulsionado projetos de mobilidade elétrica no país. A seguir, apresentamos uma análise sucinta dos setores com maior relevância para o tema, destacando iniciativas que poderiam ser beneficiadas pela legislação.

Software: O desenvolvimento de software é fundamental para a mobilidade elétrica, pois envolve sistemas de gerenciamento de energia, controle de veículos elétricos, navegação e integração com infraestruturas de carregamento. Além disso, há um grande potencial no desenvolvimento de aplicativos que auxiliam os usuários a localizar estações de carregamento e monitorar o desempenho dos veículos.

Mecânica: Este setor está diretamente relacionado à fabricação e manutenção de veículos elétricos. A engenharia mecânica desempenha um papel essencial no design de componentes, como motores elétricos, sistemas de suspensão adaptados para veículos elétricos e aerodinâmica, todos fatores que impactam diretamente a eficiência energética.

Transporte: O setor de transporte é um dos mais impactados pela transição para a mobilidade elétrica. Isso abrange a implementação de frotas de veículos elétricos, sistemas de transporte público sustentáveis e a infraestrutura necessária, como estações de carregamento.

Eletroeletrônico: Este setor é essencial para a mobilidade elétrica, pois inclui componentes eletrônicos fundamentais para o funcionamento de veículos elétricos, como baterias, sistemas de controle e dispositivos de carregamento. Os avanços em tecnologia eletroeletrônica também são cruciais para melhorar a eficiência e a segurança dos veículos elétricos.

PIS/COFINS

No âmbito das atividades de P&D, este incentivo fiscal é uma modalidade baseada nas legislações do regime de não-cumulatividade das contribuições, estabelecidas pelas Leis nº 10.637/2002 e nº 10.833/2003, e posteriormente regulamentado pelo Parecer Normativo COSIT nº 05/2018. O objetivo do incentivo é conceder créditos fiscais proporcionais às despesas consideradas como insumos – desde que essenciais e relevantes para as atividades de P&D – associadas a projetos que resultem no desenvolvimento de novos produtos, serviços ou processos produtivos. O crédito potencial é de até 9,25% sobre o montante de despesas elegíveis, com a possibilidade de análise dentro de um período de até 5 anos de gastos relacionados a P&D.

Programa Mover

O Programa Mobilidade Verde e Inovação, instituído pela Lei nº 14.902/2024, concede crédito financeiro para apoiar o desenvolvimento tecnológico, a competitividade global, a integração nas cadeias globais de valor, a descarbonização e o alinhamento a uma economia de baixo carbono no ecossistema produtivo e inovativo de automóveis, caminhões e seus implementos rodoviários, ônibus, chassis com motor, máquinas autopropulsadas e autopeças. As empresas que podem se beneficiar do Mover são:

- Fabricantes de produtos automotivos, matérias primas e insumos;
- Empresas que tenham projetos de instalação ou ampliação de fábricas automotivas no Brasil;
- Empresas que desenvolvem, no país, serviços de PD&I ou engenharia voltadas para a cadeia automotiva.

O MOVER é mais generoso que os programas automotivos anteriores, oferecendo crédito financeiro de 50% a 320% dos dispêndios de PD&I. O programa proporciona diversos benefícios de acordo com cada tipo de habilitação, incluindo:

- Crédito financeiro sobre dispêndios de PD&I;
- Crédito financeiro sobre investimentos em ativos fixos;
- Abatimento do IRPJ e CSLL;
- Redução do imposto de importação;
- Redução da alíquota de IPI, entre outros

É importante observar que o Mover tem um limite total de crédito, que varia de R\$ 3,5 bilhões em 2024 a R\$ 4,1 bilhões em 2028. Isso significa que, anualmente, há um valor máximo disponível, tornando crucial o acompanhamento dos recursos ainda disponíveis, para aproveitar ao máximo as oportunidades oferecidas pelo programa.

Lei de Informática

Instituída pela Lei nº 8.248/1991, concede incentivos fiscais para empresas do setor produtivo de bens de informática que realizam atividades de PD&I. O objetivo da lei é estimular a inovação nesse setor, gerando crédito financeiro proporcional ao faturamento de produtos habilitados, com a contrapartida de investimentos em atividades de P&D.

Todas as empresas que estejam no regime do Lucro Real ou Lucro Presumido e fabricam insumos para produtos habilitáveis e/ou produtos habilitáveis podem usufruir do benefício da Lei de Informática, desde que atendam às condições específicas sobre seus produtos.

O benefício é obtido por meio de crédito financeiro, gerado trimestral ou anualmente, com valores proporcionais aos investimentos em PD&I realizados durante o período em questão, limitados a um percentual do faturamento com produtos da empresa incentivados pela referida lei.

O cálculo do crédito financeiro gerado pelas empresas beneficiárias leva em consideração um multiplicador aplicado aos investimentos em PD&I realizados durante o período determinado pela modalidade escolhida. O crédito gerado é limitado por um percentual aplicado sobre o faturamento incentivado.

PADIS

Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores:

O PADIS, instituído pela Lei nº 11.484/2007, oferece benefícios fiscais para empresas que, isoladamente ou em conjunto, exerçam atividades relacionadas a componentes eletrônicos semicondutores, displays e insumos e equipamentos dedicados à fabricação desses componentes. O programa também abrange a produção de células e painéis fotovoltaicos.

Em contrapartida, as empresas beneficiadas devem investir parte do faturamento obtido em atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I). O objetivo da Lei é incrementar a capacitação tecnológica e a competitividade do País, apoiando os segmentos tecnológicos relacionados.

Um exemplo interessante é o desenvolvimento de sistemas de gerenciamento de bateria para veículos elétricos, que otimizam o desempenho, a segurança e a vida útil das baterias. Esses sistemas, ao integrar semicondutores e displays para monitoramento em tempo real, poderiam compor a base de cálculo para o benefício do PADIS, pois envolvem inovação tecnológica relevante para a mobilidade elétrica.

Benefícios fiscais e reinvestimento em inovação

Os benefícios fiscais descritos acima visam proporcionar às empresas que investem em inovação a possibilidade de deduções fiscais significativas, permitindo o reinvestimento em novos projetos e na modernização das operações. Vale destacar que muitos desses benefícios são cumulativos, o que potencializa as oportunidades de reinvestimento.

Além disso, as recentes iniciativas voltadas para a descarbonização da economia e a transição energética reforçam a necessidade de integração entre inovação tecnológica e sustentabilidade, alinhando o Brasil com as tendências globais de desenvolvimento de baixo carbono.

No âmbito das políticas públicas, vale destacar as ações voltadas para a descarbonização, que representam uma necessidade urgente, tanto no contexto brasileiro quanto mundial.



Política Nacional de Transição Energética (PNTE)

Em 28 de agosto de 2024, foi publicada a resolução que institui a Política Nacional de Transição Energética - PNTE, o Plano Nacional de Transição Energética - PLANTE, e o Fórum Nacional de Transição Energética - FONTE. O objetivo central dessas iniciativas é transformar a matriz energética do Brasil em uma estrutura de baixa emissão de carbono, contribuindo para atingir a neutralidade das emissões líquidas de gases de efeito estufa, conforme os compromissos internacionais e as metas climáticas assumidas pelo país.

A resolução estabeleceu diretrizes para a criação do Plano Nacional de Transição Energética, que será estruturado para um horizonte de 4 anos e coordenado pelo Ministério de Minas e Energia, com o apoio da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e a participação dos Ministérios que possuem programas e ações vinculadas à transição energética. Após um período de consulta pública, o plano será aprovado pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE).

Oportunidades para as Empresas

Com o avanço dessas políticas, as empresas têm a oportunidade de se beneficiar de alinhamentos com as políticas de redução de emissões e investimentos em tecnologias limpas, além de participar ativamente nas discussões e definições promovidas pelo FONTE. A recomendação para as empresas é que avaliem como as diretrizes e os instrumentos estabelecidos pela PNTE podem impactar suas estratégias de sustentabilidade e transição energética, de forma a integrar essas iniciativas dentro de seus modelos de negócios e operações.

Programa de Desenvolvimento do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (PHBC)

Outro passo significativo no avanço da agenda de descarbonização foi a sanção do Programa de Desenvolvimento do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (PHBC), em 30 de setembro de 2024. O programa alocará R\$ 18,3 bilhões entre 2028 e 2032 para financiar a transição energética, priorizando o uso de hidrogênio de baixa emissão de carbono.

O hidrogênio verde é um componente central dessa iniciativa, sendo produzido a partir de fontes renováveis, como energia eólica, solar, biomassa e biocombustíveis. Sua utilização é considerada uma solução chave para descarbonizar setores industriais, transporte e energia, contribuindo significativamente para a redução das emissões de gases de efeito estufa.

O programa estabelece metas objetivas voltadas para o desenvolvimento do mercado interno e para a aplicação de incentivos fiscais em setores industriais de difícil descarbonização, como os siderúrgico, fertilizantes, cimento, químico e petroquímico. Também faz parte de suas finalidades o uso do hidrogênio verde no transporte pesado.

De acordo com o programa, a concessão de créditos fiscais está prevista para a comercialização de hidrogênio de baixa emissão de carbono e seus derivados, desde que a produção seja realizada em território nacional. Para ser elegível aos créditos fiscais, as empresas precisam cumprir ao menos um dos seguintes requisitos: contribuição ao desenvolvimento regional, contribuição às medidas de mitigação e adaptação à mudança do clima, estímulo ao desenvolvimento e difusão tecnológica ou contribuição à diversificação do parque industrial brasileiro.

O montante de créditos fiscais a ser concedido foi estabelecido pelo Poder Executivo, com base nas metas fiscais e nos objetivos do Programa de Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (PHBC), e estará disponível para as empresas entre 2028 e 2032.

A maturidade da mobilidade elétrica no Brasil, apoiada por incentivos fiscais, recursos para fomento e políticas de inovação, representa um dos pilares essenciais para a agenda da transição energética no país.

Lei de Reciclagem

A Lei nº 14.260/2021, conhecida como a “Lei Rouanet da Reciclagem”, tem como objetivo incentivar empresas a investirem em projetos de reciclagem e gestão de resíduos sólidos, oferecendo benefícios fiscais aos contribuintes para promover o desenvolvimento sustentável no Brasil. Regulamentada pelo Decreto nº 12.106/2024, a lei reconhece a importância da reciclagem para a preservação ambiental e estimula o setor privado a contribuir para a solução dos desafios ambientais, especialmente considerando os baixos índices de reciclagem no país.

A legislação estabelece incentivos para projetos de reciclagem, cria o Fundo de Apoio para Ações Voltadas à Reciclagem (Favorecycle) e os Fundos de Investimentos para Projetos de Reciclagem (ProRecycle). Nos próximos cinco anos, pessoas físicas e jurídicas que apuram seus impostos com base no lucro real poderão reduzir parte do imposto de renda ao apoiar iniciativas aprovadas pelo Ministério do Meio Ambiente. As deduções podem ser aplicadas em diversas áreas, incluindo capacitação, incubação de microempresas, pesquisas sobre responsabilidade compartilhada, adaptação de infraestrutura, aquisição de equipamentos e desenvolvimento de novas tecnologias.

Pessoas físicas podem deduzir até 6% do valor devido de imposto de renda, enquanto pessoas jurídicas têm um limite de 1%. A lei também define a estrutura administrativa responsável pela gestão dos incentivos, determinando que o Ministério do Meio Ambiente será o responsável por analisar, aprovar e acompanhar os projetos, garantindo que apenas iniciativas validadas sejam beneficiadas. As propostas aprovadas serão disponibilizadas no site do ministério, com informações detalhadas sobre cada projeto.

6. Conclusões

O ano de 2024 foi de extrema importância para o lançamento de oportunidades de fomento à mobilidade elétrica no Brasil. Isso se deve, principalmente, à criação de incentivos fiscais e programas de captação de recursos voltados para a inovação em temas relacionados à energia, descarbonização e economia circular.



O alinhamento dessas oportunidades com as estratégias internas das empresas é essencial para garantir a competitividade no cenário global e maximizar as chances de sucesso nos projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I), uma vez que muitos desses benefícios podem ser utilizados de forma cumulativa.

Entre as iniciativas mais promissoras, destaca-se o Programa Mover, que promove a mobilidade verde e subsidiará uma quantia financeira significativa para a inovação nos próximos anos. Além disso, é fundamental que as organizações mapeiem as oportunidades de utilização dos incentivos fiscais previstos pela Lei do Bem, que incentivam a inovação em setores-chave e transversais da economia.

O recente lançamento do Programa de Desenvolvimento do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono também representa um marco nacional importante, pois potencializará o direcionamento de recursos significativos para a transição energética.

No curto, médio e longo prazo, o cenário aponta para o aumento das oportunidades de captação de recursos, considerando os fundos disponibilizados por instituições como BNDES, FINEP e EMBRAPA, além do reforço de políticas públicas como a Política Nacional de Transição Energética. Esses programas devem continuar a fomentar a inovação e o desenvolvimento de tecnologias estratégicas, especialmente no que se refere à eficiência energética e descarbonização.

Além disso, o avanço na produção e utilização de hidrogênio verde, aliado ao fortalecimento das cadeias produtivas nacionais, consolidará o Brasil como um player relevante no mercado internacional de tecnologias limpas. As empresas que se adaptarem rapidamente a esses novos paradigmas, integrando inovação tecnológica e sustentabilidade em suas operações, estarão melhor posicionadas para captar os benefícios oferecidos e desempenhar um papel de liderança em mobilidade elétrica.

Absorver as estratégias governamentais sobre a disponibilização de recursos é essencial para mapear objetivos e traçar metas para o desenvolvimento sustentável e potencializado de projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I). Com uma visão holística sobre as oportunidades de fomento à inovação, é possível dividir os investimentos de curto, médio e longo prazo com o governo e as entidades responsáveis, apoiando em conjunto as atividades de risco e os desafios tecnológicos significativos.

Saber interligar as oportunidades de recursos disponíveis, sejam subvenções econômicas, recursos reembolsáveis ou não reembolsáveis, e benefícios tributários, é a chave para aumentar a competitividade no mercado.

7. Referências

BRASIL. Ministério da Economia. Secretaria de Desenvolvimento da Indústria, Comércio, Serviços e Inovação. Resolução CNDI/MDIC nº 1, de 6 de julho de 2023. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 19 jul. 2023. Seção 1, p. 16.

BRASIL. Lei nº 11.196, de 21 de novembro de 2005.

BRASIL. Lei nº 10.637, de 30 de dezembro de 2002.

BRASIL. Lei nº 10.833, de 29 de dezembro de 2003.

BRASIL. Lei nº 14.902, de 6 de janeiro de 2024.

BRASIL. Lei nº 8.248, de 23 de outubro de 1991.

BRASIL. Lei nº 11.484, de 31 de maio de 2007.

EMBRAPII. Inova+ Biocombustíveis. Disponível em: <<https://embrapii.org.br/parceria-bndes/>>. Acesso em: 28 set. 2024.

MDIC. Política industrial terá injeção de R\$ 106 bi nos próximos 4 anos. Disponível em: <<https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/noticias/2023/julho/politica-industrial-tera-injecao-de-r-106-bi-nos-proximos-4-anos>>. Acesso em: 28 set. 2024.



08

08. TÓPICOS ESPECIAIS



TÓPICO ESPECIAL 01

DESMONTAGEM E RECICLAGEM DE VEÍCULOS ELÉTRICOS: DO BERÇO AO TÚMULO

Autores(as): Juliana Leite da Silva, Marco Antonio da Silva, Veríssimo de Souza Junior, Renato Nunes Souza, Julio Cesar Luchesi de Freitas, Weder Lopes Peixoto e Rodrigo Dalmarco Warmling

1. Introdução

A indústria automotiva global está à beira de uma transformação histórica, impulsionada pela transição de veículos movidos por combustíveis fósseis para alternativas mais limpas e sustentáveis, como os veículos elétricos¹. Com essa mudança, surgem novos desafios e oportunidades em todas as etapas da vida útil dos veículos, desde a fabricação até a desmontagem e reciclagem final.

A reciclagem, por exemplo, é fundamental para reduzir a pegada de carbono associada à produção desses veículos. As baterias de íons de lítio, por sua vez, contêm materiais que exigem grandes quantidades de energia para serem extraídos e processados. Através da reciclagem, esses materiais podem ser reaproveitados, diminuindo a necessidade de mineração e processamento de novas matérias-primas. Isso impacta diretamente na redução das emissões de CO₂, uma vez que a produção de materiais reciclados geralmente consome menos energia do que a de materiais virgens.



No Brasil, o setor de desmonte veicular (ou desmontagem automotiva) tem sido historicamente marginalizado e, muitas vezes, mal compreendido, frequentemente associado ao mercado informal ou à falta de regulamentação. No entanto, nos últimos anos, uma verdadeira revolução silenciosa tem alterado essa percepção, especialmente graças ao trabalho de associações como a ABCAR (Associação Brasileira de Reciclagem Automotiva), ADLEX/MG (Associação dos Lojistas do Comércio, Recuperação, Reciclagem, Ferros Velhos e Recolhimento de Peças Automotivas de Minas Gerais), SINDESMONTE (Sindicato das Empresas de Desmanche de Veículos, Comércio de Peças Recuperadas e Sucatas de Metais Ferrosos e Não Ferrosos em Geral do Estado de São Paulo), SINPROVEL (Sindicato das Empresas de Corte e Desmonte de Veículos Automotores Terrestres, Comercialização de Autopeças Usadas, Recondicionadas e Novas), SINDCDV-RS (Sindicato Patronal dos Desmontes do Estado do Rio Grande do Sul) e ABCAR/SC (Associação Brasileira de Comerciantes e Recicladores de Automóveis Descontinuados de Santa Catarina).

Neste sentido, o texto oferece uma visão geral sobre o desenvolvimento da desmontagem automotiva no Brasil nos últimos anos, destacando suas conquistas em termos de legislação e responsabilidade ambiental. Serão analisadas, posteriormente, as regulamentações emergentes e a importância da capacitação adequada para o desmonte e a reciclagem de veículos elétricos, além de discutir como o Brasil pode se preparar para garantir que o manejo final desses veículos seja seguro, sustentável e economicamente viável. Por fim, serão apresentados dois exemplos de sucesso brasileiro na reciclagem veicular. Embora esses exemplos se concentrem na reciclagem de veículos leves a combustão, eles demonstram que o Brasil já possui capacidade técnica instalada, embora ainda haja muito a ser feito. Como de costume, o texto será concluído com a apresentação das principais conclusões.

¹Nesse capítulo, o termo “veículos elétricos” abrange não apenas os veículos puramente elétricos (BEVs), como todo os tipos de veículos híbridos.

2. O setor de desmonte veicular no Brasil

Durante décadas, a atividade de desmonte foi vista com desconfiança, frequentemente associada ao comércio ilegal de peças, enquanto seus impactos ambientais e econômicos eram amplamente negligenciados. Contudo, nos últimos anos, o setor passou por uma transformação profunda, impulsionada pela regulamentação legal, pela formalização da atividade e pelo crescente entendimento de que a reciclagem automotiva é parte essencial da economia circular.

A virada de chave para o setor ocorreu em 2014, com a promulgação da Lei nº 12.977, conhecida como a "Lei do Desmonte". Essa legislação representou um divisor de águas ao estabelecer critérios claros para o desmonte de veículos e a comercialização de suas peças. Com a criação de regras para a rastreabilidade e o controle das peças automotivas usadas, a lei trouxe maior transparência e segurança tanto para consumidores quanto para as empresas que atuam dentro da legalidade. A implementação de sistemas de monitoramento e controle, como o Sistema de Controle da Desmontagem Veicular (SISDEV-SP), o Sistema de Rastreabilidade de Peças (SIRP/MG) e o Gerenciamento de Informações do Detran (GID/RS), entre outros, possibilitou que as peças usadas fossem vendidas com garantia de procedência, ajudando a combater o mercado ilegal de peças furtadas ou irregulares.

Com a regulamentação, o setor passou por um processo de formalização que atraiu novos investidores e impulsionou a modernização das operações. Empresas começaram a adotar práticas de gestão mais profissionais, investindo em tecnologia e em processos que garantissem maior eficiência e sustentabilidade. A evolução tecnológica também desempenhou um papel crucial nesse processo de transformação. As empresas de desmontagem e reciclagem passaram a investir em sistemas avançados de triagem e reciclagem de materiais, capazes de identificar e separar diferentes tipos de metais, plásticos e vidros de maneira eficiente. Essas inovações permitiram que o setor alcançasse taxas de reciclagem cada vez mais altas, consolidando sua posição como peça-chave na engrenagem da economia circular brasileira.

Outro fator que impulsionou a evolução do setor foi o crescente interesse pela sustentabilidade, tanto por parte dos consumidores quanto do governo e das empresas. Com a agenda ambiental ganhando destaque no debate público, a reciclagem automotiva passou a ser vista como uma solução prática e necessária para a gestão de resíduos sólidos e para a redução das emissões de gases de efeito estufa. Cada veículo desmontado representa dezenas de quilos de materiais que podem ser processados e reintegrados à cadeia produtiva, aliviando a pressão sobre os recursos naturais e contribuindo para a redução da pegada de carbono da indústria automotiva.

Atualmente, o setor de desmontagem e reciclagem automotiva no Brasil está em um momento de transição e oportunidade. A formalização, a profissionalização e a adoção de novas tecnologias colocaram o setor em uma trajetória ascendente, mas ainda há muito espaço para crescimento e inovação. A crescente popularização dos veículos elétricos, que trazem novos desafios e oportunidades para o setor, exige uma capacidade de adaptação que será crucial para o seu futuro.

3. A desmontagem e a reciclagem de veículos elétricos: desafios e oportunidades

Os veículos elétricos são compostos por uma série de materiais e tecnologias que não eram comumente encontrados em veículos convencionais, como baterias de alta voltagem, motores elétricos, inversores e sistemas de controle eletrônico avançados. Entre os principais desafios enfrentados pelos recicladores automotivos está o manejo seguro dessas baterias, que representam riscos significativos à saúde e ao meio ambiente. As baterias de íons de lítio, em particular, são suscetíveis a falhas térmicas, vazamentos de eletrólitos e incêndios, tornando seu manuseio uma prioridade para a segurança dos trabalhadores e das instalações.

Essas baterias, componentes principais dos veículos elétricos, contêm materiais valiosos, como lítio, cobalto, níquel e manganês, que podem ser recuperados e reutilizados na fabricação de novas baterias ou outros produtos eletrônicos. No entanto, se manuseados de forma inadequada, esses materiais podem ser extremamente perigosos. O risco de incêndio, por exemplo, é uma preocupação constante, pois as baterias de íons de lítio podem sofrer curtos-circuitos internos ou externos, resultando em combustão espontânea.

Além disso, o descarte inadequado de baterias de íons de lítio pode causar impactos ambientais significativos, como a contaminação do solo e da água, caso os eletrólitos sejam liberados no meio ambiente. Para minimizar esses riscos, as empresas de desmonte precisarão adotar procedimentos rigorosos para a desmontagem segura dessas baterias, incluindo o uso de ferramentas não condutoras, equipamentos de proteção individual (EPIs) especializados e instalações adequadas para armazenar e descartar baterias defeituosas.

Nesse contexto, uma das tendências mais promissoras para o futuro do desmonte e da reciclagem de veículos elétricos é a adoção de tecnologias avançadas, como robótica e automação, para otimizar tanto o processo de desmonte quanto a reciclagem de materiais. Essas tecnologias estão sendo desenvolvidas em países como Alemanha e Estados Unidos, e espera-se que o Brasil também adote esses avanços para garantir sua competitividade no mercado global de reciclagem automotiva. Sistemas automatizados podem acelerar a separação de materiais, garantindo que metais valiosos, como lítio e níquel, sejam recuperados de forma eficiente, enquanto plásticos, vidro e outros materiais sejam reciclados conforme os padrões ambientais mais rigorosos.

Outra oportunidade promissora é o uso da inteligência artificial (IA) para otimizar a identificação de componentes e materiais recicláveis. Com sistemas baseados em IA, é possível reconhecer automaticamente peças valiosas e determinar a melhor maneira de desmontá-las, reduzindo o desperdício e maximizando a eficiência na utilização dos recursos. Isso é especialmente importante no caso dos veículos elétricos, que contêm uma grande variedade de materiais, cada um exigindo abordagens específicas para reciclagem e reuso.

Além das inovações tecnológicas, é fundamental destacar a urgência de regulamentações claras para o manejo e descarte de baterias de íons de lítio. No Brasil, ainda não existem diretrizes abrangentes para a reciclagem de baterias de veículos elétricos, mas alguns estados, como São Paulo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul, já estão discutindo a criação de políticas específicas para lidar com o problema. Internacionalmente, a União Europeia adota a Diretiva de Fim de Vida dos Veículos (ELV), que exige que pelo menos 95% do peso total de um veículo, incluindo as baterias, seja reciclado. Essa diretriz serve como um modelo da necessidade de regulamentações semelhantes no Brasil, que deverão abordar o manejo, a reciclagem e o descarte seguro de baterias de alta voltagem nos próximos anos.

A transição para a mobilidade elétrica está criando um mercado emergente para a reciclagem de materiais críticos, como lítio, cobalto, níquel e até mesmo os elementos de terras raras usados em motores de tração. Esses materiais são essenciais não apenas para a fabricação de novas baterias e motores elétricos, mas também para várias indústrias de alta tecnologia, como eletrônicos e energias renováveis. Além disso, mesmo quando uma bateria não é mais adequada para uso automotivo, ela pode ainda conter energia suficiente para aplicações estacionárias, como sistemas de armazenamento de energia em residências e empresas. Grandes fabricantes de automóveis, como Nissan e Tesla, já estão explorando formas de reutilizar baterias para armazenar energia gerada por painéis solares ou outras fontes de energia renovável. Essa abordagem, conhecida como "segunda vida" das baterias, prolonga o ciclo de vida dos materiais e reduz a necessidade de extração de novos recursos naturais.

Além das baterias, outros componentes dos veículos elétricos também podem ser reciclados ou reutilizados. Os motores de tração elétrica, por exemplo, contêm ímãs permanentes feitos de metais de terras raras, como neodímio e disprósio, que são extremamente valiosos. Por meio da reciclagem desses motores, esses metais podem ser recuperados e reintegrados à cadeia produtiva, reduzindo a dependência de importações e minimizando os impactos ambientais da mineração de terras raras.

A desmontagem e o reuso de peças de veículos elétricos também envolvem componentes como sistemas de arrefecimento, cabos de alta tensão, inversores e controladores eletrônicos. Todos esses itens possuem alto valor de mercado e podem ser recuperados para uso em outros veículos ou em novos produtos. No entanto, o manuseio seguro e eficiente desses componentes exige treinamento especializado. Por isso, iniciativas de capacitação, como as oferecidas pela ABCAR, ADLEX/MG, SINDESMONTE, SINPROVEL, SINDCDV-RS e ABCAR/SC, são fundamentais para garantir que o setor esteja preparado para lidar com o crescente número de veículos elétricos que entrarão no mercado de reciclagem nos próximos anos.

Parcerias entre empresas de reciclagem e universidades também estão desempenhando um papel importante na pesquisa e no desenvolvimento de novas tecnologias e métodos de desmontagem e reciclagem.



A criação de centros de pesquisa voltados para a economia circular e para a reciclagem de materiais críticos, como as baterias de íons de lítio, ajudará o Brasil a acompanhar as tendências globais e a desenvolver soluções locais para os desafios da reciclagem.

4. A legislação e as regulamentações necessárias

À medida que o setor automotivo global avança em direção à maior eletrificação, o papel da legislação e das regulamentações torna-se cada vez mais crítico para garantir que os veículos elétricos sejam gerenciados de forma segura e sustentável ao longo de seu ciclo de vida. No Brasil, a desmontagem e reciclagem automotiva ainda carecem de regulamentações adequadas, especialmente no que diz respeito ao manuseio e descarte das baterias de íons de lítio e outros componentes eletrônicos sensíveis.

Diante desse cenário, é fundamental que o país desenvolva um arcabouço legal robusto, alinhado com as melhores práticas internacionais, para regular a reciclagem desses veículos e evitar danos ambientais e riscos à saúde pública. É necessário coordenar políticas públicas entre os diferentes níveis de governo – federal, estadual e municipal – para garantir que as diretrizes sejam consistentes e aplicáveis em todo o território nacional. Como diferentes estados podem ter níveis variados de preparação e infraestrutura para lidar com o descarte de baterias e a reciclagem, uma abordagem uniforme é essencial, mas deve considerar as disparidades regionais.

Internacionalmente, alguns países e regiões já estão mais avançados na criação de diretrizes para o desmonte e a reciclagem de veículos elétricos. A Europa, por exemplo, impõe obrigações claras para fabricantes, recicladores e operadores de desmontagem, garantindo que todos os componentes perigosos sejam removidos antes do desmantelamento do veículo. A União Europeia é uma das pioneiras na regulamentação da reciclagem de veículos em fim de vida (End-of-Life Vehicles, ou ELV), por meio da Diretiva ELV, que exige que pelo menos 95% do peso total de um veículo seja reciclado ou reutilizado. Essa diretiva abrange não apenas os veículos tradicionais, mas também os veículos elétricos, impondo padrões rígidos para o tratamento de baterias e componentes eletrônicos, além de incentivar o design de veículos que facilitem o desmonte e a recuperação de materiais valiosos.

Além disso, as diretivas europeias estabelecem metas de reciclagem que incentivam a recuperação de materiais valiosos, como metais raros e baterias de íons de lítio. Elas também promovem a responsabilidade estendida dos fabricantes (Extended Producer Responsibility – EPR), o que coloca parte da responsabilidade pelo descarte e reciclagem dos componentes dos veículos diretamente nas mãos dos fabricantes. Essa abordagem os incentiva a projetar produtos mais fáceis de desmontar e reciclar, criando um ciclo de vida mais sustentável para os veículos.

Nos Estados Unidos, embora não exista uma legislação federal específica para a reciclagem de baterias de veículos elétricos, estados como a Califórnia estão desenvolvendo políticas que obrigam os fabricantes a recuperar e reciclar as baterias de íons de lítio usadas. A Califórnia, em particular, está liderando o caminho com iniciativas que garantem que os veículos elétricos vendidos no estado tenham uma estratégia clara para o descarte seguro de suas baterias. Essas regulamentações podem servir de modelo para o Brasil, à medida que o país busca desenvolver suas próprias políticas para gerenciar o ciclo de vida dos veículos elétricos.

Além disso, organizações internacionais como a Organização Internacional para Padronização (ISO) têm criado normas, como a ISO 22628, que especificam como calcular as taxas de reciclabilidade e recuperabilidade de veículos. Essas diretrizes globais podem ser utilizadas como referência para a criação de padrões brasileiros que incentivem a reciclagem de veículos elétricos de forma segura e eficiente, ao mesmo tempo em que promovem a competitividade das empresas brasileiras no cenário internacional.

5. A importância da capacitação contínua para o desmonte e a reciclagem de veículos elétricos

Uma das principais necessidades para o avanço no desmonte e reciclagem de veículos elétricos é a capacitação contínua dos profissionais, especialmente no que diz respeito ao manuseio seguro de componentes críticos. Esse processo exige um nível de especialização e preparo muito maior do que o necessário para veículos com motores a combustão interna. Baterias, motores elétricos, inversores e sistemas de gestão de energia são componentes que requerem alto conhecimento técnico para serem desmontados e reciclados de maneira eficiente e segura.

Profissionais acostumados a trabalhar com veículos movidos a gasolina ou diesel precisam se atualizar constantemente sobre as novas tecnologias e materiais utilizados nos veículos elétricos. A ABCAR, por exemplo, tem investido na educação dos gestores do setor por meio do evento anual RECICLAAUTO, ajudando-os a implementar programas de treinamento para suas equipes e a adotar soluções tecnológicas que aumentem a eficiência e a segurança no desmonte de veículos elétricos.

A crescente internacionalização do setor também tem ganhado importância, com uma troca de conhecimento entre profissionais e instituições de outros países. As melhores práticas globais podem ser adaptadas ao contexto brasileiro, contribuindo para a excelência no desmonte e reciclagem de veículos elétricos. Organizações internacionais, como a Associação de Reciclagem Automotiva (ARA) e a SalvageWire, têm desenvolvido programas de treinamento voltados especificamente para recicladores e desmontadores de veículos elétricos. A SalvageWire, por exemplo, oferece uma certificação reconhecida internacionalmente para o desmonte seguro de veículos elétricos, abordando desde a avaliação de riscos até o manuseio e descarte de baterias de íons de lítio.

O acesso a certificações internacionais não só permite que as empresas brasileiras de desmonte e reciclagem automotiva se alinhem às melhores práticas globais, mas também abre oportunidades para que o Brasil se torne um líder regional, com a capacidade de exportar seu know-how para outros países da América Latina.

6. Exemplos de sucesso no Brasil de desmonte e reciclagem veicular: CIRA (Centro Internacional de Reciclagem de Automóveis) e SAVEMOTORS

O Centro de Inovação para a Reciclagem Automotiva (CIRA), criado em 2019, representa um marco importante para a economia circular no setor automotivo brasileiro. Esta iniciativa é fruto de uma parceria internacional entre o CEFET-MG (Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais) e o Governo do Japão, por meio da JICA (Agência Japonesa de Cooperação Internacional).

Localizado no Campus II do CEFET-MG, o CIRA conta com tecnologia avançada proveniente do Japão, focada no desmonte e reciclagem completos de veículos no fim de sua vida útil, com um alto grau de aproveitamento dos materiais – superior a 90%, índice já alcançado no Japão. O CIRA também atua como referência para o desenvolvimento do setor em toda a América Latina, promovendo práticas mais sustentáveis e eficientes no tratamento de veículos descartados, alinhando-se com as diretrizes da economia circular e impulsionando a inovação no setor automotivo brasileiro.

O projeto SAVEMOTORS, lançado em 2020, marca um avanço significativo na promoção da reciclagem sistêmica de veículos no fim de sua vida útil e no incentivo à economia circular dentro da indústria automobilística no Brasil. O objetivo do SAVEMOTORS é transformar empresas de desmonte de veículos em centros de reciclagem de alta performance, alcançando índices de reaproveitamento superiores a 90% do peso do veículo.

Desenvolvido com o objetivo de quantificar os benefícios ambientais da reciclagem automotiva, o projeto se destaca pela introdução do Selo Verde, uma iniciativa pioneira que mede, de forma científica, o impacto ambiental das atividades de desmonte e reciclagem de veículos. O Selo Verde avalia os recursos naturais e a energia poupados por meio da reciclagem dos diferentes materiais do veículo e quantifica também a eliminação de elementos poluentes – como resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões gasosas – que deixam de ser lançados no meio ambiente.

Já utilizado por empresas de desmonte e reciclagem de veículos nos estados de Minas Gerais e São Paulo, o Selo Verde tem gerado benefícios significativos para as empresas participantes, que estão se alinhando às melhores práticas ambientais do setor. Além disso, o selo despertou o interesse de governos estaduais, que buscam implementar incentivos fiscais para as empresas da cadeia produtiva de reciclagem veicular que priorizam práticas sustentáveis e a redução dos impactos ambientais.



Figura 1 - Exemplo do Selo Verde de reciclagem utilizado na Rede SAVEMOTORS para Centros de Reciclagem de Veículos em fim de vida útil

GRAU DE EFICIÊNCIA DA RECICLAGEM



Certificado Verde de Reciclagem Veicular

DADOS DO VEÍCULO	
MARCA:	CHEVROLET
MODELO:	MONZA
ANO FABRICAÇÃO:	1998
ORIGEM:	Empresa XXXXXX
RECICLADORA CREDENCIADA:	Infinitus Empreendimentos Ambientais
DATA DA RECICLAGEM:	02/02/2021

Coefficiente integridade inicial do ELV: 70%

PESO INICIAL DO VEÍCULO [kg] >>>	980
----------------------------------	-----

DADOS DO PROCESSO DE RECICLAGEM	KG
PESO SUCATA METÁLICA DE AÇO:	560
PESO SUCATA METÁLICA DE ALUMÍNIO:	30
PESO SUCATA METÁLICA DE COBRE:	10
PLÁSTICO (PP) - RECICLADO MECANICAMENTE:	80
PLÁSTICO MISTURA REAPROVEITAMENTO ENERGÉTICO:	110
FLUIDOS:	30
TECIDOS:	20
BORRACHAS:	20
PESO TOTAL PEÇAS REUTILIZADAS:	20
MATERIAL NÃO RECICLADO:	100

% MATERIAL RECICLADO >>>	87,76
--------------------------	-------

% MATERIAL REUTILIZADO >>>	2,04
----------------------------	------

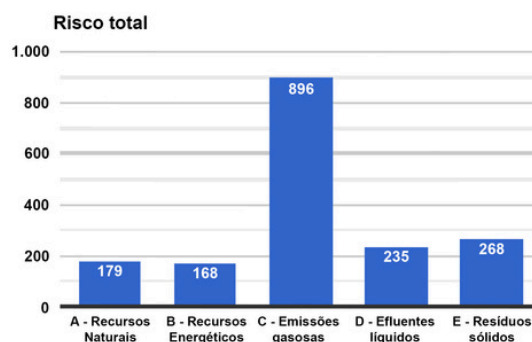
GRAU FINAL DE APROVEITAMENTO >>>	12,24
----------------------------------	-------

Impactos eliminados através da reciclagem

A - Recursos Naturais (kg)	63962,73
B - Recursos Energéticos (MU)	7051,08
C - Emissões gasosas (kg)	579,17
D - Efluentes líquidos (kg)	873,62
E - Resíduos sólidos (kg)	3,70

Risco Ambiental Principal Eliminado: Efeito Estufa (CO₂)

CO ₂ equ. poupado no processo de reciclagem equivale a captura de carbono de 69 árvores da mata atlântica por ano
Energia poupada no processo de reciclagem equivale ao consumo médio mensal de 13 residências no Brasil



Fonte: Próprios autores

A ampliação do projeto SAVEMOTORS em 2023, com a adesão da ADLEX (Associação de Desmontadores de Veículos de Minas Gerais), representa um passo significativo no fortalecimento da reciclagem de veículos e na promoção da economia circular. A ADLEX, com mais de 280 empresas associadas, engloba não apenas desmontadores de veículos, mas também empresas que atuam no desmonte de motocicletas e na recuperação de peças usadas, abrangendo um amplo espectro da cadeia de reciclagem veicular.

Nos primeiros dois anos de implementação, o SAVEMOTORS teve um impacto positivo, com a reciclagem de mais de 150 veículos em fim de vida útil, em centros localizados em Lavras (MG) e São Paulo (SP), resultando em benefícios ambientais quantificáveis. O Selo Verde foi um instrumento essencial para medir esses impactos, destacando a economia de recursos naturais e a redução de poluentes.

Com a adesão da ADLEX, a atuação do SAVEMOTORS se expande significativamente, com foco inicial em dois aspectos fundamentais:

Coleta de Materiais de Difícil Comercialização: O projeto visa garantir que materiais como borrachas e vidros, retirados durante o desmonte dos veículos, que têm uma comercialização mais difícil, sejam encaminhados para empresas de reciclagem especializadas. Essa iniciativa contribuirá para a redução de resíduos e aumentará a eficiência do processo de reciclagem, evitando o descarte inadequado desses materiais.

Treinamento e Qualificação: Em uma segunda etapa, o projeto oferecerá ciclos de treinamento e qualificação para os associados da ADLEX. O objetivo é capacitar as empresas para que possam ser credenciadas na Rede SAVEMOTORS e utilizem a plataforma SELAR para emitir o Selo Verde de reciclagem. Este selo proporcionará às empresas uma certificação que atesta a adoção de práticas sustentáveis, oferecendo visibilidade e credibilidade no mercado, além de possibilitar o acesso a incentivos fiscais para aqueles que se alinharem aos padrões de sustentabilidade.

A inclusão de um número expressivo de empresas associadas à ADLEX é uma estratégia fundamental para a expansão do projeto e para aumentar a conscientização sobre os benefícios ambientais da reciclagem de veículos no estado. Além disso, a adesão de mais empresas ao SAVEMOTORS contribuirá para o fortalecimento do setor de reciclagem automotiva no Brasil e para a integração de práticas mais sustentáveis na economia circular do setor.

7. Conclusões

O setor de reciclagem automotiva no Brasil encontra-se em uma posição estratégica para desempenhar um papel de liderança na transição para uma mobilidade mais sustentável e eletrificada. Embora o caminho seja repleto de desafios, como a necessidade urgente de regulamentações específicas, capacitação técnica contínua e investimentos em tecnologias avançadas, o potencial de transformação é enorme. O futuro do setor é, sem dúvida, promissor.

Com o aumento do número de veículos elétricos, surgem novas oportunidades e desafios. Ao adotar práticas sustentáveis, investir em inovação tecnológica e fomentar uma cultura de aprendizado contínuo, o Brasil tem a chance de se tornar não apenas um líder na reciclagem de veículos elétricos, mas também uma referência na América Latina no manejo e reaproveitamento de materiais de veículos de nova geração.

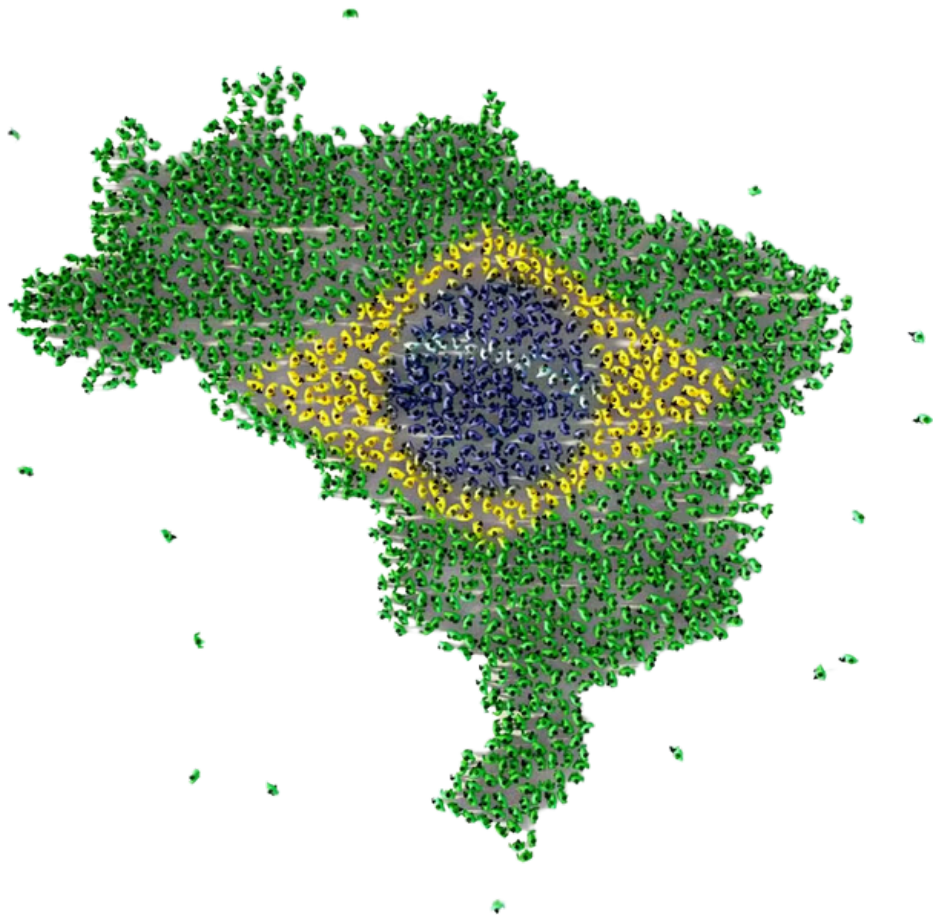
O caminho à frente é claro e exige um esforço coordenado para:

Adotar práticas sustentáveis: Por meio do desmonte e reciclagem eficiente de baterias de íons de lítio, motores elétricos, componentes eletrônicos e outros materiais valiosos presentes nos veículos elétricos, o Brasil pode contribuir significativamente para a redução dos impactos ambientais causados pela mineração e pelo descarte inadequado desses materiais.

Investir em inovação: A automação, a inteligência artificial e o uso de tecnologias avançadas de separação e processamento de materiais terão um papel essencial na maximização da eficiência da reciclagem. A robótica, por exemplo, já é uma realidade em outros países e pode ser uma solução-chave para o desmonte seguro de baterias de alta voltagem e outros componentes críticos.

Promover uma cultura de aprendizado contínuo: A capacitação técnica é fundamental para garantir que os profissionais do setor possuam as habilidades necessárias para lidar com os novos desafios trazidos pela transição para a mobilidade elétrica. Programas de treinamento especializados, como os promovidos pela ABCAR, SAVEMOTORS e outras associações, são vitais para atualizar e qualificar os trabalhadores, preparando-os para a reciclagem de componentes complexos e muitas vezes perigosos.

Com o comprometimento de todas as partes interessadas e um ambiente regulatório favorável, o Brasil pode aproveitar as oportunidades que surgem com a revolução dos veículos elétricos, garantindo um futuro mais sustentável, eficiente e alinhado com as melhores práticas globais.



08. TÓPICOS ESPECIAIS



TÓPICO ESPECIAL 02

DESCARBONIZAR O TRANSPORTE URBANO DE CARGA DEVE SER PRIORIDADE, MAS FALTAM POLÍTICAS PÚBLICAS

Autores(as): Fernando Corrêa, Mariana Müller Barcelos, Pollyana Abreu Rego e Virgínia Tavares

1. Introdução

A movimentação de bens e pessoas está ligada à origem e à evolução das cidades. Hoje, o transporte urbano representa um dos grandes desafios enfrentados pelos centros urbanos, sendo um dos principais responsáveis pelas emissões de gases de efeito estufa (GEE) e pela geração de inúmeras outras externalidades negativas, como as milhares de mortes causadas anualmente por acidentes de trânsito¹ e poluição do ar².

No entanto, é justamente nos centros urbanos que a descarbonização do transporte pode avançar mais rapidamente, especialmente se impulsionada por políticas de incentivo e inovação. Em 2024, a eletromobilidade no transporte coletivo no Brasil recebeu um importante apoio. Como já mencionado neste anuário, o Governo Federal pretende financiar cerca de 2,3 mil ônibus urbanos elétricos no âmbito do Novo Programa de Aceleração do Crescimento (Novo PAC)³. Entretanto, um setor estratégico tem ficado à margem dessas políticas: o transporte de carga. Esse segmento impacta o uso do espaço público nas cidades e contribui de forma significativa para as externalidades negativas geradas pelo transporte motorizado.

O recente aumento do comércio eletrônico e da demanda por entregas geradas por plataformas digitais alterou as dinâmicas do uso do espaço viário, tanto para circulação quanto para estacionamento. Especialmente em regiões densamente povoadas, esse aumento representa um desafio que poderia ser atenuado por meio de ações de descarbonização do setor.

¹<https://www.wribrasil.org.br/noticias/por-que-sinistros-de-transito-nao-sao-acidentes-e-como-podem-ser-evitados>

²<https://www.wribrasil.org.br/noticias/estudo-revela-estado-da-qualidade-do-ar-e-mostra-como-o-tema-e-negligenciado-no-brasil>

³<https://www.gov.br/casacivil/pt-br/novopac/selecoes/eixos/cidades-sustentaveis-e-resilientes/renovacao-de-frota>

2. Por que descarbonizar o transporte de carga?

O Brasil está em uma posição privilegiada para a descarbonização do transporte: com 88% de participação de fontes renováveis, sua matriz elétrica é uma das mais limpas do mundo. Além disso, em sua Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC, do termo em inglês Nationally Determined Contributions) no âmbito do Acordo de Paris, o país comprometeu-se a alcançar a neutralidade de carbono até 2050, com uma redução de 53% das emissões até 2030, em comparação aos níveis de 2005. O transporte desempenha um papel importante na transição energética: essa atividade responde por 71% do consumo total de óleo diesel fóssil e por 52,6% das emissões do setor de energia, tornando-se o terceiro maior emissor de GEE.⁴

A descarbonização do setor, especialmente no transporte de carga, é essencial para alcançar as metas climáticas. Existem diversas maneiras de reduzir as emissões desse segmento. A adoção de veículos limpos é uma delas e deve ser implementada em conjunto com outras medidas, como o aumento da eficiência logística e o planejamento urbano com múltiplas centralidades, integrado à rede de transportes, entre outras.

3. Por que começar pelas cidades?

O Relatório do Fórum Econômico Mundial estima que, em 2030, a crescente demanda por comércio eletrônico levará a um aumento de 36% no volume de veículos de entrega em 100 grandes cidades.⁵ Esse crescimento não apenas agravará as emissões de carbono, mas também afetará diretamente a qualidade de vida nas áreas urbanas, devido ao impacto dos poluentes locais na saúde pública. O potencial de benefícios da descarbonização para a saúde é considerável: a eletrificação dos veículos de carga, por exemplo, permitiria reduzir mais rapidamente as emissões de material particulado (MP) e outros poluentes locais, que são responsáveis por milhares de mortes todos os anos.

⁴ <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-819/topico-723/BEN2024.pdf>

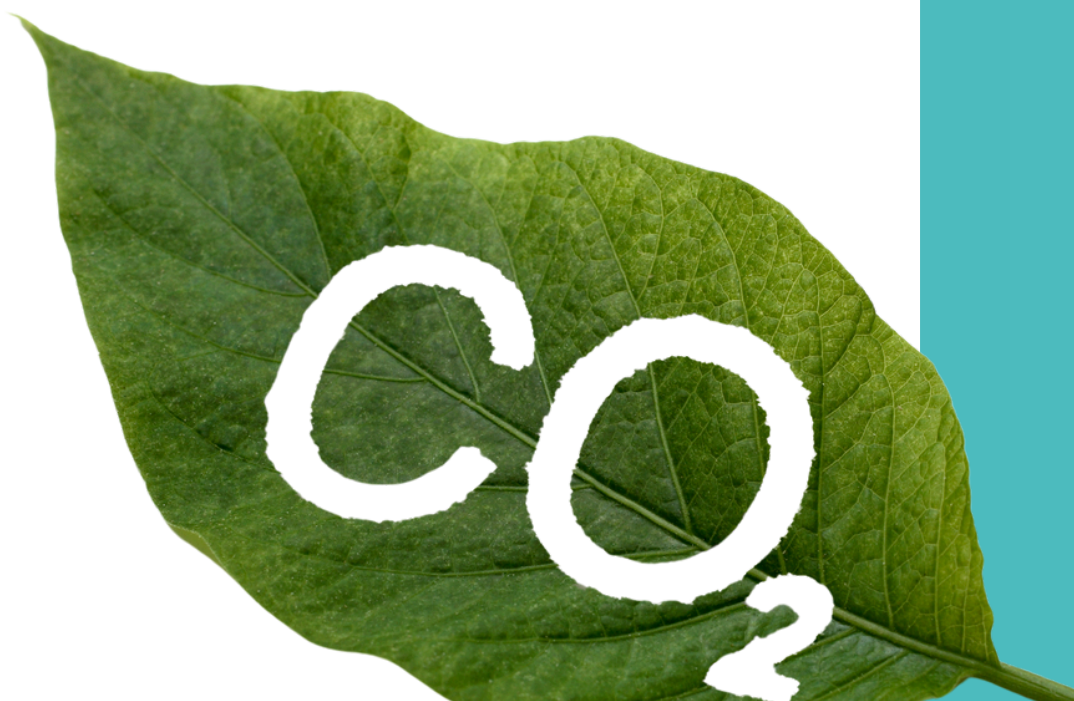
⁵ https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_the_last_mile_ecosystem.pdf

As cidades oferecem condições favoráveis à descarbonização. A concentração de atividades econômicas e fluxos logísticos torna os centros urbanos ambientes propícios para a adoção de soluções de baixa emissão, como veículos elétricos, hubs de distribuição e micromobilidade. Além disso, a tecnologia para eletrificação de veículos de pequeno e médio porte, predominante nas operações urbanas, está em um estágio avançado de desenvolvimento. Aliada às distâncias curtas e à alta densidade de entregas, características do transporte de última milha, a adoção de tecnologias de emissão zero e da infraestrutura necessária para sua operação é facilitada, permitindo seu uso em larga escala.

Descarbonizar o transporte de carga urbano não apenas contribui para a melhoria da saúde pública, mas também pode acelerar o desenvolvimento e a adoção de tecnologias de emissão zero no transporte rodoviário de longa distância, que é responsável por uma parcela significativa das emissões de gases de efeito estufa (GEE).

4. A lacuna nas políticas públicas brasileiras

Apesar da urgência e dos avanços no cenário global, o Brasil ainda carece de políticas públicas específicas para a descarbonização do transporte de carga. Um levantamento recente conduzido pelo WRI Brasil identificou mais de 20 iniciativas, direta ou indiretamente, relacionadas à descarbonização do setor de transportes. Dessas, apenas quatro são políticas públicas que mencionam o transporte de carga de maneira específica, e nenhuma delas contém metas ou medidas para a descarbonização veicular desse segmento. Essa lacuna impede que o país aproveite ao máximo suas vantagens comparativas, como a matriz elétrica limpa e o potencial de inovação tecnológica.



5. Como outros países tratam o tema

Países ao redor do mundo estão adotando medidas abrangentes para a descarbonização do transporte de carga. Em geral, as políticas veiculares incluem, entre outras, a criação de incentivos financeiros para tecnologias limpas e para a expansão da infraestrutura de recarga, a regulamentação de novas tecnologias, programas de capacitação e pesquisa, além de projetos públicos de infraestrutura e o estabelecimento de metas específicas para o transporte de carga.

No Chile, por exemplo, o governo estabeleceu a ambiciosa meta de eletrificação total das vendas de veículos de carga rodoviária e ônibus interurbanos até 2045. Para tanto, a Estratégia Nacional de Eletromobilidade do Chile prevê medidas como zonas de baixa emissão,⁶ construção de uma ampla rede de recarga e incentivos fiscais para a comercialização de veículos elétricos. Na China, observa-se um recente aumento da frota de caminhões de emissão zero, com metas para instalar usinas de hidrogênio e carregadores públicos, além da oferta de subsídios e isenções fiscais. Na Índia, o programa e-FAST India⁷ (Electric Freight Accelerator for Sustainable Transport – India), apoiado pelo WRI India,⁸ promove a colaboração entre governo e setor privado para a eletrificação do transporte rodoviário, com a meta de implantar 15 mil caminhões elétricos em cinco anos e desenvolver uma abordagem financeira autossustentável.

6. Diretrizes para a descarbonização

A criação de uma estratégia nacional de descarbonização é um passo fundamental para o Brasil. As iniciativas existentes no país, que incluem incentivos fiscais, programas de desenvolvimento industrial e energético, e planos de longo prazo, precisam ser articuladas por uma diretriz abrangente que ofereça clareza e segurança para investimentos no setor. O alinhamento em diversos níveis reduz incertezas e facilita o progresso dos investimentos e o desenvolvimento da cadeia necessária para a descarbonização.

⁶ <https://www.wribrasil.org.br/noticias/experiencia-de-3-cidades-com-zonas-de-baixa-emissao-de-poluentes>

⁷ <https://efastindia.org/>

⁸ <https://www.wricitiesindia.org/content/e-fast-launch-e-freight-platform>

Iniciativas como a definição de metas de eletrificação de frotas de carga e o desenvolvimento de infraestrutura de recarga podem promover maior segurança para o setor privado investir na tecnologia, criando alternativas para a redução de custos e viabilizando uma adoção mais ampla da tecnologia no país. Para isso, além de políticas de incentivo coordenadas, é necessário um esforço conjunto entre os setores público e privado para fomentar a pesquisa, a inovação e o financiamento de tecnologias limpas e soluções logísticas mais eficientes.

O Brasil se encontra em um momento estratégico para o avanço de políticas públicas voltadas à descarbonização, especialmente com as atualizações da Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) e a aproximação da COP 30, em Belém. Ao desenvolver diretrizes para o transporte urbano de carga, abre-se a possibilidade de que as políticas de descarbonização do transporte incluam de maneira apropriada as particularidades do transporte de carga, reconhecendo seus desafios e oportunidades específicos.

7. Parcerias para promover a descarbonização do transporte de carga

Com o objetivo de enfrentar esses desafios, novas parcerias estão surgindo para promover ações coordenadas e impulsionar a descarbonização do transporte urbano de carga. Uma dessas iniciativas é a parceria entre o WRI Brasil e o Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, com financiamento da Drive Electric Campaign. A iniciativa está formando uma coalizão de atores, incluindo representantes do poder público, do setor privado e da sociedade civil, para discutir e desenvolver diretrizes nacionais para a descarbonização do transporte urbano de carga.

As próximas etapas do trabalho envolvem a formação, já em curso, de uma coalizão de atores por meio de reuniões, entrevistas e engajamento, além da realização de workshops setoriais para a elaboração conjunta de propostas de diretrizes nacionais para a descarbonização do transporte urbano de carga. Os resultados serão compartilhados com todos os envolvidos em 2025.

8. Referências

CASA CIVIL – PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Seleções 2023 – Renovação de frota. Disponível em: <<https://www.gov.br/casacivil/pt-br/novopac/selecoes/eixos/cidades-sustentaveis-e-resilientes/renovacao-de-frota>>. Acesso em: 31 out. 2024.

E-FAST INDIA. What is e-FAST? Disponível em: <<https://efastindia.org/>>. Acesso em: 31 out. 2024.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (BRASIL). Balanço Energético Nacional 2024: Ano base 2023. Rio de Janeiro: EPE, 2024. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-819/topico-723/BEN2024.pdf>>. Acesso em: 31 out. 2024.

WORLD ECONOMIC FORUM. The Future of the Last-Mile Ecosystem. Disponível em: <https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_the_last_mile_ecosystem.pdf>. Acesso em: 31 out. 2024.

WRI BRASIL. Sinistros de trânsito: saiba por que os acidentes de trânsito não são acidentes. Disponível em: <<https://www.wribrasil.org.br/noticias/por-que-sinistros-de-transito-nao-sao-acidentes-e-como-podem-ser-evitados>>. Acesso em: 31 out. 2024.

WRI BRASIL. Estudo revela estado da qualidade do ar e mostra como o tema é negligenciado no Brasil. Disponível em: <<https://www.wribrasil.org.br/noticias/estudo-revela-estado-da-qualidade-do-ar-e-mostra-como-o-tema-e-negligenciado-no-brasil>>. Acesso em: 31 out. 2024.

WRI BRASIL. A experiência de 3 cidades com as Zonas de Baixa Emissão de Poluentes. Disponível em: <<https://www.wribrasil.org.br/noticias/experiencia-de-3-cidades-com-zonas-de-baixa-emissao-de-poluentes>>. Acesso em: 31 out. 2024.

WRI INDIA. e- Fast: Launch of e-Freight Platform. Disponível em: <<https://www.wricitiesindia.org/content/e-fast-launch-e-freight-platform>>. Acesso em: 31 out. 2024.

08. TÓPICOS ESPECIAIS

TÓPICO ESPECIAL 03

ENTREVISTA

Sérgio Sette Câmara Filho

Sérgio Sette Câmara Filho é um piloto brasileiro de automobilismo, nascido em 1998, em Belo Horizonte, Minas Gerais. Ele construiu sua carreira competindo em várias categorias de alto nível, incluindo a Fórmula 2, onde se destacou, e posteriormente se tornou piloto de testes para equipes de Fórmula 1, como McLaren e Red Bull. Recentemente, Sette Câmara migrou para a Fórmula E, a principal categoria de corridas de carros elétricos, onde compete desde 2020.



A Fórmula E é uma categoria de automobilismo dedicada exclusivamente a carros movidos por motores elétricos. Criada em 2014 pela FIA (Federação Internacional de Automobilismo), é semelhante à Fórmula 1 em termos de estrutura de campeonato e nível de competição, mas com foco na sustentabilidade e inovação tecnológica voltada para a mobilidade elétrica.

Nessa entrevista, Sérgio Sette Câmara destaca que a Fórmula E facilita a adaptação aos veículos elétricos, pois o motor responde de imediato e oferece mais conforto do que os veículos a combustão. Ele aponta a gestão de energia como o principal desafio nas corridas e menciona tecnologias de ponta, como carregadores de 600 kW e regeneração intensa na frenagem, como avanços importantes que logo estarão disponíveis no mercado. Sette Câmara acredita que a mobilidade elétrica é ideal para curtas distâncias, mas sugere veículos híbridos para viagens longas no Brasil, onde ainda há poucos eletropostos. Sobre o futuro, ele defende a priorização do transporte público eficiente, como é comum em países desenvolvidos, como a verdadeira solução para a mobilidade sustentável no Brasil.



“Criada em 2014 pela FIA, a **Fórmula E** é uma categoria de automobilismo dedicada **exclusivamente a carros movidos por motores elétricos.**”



PNME: Antes de mais nada, conta um pouquinho sobre os principais desafios que você enfrentou na Fórmula E.

Sérgio Sette Câmara Filho: “Todo mundo me pergunta como me acostumei com o carro elétrico, como foi a adaptação. Mas, na verdade, não houve tantos desafios. O carro elétrico é muito mais fácil de pilotar do que o carro a combustão. A resposta do motor, por exemplo, é imediata; o torque é instantâneo, e você não precisa esperar pelas trocas de marcha. Eu sempre digo que, uma vez que você se acostuma a andar num carro elétrico, ele se torna bem natural. Fora o nicho pequeno de colecionadores e carros superesportivos, acredito que o carro elétrico vai dominar todas as outras áreas do mercado. Ele é um carro super confortável e fácil de guiar.

As desvantagens também precisam ser mencionadas. Acho que todo mundo fala sobre o tempo de recarga, a baixa autonomia e o potencial de desvalorização dos carros elétricos. Mas acredito que essas questões serão superadas ao longo do tempo.

No mundo das corridas, nós testamos tudo até o limite, porque buscamos performance máxima. E, ao fazer isso, criamos um ambiente onde conseguimos identificar rapidamente todos os erros. A velocidade de tentativa e erro é, sem dúvida, dez vezes maior do que na indústria de carros comerciais, voltada para o grande público. Fora que é muito mais eficiente, pois temos uma equipe de engenheiros e pesquisadores, cerca de vinte pessoas, realizando o trabalho que, numa indústria convencional, seria feito por duzentas pessoas.”



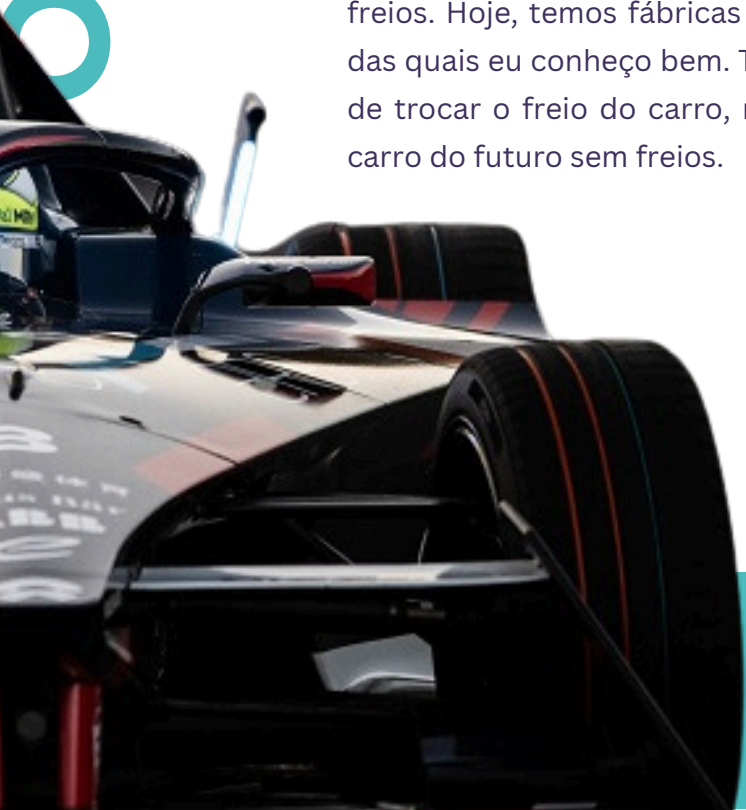
PNME: Na sua opinião, quais as principais inovações tecnológicas em relação à mobilidade elétrica puderam ser implementadas na Formula E?

Sérgio Sette Câmara Filho: “As principais inovações foram as tecnologias de recarga rápida. Um exemplo disso é o carregador de 600 kW, que ainda é uma tecnologia pouco disponível no mercado, mas que já está implementada na Fórmula E há algum tempo. Outro ponto importante, relacionado à recarga, é a regeneração de energia. No caso dos carros da Fórmula E, conseguimos regenerar até 600 kW durante as frenagens. Para quem não sabe, isso significa que quase toda a energia usada na frenagem do carro é convertida de volta em energia para a bateria. Isso é algo que está bem à frente do que vejo no mercado atual, e, por isso, a Fórmula E acaba sendo pioneira nesse tipo de tecnologia.”

PNME: Essas inovações poderão ser incorporadas aos veículos elétricos para o grande público? Quando você acredita que isso poderá acontecer? E, nesse sentido, quais as principais oportunidades para a indústria nacional?

Sérgio Sette Câmara Filho: “A gente está sempre uns três ou quatro anos à frente da tecnologia que chega ao mercado de veículos de consumo. No contexto das competições, com o orçamento disponível, conseguimos acessar tecnologias que só estarão disponíveis no mercado, em carros mais acessíveis, daqui a três ou quatro anos. Isso é algo natural. Então, somos pioneiros e, por isso, temos acesso a tecnologias de baterias e carregadores.

Acredito também que haverá uma disrupção enorme no mercado de freios. Hoje, temos fábricas gigantes de freios, inclusive no Brasil, uma das quais eu conheço bem. Todo mundo precisa de freio, ninguém deixa de trocar o freio do carro, mas eu sou da opinião contrária: eu vejo o carro do futuro sem freios.



Na Fórmula E, por exemplo, temos um freio de emergência atrás, que não é um freio de disco, mas sim um pequeno freio descartável, que precisa ser trocado após o uso. No entanto, nos últimos dois anos, durante toda a geração 3¹, esse freio de emergência nunca foi usado em nenhum dos carros do grid. Isso mostra a confiabilidade dos sistemas de regeneração de energia, que têm se mostrado tão eficientes que a necessidade de freios tradicionais praticamente desaparece.

Em linhas gerais, muitas tecnologias têm o potencial de gerar grandes ganhos, mas não estou falando de ganhos marginais, pequenos avanços a cada dia. Estou falando de uma verdadeira revolução tecnológica. A partir daí, podemos começar a discutir baterias para grandes distâncias. Por enquanto, acredito que eu usaria um carro elétrico para me locomover na cidade ou para viagens de até uma hora, uma hora e meia, mas não mais do que isso. Mesmo assim, já faz uma grande diferença.

E quando pensamos no ciclo de vida do produto, desde a produção até o descarte, a etapa mais poluente ainda é a produção das baterias. Mas a boa notícia é que, cada vez mais, temos estudos que analisam esses impactos. Hoje, as emissões de carbono de todo o processo estão sendo mapeadas por meio de inventários que estão sendo desenvolvidos. Se compararmos com a produção de baterias de dez anos atrás, vemos uma diferença significativa nos métodos de produção utilizados hoje. Portanto, devemos considerar todos os aspectos, incluindo o descomissionamento do veículo, e o que será feito com a carcaça do carro ao final de sua vida útil. Não podemos desconsiderar isso.”

PNME: E quanto a tecnologias que estão por vir, como as baterias de estado sólido?

Sérgio Sette Câmara Filho: “Eu acho que, se a comercialização em larga escala de veículos com baterias de estado sólido realmente acontecer, será uma grande revolução. Existem outras alternativas, mas a bateria de estado sólido é uma das mais esperadas. Principalmente no mundo das corridas, ela é uma bateria muito mais leve, o que permite uma carga muito mais rápida. Além disso, por ser mais leve, você provavelmente conseguirá aumentar a capacidade da bateria sem que o custo se torne estratosférico. Isso ajudaria a resolver dois problemas principais: a baixa autonomia e a demora no recarregamento dos veículos elétricos.

¹ Geração mais atual de veículos elétricos da Fórmula 3.

Além disso, existem outros caminhos promissores, como o recarregamento por indução ou qualquer outra alternativa wireless que permita o recarregamento nas próprias vias. Embora essas tecnologias ainda estejam em fase experimental, elas têm o potencial de revolucionar o mercado dentro de, talvez, uns 5 anos.”

PNME: O que você diria a uma pessoa que ainda tem receio de comprar um veículo elétrico (BEV ou PHEV) no Brasil?

Sérgio Sette Câmara Filho: “Se a pessoa for usar um carro 100% elétrico (BEV) e ele for utilizado dentro de grandes cidades ou para curtas distâncias, não há motivo para preocupação. Mesmo em cidades do interior, ela vai encontrar uma grande facilidade de uso e uma redução de custos considerável. Agora, para quem precisa fazer distâncias mais longas, ainda existem desafios. A capilaridade da infraestrutura de recarga no Brasil é limitada, com poucos pontos de recarga disponíveis, e a tecnologia de recarga ainda é relativamente lenta. Ninguém quer ficar esperando uma hora para carregar o carro, especialmente quando está com pressa. Nesse caso, um carro híbrido pode ser uma boa alternativa, ou até mesmo um carro a combustão, talvez utilizando etanol.

De maneira geral, as marcas chinesas estão chegando com preços mais competitivos no Brasil, mas as pessoas ainda não conhecem bem essas marcas, e a credibilidade delas ainda precisa ser construída. Isso leva tempo, é natural. Qualquer marca de sucesso passou por um momento de construção de confiança.”

PNME: Qual a sua opinião sobre o futuro da mobilidade?

Sérgio Sette Câmara Filho: “O ideal, o real ideal, seria termos um transporte público melhor. A gente sempre fala sobre tecnologia, carros, caminhões, mas, no Brasil, todo mundo quer ter o próprio carro. Eu vejo que, em outros países, mesmo as pessoas que teriam condição de comprar um carro muitas vezes optam por não comprar, especialmente nos grandes centros urbanos. Elas acabam usando o transporte público, porque, nesses lugares, o transporte público é de qualidade e atende bem.

Você pode olhar o carro, a tecnologia que for, mas se você andar de ônibus, metrô — se o metrô for bom e eficiente — isso é muito mais eficaz do que qualquer carro elétrico que você possa comprar. Então, eu diria que essa é a principal questão. E vejo isso nos países desenvolvidos. Tenho a sorte de poder viajar o mundo e conhecer vários países interessantes, e o que percebo é que, nesses países mais tecnológicos e com pessoas mais bem informadas, o transporte público é excelente. E isso vale para todos, desde o executivo da empresa até o funcionário mais júnior ou estagiário. Eles podem estar no mesmo metrô, indo tomar café pela manhã, e ainda assim é seguro. Talvez não seja sempre o transporte mais confortável, mas é eficiente e atende bem.

Eu espero ver isso no mundo todo: transporte público mais eficiente. Se você pegar o metrô em Tóquio ou em Londres, por exemplo, chega no seu destino muito mais rápido do que de carro. Dependendo do horário, atravessar a cidade de carro pode levar uma hora, enquanto de metrô você faz o trajeto em cerca de quinze minutos. O verdadeiro luxo se torna o transporte público. Esse, para mim, deveria ser o objetivo para o futuro.

O modal de transporte é o menos importante. O mais importante é garantir que as pessoas se desloquem de forma eficiente. E vale destacar que, de acordo com a Constituição Brasileira, é direito do cidadão o direito de ir e vir. A preocupação deve ser menos com o tipo de transporte e mais com a criação de formas de transporte público mais eficazes, onde as pessoas se sintam seguras e bem atendidas.”





09

09. AUTORES(AS)



RAFAEL AUGUSTO SEIXAS REIS DE PAULA

Capítulos: 1 - Introdução ; 6 - Avanços na Cadeia de Valor das Baterias para Veículos Elétricos

Especialista em Gestão da Inovação, com mais de 20 anos de experiência com passagens pela academia, fundação de apoio à pesquisa, empresa investida por fundos de seed money, empresa de consultoria.

rafaelaugustoseixas@gmail.com



ARTHUR HENRIQUE TEIXEIRA BARROS

Capítulo: 1 - Introdução

Técnico em Eletrotécnica pelo CEFET-MG e Engenheiro de Produção em formação pela UFMG. Atuou na Plataforma Nacional da Mobilidade Elétrica (PNME), com pesquisas em mobilidade elétrica e atualmente, está na Hotmart.

arthurhenriqueteixeirabarros@gmail.com



JOSÉ ANTÔNIO DO NASCIMENTO

Capítulo: 1 - Introdução

Consultor em Mobilidade Elétrica e Sustentável com mais de 20 anos de experiência, atuando na prospecção, geração, e desenvolvimento de novos negócios no mercado brasileiro e internacional para as tecnologias de veículos elétricos aplicados no transporte urbano de passageiros e de cargas (Trólebus, Ônibus Elétrico Híbrido, e-BUS e Caminhão Elétrico a Baterias), e sua infraestrutura de recarga. Formado em Administração de Empresas pela FEI – Fundação Educacional Inaciana (ESAN – Escola Superior de Administração de Negócios), em São Paulo – Brasil. Ex Vice-Presidente da ABVE – Associação Brasileira do Veículo Elétrico, pasta de “Veículos Elétricos Pesados” de 04/2020 a 03/2022. Coordenador do Grupo de Trabalho de Ônibus Elétrico da UITP (União Internacional de Transporte Público), Divisão América Latina desde 2014. Membro do GENE – Grupo de Excelência em Negócios de Energia do CRA/SP – Conselho Regional de Administração de São Paulo, desde novembro de 2023.

joseanascimento64@gmail.com



TATIANA ARAUJO

Capítulo: 2 - Infraestrutura de Recarga no Brasil: avanços e desafios

Diretora Executiva da Sustentati Consultoria, ex-Managing Director da CharIN no Brasil.

tatiana@sustentaticonsultoria.com.br



HUDSON ZANIN

Capítulo: 2 - Infraestrutura de Recarga no Brasil: avanços e desafios

Professor na Escola de Engenharia Elétrica e de Computação da UNICAMP e Coordenador de Pesquisa na Divisão de Armazenamento Avançado de Energia do Centro de Inovação em Novas Energias (CINE, www.cine.org.br) e do Centro de Manufatura, Validação e Certificação de Baterias. Pesquisa o desenvolvimento de materiais funcionais (nano)materiais e sua aplicação em dispositivos de armazenamento e conversão de energia, e também o desenvolvimento de armazenadores e conversores de energia, como Reformadores e Células a Combustível de Óxido Sólido. É o fundador do primeiro laboratório de manufatura de baterias e supercapacitores em escala de laboratório na América do Sul.

hzanin@unicamp.br



MARCOS GONÇALVES VIEIRA MENDES

Capítulo: 3 - Políticas Públicas

Pós-Graduação em Direito Tributário (FGV/SP). Graduação em Direito (CEUB/DF). Especializando em Contabilidade Geral Avançada pelo Complexo Educacional Contábil Fiscal LTDA (CECF). Extensão sobre Reforma Tributária pela Associação Paulista de Estudos Tributários (APET).

vieiram061@gmail.com



ANDRÉ FORTES CHAVES

Capítulo: 3 - Políticas Públicas

Consultor em Carvalho & Furtado Advogados, Presidente do LEMOB e representante da Associação Federal Alemã de eletromobilidade no Brasil. Mestre pelo European Master in Law and Economics, MBA em Relações Institucionais (Ibmec/DF) e Pós em Direito da Energia (CEDIN/BH).

andre@carvalhofurtadoadv.com.br



BRUNO PORTELLA

Capítulo: 3 - Políticas Públicas

Administrador de Empresas, especialista em Gestão de Marketing e formação Executiva em Advocacy e Políticas Públicas. Mais de 10 anos de experiência em Fundações de Apoio, tendo atuado pela Fundação CEFETMINAS (Cefet-MG) e pela FUNDEP (UFMG), onde permanece aos dias atuais como Coordenador de Prospecção e Oportunidades e responsável pelas Relações Institucionais e Governamentais na Plataforma Nacional da Mobilidade Elétrica. Sólida atuação em defesa dos interesses da Ciência, Tecnologia e Inovação e da Mobilidade Elétrica e Sustentável, diretamente em Brasília/DF.

brunofundep@gmail.com



MARCIO DE ALMEIDA D'AGOSTO

Capítulo: 4 - Eletrificação Do Transporte Rodoviário De Carga

Professor Titular de Sustentabilidade em Mobilidade e Logística do Programa de Engenharia de Transportes da COPPE/UFRJ, Pesquisador 1A do CNPq, Presidente do Instituto Brasileiro de Transporte Sustentável (IBTS) e Coordenador do Programa de Logística Verde Brasil (PLVB).

dagosto@pet.coppe.ufrj.br



ANA CAROLINA MAIA ANGELO

Capítulo: 4 - Eletrificação Do Transporte Rodoviário De Carga

Professora do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense, EEIMVR/UFF. Avaliadora do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (Basis) pelo INEP. Diretora de Negócios do Instituto Brasileiro de Transporte Sustentável (IBTS).

angeloana@id.uff.br



LINO GUIMARÃES MARUJO

Capítulo: 4 - Eletrificação Do Transporte Rodoviário De Carga

Professor Associado do Programa de Engenharia de Produção (PEP) do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Coordenador do laboratório MOBILOG Sustentável. Suas áreas de pesquisa incluem cadeias de suprimentos sustentáveis, economia circular, mobilidade e logística urbana, e data analytics em logística. É fundador e Diretor Executivo do Instituto Brasileiro de Transporte Sustentável (IBTS) e líder de research track em sustentabilidade de cadeias de suprimentos do SCALE-MIT.

lino@pep.ufrj.br



LORENA MIRELA RICCI

Capítulo: 4 - Eletrificação Do Transporte Rodoviário De Carga

Engenheira de Petróleo pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Mestre e Pesquisadora de Doutorado com foco em Sustentabilidade Aplicada ao Transporte do Programa de Engenharia de Transportes (PET) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

lorena.ricci@pet.coppe.ufrj.br



GABRIELA DE SOUZA OLIVEIRA

Capítulo: 5 - Estratégias e perspectivas em prol da Cadeia de Ônibus Elétricos no Brasil: a importância de um Plano Nacional para o setor

Assistente de Gerenciamento de Programas do Escritório da CEPAL no Brasil. Profissional e pesquisadora em Desenvolvimento Internacional, especializada em tecnologias sustentáveis e orientadas para a justiça nos setores de mobilidade urbana e energia. Na CEPAL trabalha em programas voltados para o estímulo a investimentos em setores de baixa emissão de carbono, com alto potencial para gerar crescimento inclusivo e resiliência ambiental, além de fortalecer a capacidade humana de criar prosperidade.

gabriela.desouzaoliveira@cepal.org



CAMILA GRAMKOW

Capítulo: 5 - Estratégias e perspectivas em prol da Cadeia de Ônibus Elétricos no Brasil: a importância de um Plano Nacional para o setor

Diretora Interina do Escritório da CEPAL no Brasil. Possui graduação em Ciências Econômicas pela Universidade de São Paulo (2008), mestrado em Economia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2011) e doutorado pela University of East Anglia, Reino Unido (2018). Tem experiência na área de Economia, com ênfase em Economia do Meio Ambiente, atuando principalmente nos seguintes temas: inovação ambiental, crescimento verde, economia do meio ambiente, inserção externa, política fiscal verde e modelagem integrada economia-energia-meio ambiente.

camila.gramkow@cepal.org



ROBSON FERREIRA DA CRUZ

Capítulo: 5 - Estratégias e perspectivas em prol da Cadeia de Ônibus Elétricos no Brasil: a importância de um Plano Nacional para o setor

Fundador da Barassa & Cruz Consulting e Otsmah Recursos Energéticos Sustentáveis. Doutor em Política Científica e Tecnológica (DPCT/IG/UNICAMP). Possui experiência em Inovação, Desenvolvimento de Produtos e Desenvolvimento de Novos Negócios. Tem também atuado como professor universitário.

robson.cruz@bcconsulting.com.br



EDGAR BARASSA

Capítulo: 5 - Estratégias e perspectivas em prol da Cadeia de Ônibus Elétricos no Brasil: a importância de um Plano Nacional para o setor

Fundador da Barassa & Cruz Consulting e Otsmah Recursos Energéticos Sustentáveis. Engenheiro Mecânico/Especialista Automotivo (UNESP/USP). Doutor pela UNICAMP, é especialista em e-mobilidade, energias renováveis e tecnologias verdes. Contribuiu para a Proposta do Plano Nacional de Eletromobilidade e o Roteiro de Veículos Elétricos, além de atuar com organizações como GIZ e CPFL.

edgarbarassa@bcconsulting.com.br



RAUL FERNANDO BECK

Capítulo: 6 - Avanços na Cadeia de Valor das Baterias para Veículos Elétricos

Químico industrial e Engenheiro Eletrônico (UNICAMP), especializado em Eletrônica de Potência, há mais de 40 anos na Fundação CPQD, em Campinas/SP. Nos últimos 25 anos é Responsável Técnico da Área de Sistemas de Energia do CPQD, coordenando equipe de pesquisa e desenvolvimento de projetos de baterias e sistemas de gestão de energia de veículos elétricos e de sistemas de armazenamento de energia (BESS) para energias renováveis e aplicações estacionárias. Chairman da Comissão Técnica Veículos Elétricos e Híbridos da SAE BRASIL, é Coordenador na ABNT da Comissão de Estudos Veículos Elétricos Rodoviários e Industriais, atuando em outras diversas comissões técnicas na área de armazenamento de energia. É membro do Comitê de Ciência e Tecnologia da PNME (CCT-PNME) e do Comitê Gestor e GT7-Baterias da Rede Colaborativa para adensamento da Cadeia Produtiva Nacional MiBI - Made in Brasil Ilimitado.

raul@cpqd.com.br



MARIA DE FÁTIMA NEGRELI CAMPOS ROSOLEM

Capítulo: 6 - Avanços na Cadeia de Valor das Baterias para Veículos Elétricos

Bacharel em Química e Mestre em Eletroquímica. Pesquisadora da Área de Sistema de Energia do CPQD.

mfatima@cpqd.com.br



VALÉRIO MAROCHI

Capítulo: 6 - Avanços na Cadeia de Valor das Baterias para Veículos Elétricos

Tecnólogo em Mecatrônica Industrial e Especialista em Engenharia de Veículos Híbridos e Elétricos. Pesquisador e Consultor de Negócios de Inovação do Instituto Senai de Inovação em Eletroquímica atuando na prospecção, gestão e execução de projetos de propulsão elétrica e sistemas de armazenamento de energia.

valerio.marochi@sistemafiep.org.br



LORENA TAMEIRÃO DE MOURA CORREA

Capítulo: 7 - Oportunidades de fomento à inovação para alavancar a mobilidade elétrica no Brasil – da captação de recursos à redução de carga tributária

Especialista em Gestão Estratégica dos Recursos para Inovação e ESG. Consultora na ABGi Brasil, com ênfase no setor de energia. Engenheira Eletricista (UNB).

lorena.tameirao@abgi-brasil.com



ISABELLA LAGE SOARES

Capítulo: 7 - Oportunidades de fomento à inovação para alavancar a mobilidade elétrica no Brasil – da captação de recursos à redução de carga tributária

Especialista em Incentivos Fiscais e Benefícios Tributários para Inovação e ESG. Consultora na ABGi Brasil, com ênfase na análise, apuração e cálculo dos incentivos fiscais e nos desdobramentos/cenários jurídicos decorrentes da respectiva utilização dos benefícios. Formada em Direito e Contabilidade (Faculdades Milton Campos/UNOPAR).

isabella.soares@abgi-brasil.com



JULIANA LEITE DA SILVA

Texto Especial 01 - Desmontagem e reciclagem de veículos elétricos e híbridos - do berço ao túmulo

Bacharelada em Administração de Empresas com ênfase em Gestão de Negócios. Sócia fundadora da Ideal Peças Automotivas. Vice-Presidente da Adlex/MG (Associação dos desmontes do Estado de Minas Gerais).

julianaleite@grupommbh.com.br



MARCO ANTONIO DA SILVA

Texto Especial 01 - Desmontagem e reciclagem de veículos elétricos e híbridos - do berço ao túmulo

Presidente da Adlex/MG - Empresário do Setor de CDV's (Centro de Desmanche de Veículos).

adlex-mg@outlook.com



VERÍSSIMO DE SOUZA JUNIOR

Texto Especial 01 - Desmontagem e reciclagem de veículos elétricos e híbridos - do berço ao túmulo

Presidente do Sindesmote/SP - Empresário do Setor de CDV's (Centro de Desmanche de Veículos).

administrativo@sindesmote.org.br



RENATO NUNES SOUZA

Texto Especial 01 - Desmontagem e reciclagem de veículos elétricos e híbridos - do berço ao túmulo

Presidente do SindCdv/RS - Empresário do Setor de CDV's (Centro de Desmanche de Veículos).

carangasautodemolidora@outlook.com



JULIO CESAR LUCHESI DE FREITAS

Texto Especial 01 - Desmontagem e reciclagem de veículos elétricos e híbridos - do berço ao túmulo

Presidente da ABCAR/SP - Empresário do Setor de CDV's (Centro de Desmanche de Veículos).

contato@abcar.org



WEDER LOPES PEIXOTO

Texto Especial 01 - Desmontagem e reciclagem de veículos elétricos e híbridos - do berço ao túmulo

Presidente do Sinprovel/ES - Empresário do Setor de CDV's (Centro de Desmanche de Veículos).

gerencia@peixotoautopecas.com.br



RODRIGO DALMARCO WARMLING

Texto Especial 01 - Desmontagem e reciclagem de veículos elétricos e híbridos - do berço ao túmulo

Presidente da AbCAR/RS - Empresário do Setor de CDV's (Centro de Desmanche de Veículos).

rodrigo.dalmarcowarmling@gmail.com



MARIANA MÜLLER BARCELOS

Texto Especial 02 - Descarbonizar o transporte urbano de carga deve ser prioridade, mas faltam políticas públicas

Mariana Müller Barcelos é Analista Sênior de Eletromobilidade do WRI Brasil, com atuação em projetos de descarbonização do transporte de carga. Atualmente, trabalha com políticas públicas e engajamento de stakeholders no Projeto Descarbonização do Transporte Urbano de Carga, que busca formar uma coalizão de atores para criar diretrizes nacionais para a descarbonização do transporte urbano de carga. No WRI Brasil, Mariana também atuou em projetos de qualificação do transporte coletivo, em especial no Programa QualiÔnibus, além de ter contribuído para diversos projetos voltados à sustentabilidade do transporte urbano.

Formada em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Mariana possui mestrado em Engenharia de Transportes pela mesma instituição e está atualmente cursando doutorado em Engenharia de Produção, com ênfase em Sistemas de Transporte, também pela UFRGS.

mariana.barcelos@wri.org



VIRGINIA TAVARES

Texto Especial 02 - Descarbonizar o transporte urbano de carga deve ser prioridade, mas faltam políticas públicas

Coordenadora de Eletromobilidade do WRI Brasil. Atua na gestão dos projetos relacionados à transição para um transporte coletivo limpo e de qualidade. Trabalha na elaboração de estudos de impactos ambientais, operacionais e econômicos e no apoio técnico a cidades na implementação de projetos de eletrificação. Também apoia as atividades do Grupo de Benchmarking QualiÔnibus. No WRI Brasil, já atuou no desenvolvimento de modelos e aperfeiçoamento do SimBRT, na elaboração de critérios de avaliação de projetos de mobilidade urbana sustentável e na implementação e preparação para o início de operação de sistemas de transporte coletivo por ônibus. Também já desenvolveu projetos relacionados a qualidade do ar. Antes de se juntar ao WRI Brasil, Virginia trabalhou no projeto de pesquisa intitulado “O uso do GPS no desenvolvimento de pesquisas de origem e destino”, no Laboratório de Sistemas de Transporte (LASTRAN) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Virginia formou-se em Engenharia Civil e é Mestre em Engenharia de Produção com ênfase em Sistemas de Transporte pela UFRGS.

virginia.tavares@wri.org



POLLYANA REGO

Texto Especial 02 - Descarbonizar o transporte urbano de carga deve ser prioridade, mas faltam políticas públicas

Analista Plena de Mobilidade Urbana no WRI Brasil. Ela atua em projetos de mobilidade limpa focados na eficiência energética da frota de transporte coletivo. Trabalhou no Instituto da Cidade Pelópidas Silveira e na Autarquia de Trânsito e Transporte Urbano do Recife. Pollyana formou-se em Engenharia Civil pela Universidade de Pernambuco (UPE).

pollyana.rego@wri.org



FERNANDO CORRÊA

Texto Especial 02 - Descarbonizar o transporte urbano de carga deve ser prioridade, mas faltam políticas públicas

Especialista de Comunicação no WRI Brasil. Ele atua na estratégia e na criação de conteúdos relacionados ao programa de Cidades da organização. Trabalhou em diversos veículos de imprensa e agências de comunicação. No jornal Zero Hora, atuou como editor e repórter em suplementos de Ciência, Meio Ambiente e Educação. É formado em Jornalismo pela PUCRS.

fernando.correa@wri.org



10



10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O 4º Anuário Brasileiro da Mobilidade Elétrica traz um panorama abrangente e estratégico sobre os avanços e desafios da eletromobilidade no Brasil em 2024. Este ano foi marcado por um expressivo crescimento na adoção de veículos 100% elétricos e híbridos, com a comercialização de mais de 138 mil unidades entre janeiro e outubro – um aumento superior a 100% em comparação ao mesmo período de 2023. Esse desempenho reflete os efeitos positivos de políticas públicas de incentivo e da crescente oferta de modelos acessíveis e competitivos, liderados por fabricantes asiáticos que consolidaram sua presença no mercado nacional.

Além disso, a infraestrutura de recarga teve uma evolução notável: o número de eletropostos saltou de 350 em 2020 para mais de 10 mil em 2024. Esse avanço destaca a capacidade do Brasil de responder à crescente demanda por eletrificação, demonstrando uma transformação estrutural significativa no setor de mobilidade elétrica.

Apesar desses progressos, importantes desafios permanecem. Uma colaboração mais efetiva entre os setores público e privado é imprescindível para evitar gargalos na infraestrutura de recarga e garantir o crescimento sustentável do setor. Também é necessário fomentar o desenvolvimento da cadeia de valor das baterias no Brasil, essencial para consolidar a autonomia e competitividade da eletromobilidade nacional.

Adicionalmente, algumas decisões políticas demandam maior atenção. A inclusão de veículos elétricos no chamado "Imposto do Pecado", por exemplo, levanta preocupações quanto aos possíveis impactos de médio e longo prazo para a descarbonização do setor automotivo.

Outro desafio relevante é o ritmo de crescimento de veículos pesados elétricos, como ônibus e caminhões. Apesar de as vendas terem dobrado em relação ao ano anterior, esses veículos ainda representam menos de 1% da frota nacional. Considerando o potencial desses modelos para transformar o transporte público e reduzir emissões, sua consolidação no mercado exige maior integração de políticas públicas, investimentos significativos e uma abordagem estratégica mais robusta.

Com a contribuição de mais de 20 atores do ecossistema da eletromobilidade, esta edição do anuário aprofunda discussões sobre infraestrutura de recarga, políticas públicas, eletrificação de veículos pesados, cadeia de valor das baterias e reciclagem de veículos, oferecendo uma visão abrangente e fundamentada para orientar os próximos passos do setor.

As novidades desta edição incluem debates sobre o potencial de desmontagem e reciclagem de veículos elétricos, uma área ainda subexplorada no Brasil. Este tema ganha relevância ao se conectar com a fase final do conceito "Berço ao Túmulo", fundamental para a sustentabilidade no setor de eletromobilidade.

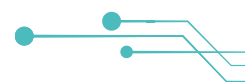
Por outro lado, na fase inicial do conceito — o "Berço" — o Brasil ainda se posiciona majoritariamente como fornecedor de commodities, exportando minerais que são processados no exterior e retornam na forma de produtos de maior valor agregado, como baterias. Superar essa limitação é crucial para que o país se consolide como um ator central no mercado global de eletromobilidade. Esse tema, recorrente em todas as edições dos anuários da PNME, continuará sendo destaque enquanto for necessário para impulsionar uma tão aguardada mudança de patamar na posição brasileira no cenário internacional.

Por fim, é importante destacar que o anuário se consolida como uma ferramenta indispensável para compreender os desafios e oportunidades da eletromobilidade no Brasil. Mais do que um retrato do momento atual, ele oferece diretrizes valiosas para fortalecer a transição para um sistema de transporte mais sustentável, eficiente e inclusivo no país.





11



SIGLAS

ABRAVEi: Associação Brasileira dos Proprietários de Veículos Elétricos Inovadores

ABVE: Associação Brasileira de Veículos Elétricos

AEA: Associação Brasileira de Engenharia Automotiva

ANEEL: Agência Nacional de Energia Elétrica

ANFAVEA: Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores

ANTP: Associação Nacional de Transportes Públicos

BNDES: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

BRDE: Banco Regional do Desenvolvimento do Extremo Sul

CAMEX: Câmara de Comércio Exterior

CBA: Companhia Brasileira de Alumínio

CCJC: Comissão de Constituição e Justiça e de Cidadania

CDC: Comissão de Defesa do Consumidor

CDE: Comissão de Desenvolvimento Econômico

CDU: Comissão de Desenvolvimento Urbano

CICS: Comissão de Indústria, Comércio e Serviços

Celesc: Centrais Elétricas de Santa Catarina

Copel: Companhia Paranaense de Energia

CPQD: Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações

CVT: Comissão de Viação e Transportes

EPE: Empresa de Pesquisa Energética

Gecex: Comitê Executivo de Gestão da Câmara de Comércio Exterior

GESEL: Grupo de Estudos do Setor Elétrico

ICCT: Conselho Internacional de Transporte Limpo, em inglês

IEA: Agência Internacional de Energia, em inglês

INMETRO: Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

IPEA: Instituto de pesquisa econômica aplicada

MCid: Ministério das Cidades

MCid/SEMOB: Secretaria de Mobilidade Urbana do Ministério das Cidades

MiBI: Made in Brazil Integrado

MME: Ministério de Minas e Energia

PBEV: Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular

RISE: Rede de Inovação do Setor Elétrico

RIT: Rede Integrada de Transporte de Curitiba

SAE: Society of Automotive Engineers

SENATRAM: Secretaria Nacional de Trânsito

Setcamp: Sindicato das Empresas de Transporte Metropolitano e Urbano de Passageiros da Região Metropolitana de Campinas

SDIC/MDIC: Secretaria de Desenvolvimento Industrial, Inovação, Comércio e Serviços do Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços

TCE/SP: Tribunal de Contas do Estado de São Paulo

TCU: Tribunal de Contas da União

Urbam: Urbanizadora Municipal S/A (São José dos Campos/SP)

USP: Universidade de São Paulo

WRI Brasil: World Resources Institute (Instituto de Recursos Mundiais, em inglês)

TERMOS

BEV (Battery Electric Vehicle): Sigla do termo em inglês para Battery Electric Vehicle. Um veículo totalmente elétrico alimentado por uma bateria que é carregada via rede elétrica.

BMS (Battery Management System): Sigla do termo em inglês para Battery Management System. Trata-se de sistemas eletrônicos de gerenciamento dos parâmetros de funcionamento de conjuntos de baterias, como estado de carga, “saúde” da bateria, limites máximo e mínimo de energia, e temperatura, controlando o fluxo de corrente elétrica que entra e sai das baterias.

CBU (Completely Built Unit): Veículos totalmente montados.

CCS Tipo 1 (padrão de recarga): Padronizado pela SAE, este conector combina dois pinos DC dispostos abaixo do conector CA Tipo 1, o qual usa 3 pinos.

CCS Tipo 2 (padrão de recarga): Padronizado pela UE, este conector combina dois pinos DC dispostos abaixo do conector CA Tipo 2, o qual usa 3 pinos.

Célula a combustível ou célula de hidrogênio: Tecnologia que utiliza a combinação química dos gases hidrogênio e oxigênio para gerar energia elétrica e moléculas de água.

Células Eletroquímicas: Dispositivo capaz de gerar energia elétrica a partir de reação química ou facilitar reações químicas através da introdução de energia elétrica.

CKD (Completely Knocked-Down): Veículos desmontados.

Conector tipo 1: Um conector de cinco pinos que também possui um clipe, este conector é comum nos EUA e é normalmente encontrado em VE fabricados por marcas asiáticas e americanas.

Conector tipo 2: Um conector de sete pinos com uma borda plana. Originalmente preferido por marcas europeias, tem se tornado o mais popular na maioria dos VEs no Brasil.

CPO (Charge Point Operator): Entidade ou empresa responsável pela operação e gerenciamento de estações de recarga para veículos elétricos.

Early Adopters: Segmento inicial de usuários ou consumidores que demonstram um alto grau de receptividade e disposição para adotar e testar produtos, tecnologias ou ideias inovadoras logo após seu lançamento.

Economia Circular: Conceito que associa desenvolvimento econômico a um melhor uso de recursos naturais, por meio de novos modelos de negócios e da otimização nos processos de fabricação com menor dependência de matéria-prima virgem, priorizando insumos mais duráveis, recicláveis e renováveis.

Eficiência Energética: Ações que visem diminuir o gasto de energia para produzir a mesma quantidade de produtos.

Eletropostos: Artefato tecnológico responsável por fazer a conexão do VE a rede elétrica para recarga e fornecer energia nas condições necessárias ao sistema do veículo.

Emissões do Escopo 1: Emissões liberadas para a atmosfera como resultado direto das operações da própria empresa. Todos os combustíveis que produzem emissões de gases de efeito estufa devem ser incluídos no escopo 1, a combustão dos veículos pertencentes ou controlados pela empresa, por exemplo.

Emissões do Escopo 2: Emissões indiretas, provenientes da energia elétrica adquirida para uso da própria companhia. Ou seja, todas as emissões de gases de efeito estufa na atmosfera a partir do consumo de eletricidade, vapor, calor e refrigeração entram aqui.

Emissões do Escopo 3: Emissões indiretas não incluídas no escopo 2 que ocorrem na cadeia de valor da empresa. Em outras palavras, são emissões ligadas às operações da companhia, como matéria-prima adquirida, viagens de negócios e deslocamento dos colaboradores, descartes de resíduos, transporte e distribuição.

ESG (Environmental, Social and Governance): Sigla para o termo em inglês Environmental, Social and Governance. Em livre tradução para o português para Sustentabilidade Ambiental, Social e Governança Corporativa. Conjunto de práticas e informações socioambientais e de governança que apoiam a tomada de decisão nas organizações e levam à inovação pela realização de investimentos, ações e projetos.

Estações de Recarga: Infraestrutura física que fornece eletroposto para carregar um veículo elétrico conectado à rede elétrica.

eVTOLs: Sigla do termo em inglês para Electric Vertical take-off and landing. Em tradução livre para o português, trata-se de veículos elétricos de decolagem e pouso vertical.

Frente Parlamentar Mista: Associação suprapartidária de parlamentares interessados em debater e apresentar propostas relativas ao tema objeto do colegiado.

GEE: Gases do Efeito Estufa.

GHG Protocol: Do termo em inglês, Greenhouse Gas Protocol. Trata-se dos padrões, orientações, ferramentas e treinamentos para que empresas e governos mensurem e gerenciem as emissões antropogênicas responsáveis pelo aquecimento global.

ICE (Internal Combustion Engine): Sigla do termo em inglês para Internal Combustion Engine. Motor de combustão interna, em livre tradução para o português.

Joint Venture: Tipo de associação em que duas entidades se juntam para tirar proveito de alguma atividade, por um tempo limitado, sem que cada uma delas perca a identidade própria.

LETEC: Tarifa Externa Comum (LETEC) do MERCOSUL

Market Share: Porcentagem ou a fatia que uma empresa ou produto detém em relação ao total de vendas ou ao tamanho total do mercado em um determinado setor ou indústria. Ele é calculado dividindo as vendas da empresa ou produto pelo total de vendas do mercado e é usado como indicador de competitividade e posição relativa no mercado.

MRL (Manufacturing Readiness Levels): Sigla do termo em inglês para Manufacturing Readiness Levels. Em livre tradução para o português, refere-se a níveis de maturidade de um processo de produção.

MSP (Mobility Solution Provider): Entidade ou empresa que oferece uma variedade de soluções e serviços relacionados à mobilidade, tais como sistemas de compartilhamento de veículos, soluções de transporte público e privado até plataformas digitais que integram diferentes modos de transporte.

NACS (padrão de recarga): Padrão de recarga norte americano. Também conhecido como padrão de carregamento Tesla, é um sistema de conector de carregamento de veículo elétrico desenvolvido pela Tesla.

NCM: Nomenclatura Comum (NCM) do MERCOSUL.

PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle): Sigla do termo em inglês para Plug-in Hybrid Electric Vehicle. Veículo que de motor a combustão interna e motor elétrico para tração.

Private Equity: Forma de investimento que envolve a compra de participações em empresas que não estão listadas na bolsa de valores.

Range Anxiety: Preocupação ou ansiedade experimentada pelos usuários de veículos elétricos devido à possibilidade de ficarem sem carga durante uma viagem devido à autonomia limitada da bateria.

Reciclabilidade: Características inerentes quanto à viabilidade de um produto ser reciclado ou de integrar um ciclo de reciclagem.

SH: Sistema Harmonizado.

SKD (SemiKnocked-Down): Veículos semidesmontados.

TMS (ThermalManagement System): Sigla do termo em inglês para Thermal Management System. Sistema de Gerenciamento Térmico de baterias.

TOC (TotalOwnership Cost): Sigla do termo em inglês para Total Ownership Cost. Custo total de propriedade, em livre tradução para o português.

TRL (Technology Readiness Levels): Sigla do termo em inglês para Technology Readiness Levels. Em livre tradução para o português, refere-se a níveis de maturidade de uma tecnologia.

VE (Veículo Elétrico): Termo genérico para Veículo Elétrico, mais frequentemente usado para se referir a veículos elétricos puros, ou seja, BEVs.

