

OS DESAFIOS NO COMBATE A INCÊNDIOS EM VEÍCULOS ELETRIFICADOS

*Cleyson Thiago Pereira Coelho¹
Mario Henrique Faro Ferreira²*

RESUMO: Busca-se no presente trabalho analisar os desafios no combate a incêndios em veículos leves. O objetivo geral é compreender como ocorre o incêndio nesse tipo de veículo, e os desafios envolvidos no combate. De início, busca-se contextualizar os veículos eletrificados no Brasil e no mundo. Após, faz-se uma explanação sobre o que são e como identificar os veículos eletrificados. Depois, detalha-se o porquê eles são potencialmente perigosos. Por derradeiro, discorre-se sobre os desafios no combate a incêndios nesses veículos, explorando materiais e procedimentos utilizados. O método utilizado foi o de revisão bibliográfica, uma vez que se procura fornecer arcabouço teórico necessário para o enfrentamento do tema, por meio de uma análise qualitativa. Os resultados obtidos identificaram gargalos no combate a incêndios em veículos eletrificados.

Palavras-chave: Veículos eletrificados leves. Baterias. Incêndios. Desafios.

ABSTRACT: This paper analyzes the challenges of fighting fires in light vehicles. The overall objective is to understand how fires occur in these types of vehicles and the challenges involved in combating them. First, we contextualize electrified vehicles in Brazil and worldwide. Next, we explain what they are and how to identify them. Then, we detail why they are potentially dangerous. Finally, we discuss the challenges of fighting fires in these vehicles, exploring the materials and procedures used. A literature review was used as a method to provide the theoretical framework necessary to address the issue through qualitative analysis. The results identified bottlenecks in fighting fires in electrified vehicles.

Keywords: Light electric vehicles. Batteries. Fires. Challenge.

1 INTRODUÇÃO

A presente pesquisa tem por base a discussão sobre os desafios no combate a incêndios em veículos eletrificados leves. A problemática surge ante a ausência, nas circunstâncias atuais, de uma solução definitiva para ocorrências desse tipo. Os meios tradicionais de combate a incêndio em veículos à combustão não são suficientes para sanar incêndio em baterias de forma rápida e efetiva, sem riscos de reignição, o que gera vários desafios na atuação do Corpo de Bombeiros Militar nesse tipo de ocorrência.

O desenvolvimento do presente trabalho é dividido em quatro capítulos. Inicialmente, busca-se contextualizar os veículos eletrificados no Brasil e no mundo. Tal explanação é necessária para fornecer subsídio para compreensão do estado da arte dos carros eletrificados.

Num segundo momento, o objetivo é trabalhar o que são os veículos eletrificados leves e como identificá-los. Verifica-se que os veículos eletrificados pouco diferem dos veículos à

¹ Aspirante do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Rondônia (CBMRO). Bacharel em Direito pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Pós-graduado em Direito Público pela Faculdade Legale. Contato: cleysoncoelho96@gmail.com.

² Tenente Coronel do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Mato Grosso (CBMMT). Bacharel em Segurança Pública pela Academia de Polícia Militar Cabo Branco/Universidade Estadual da Paraíba. Bacharel em Direito pela Universidade Federal de Mato Grosso. Pós-graduado em Gestão de Segurança Pública pela Academia de Polícia Militar Costa Verde. Contato: faro@cbm.mt.gov.br.

combustão em seu aspecto externo, por isso a necessidade de saber diferenciá-los numa ocorrência de bombeiro militar.

Num terceiro momento, há que se trabalhar aspectos internos dos veículos eletrificados, a fim de compreender sua fonte de energia, modo de propulsão e como um incêndio age nesses compartimentos. Essas particularidades levam ao entendimento do porquê são potencialmente perigosos.

Passadas as conceituações iniciais e fornecidas informações para o enfrentamento da questão, no último momento, as atenções são direcionadas ao cerne do problema, os desafios no combate a incêndios em veículos eletrificados leves, em suas diversas fases da ocorrência, quais sejam: pré-socorro; durante o socorro; e pós-socorro.

Quanto aos procedimentos técnicos utilizados, a presente pesquisa possui natureza bibliográfica, pois ocupou-se com dados de documentos científicos já publicados – livros, manuais e artigos publicados em periódicos – que tratam do combate a incêndios em veículos eletrificados. Destaca-se a exploração de conceitos teóricos e experimentos realizados, com a intenção de gerar conhecimento científico para compreensão do tema.

2 DESAFIOS NO COMBATE A INCÊNDIO EM VEÍCULOS ELETRIFICADOS

2.1 PANORAMA DOS CARROS ELETRIFICADOS NO BRASIL E NO MUNDO

A preocupação com a proteção do meio ambiente, a conservação de energia e a necessidade de criar meios para amenizar ou extinguir emissões de poluentes está intimamente ligada à busca pela substituição dos tradicionais veículos movidos à combustão por outros que utilizam fonte de energia menos poluente.

Sabe-se que os gases emitidos pelos veículos à combustão respondem por parcela significativa da poluição e aquecimento do planeta. Neste seguimento, o acordo de Paris, adotado em 2016 por mais de 195 países, considerado um marco entre os acordos climáticos internacionais, firmou como principal objetivo a redução da emissão de gases do efeito estufa (Nações Unidas Brasil, 2015, n.p.).

É justamente nesse cenário que, nos últimos anos, está a guinada na produção e venda dos veículos eletrificados, entendidos como todos aqueles que utilizam propulsão elétrica. A eletrificação no segmento automotivo pode trazer benefícios ambientais significativos, dada a combinação de energia em grande parte, de baixas emissões de gases poluentes.

Nesse cenário, o relatório publicado pela *Global Electric Vehicle Outlook* da Agência Internacional de Energia (2024, n.p.) revela que as vendas de carros eletrificados no mundo em

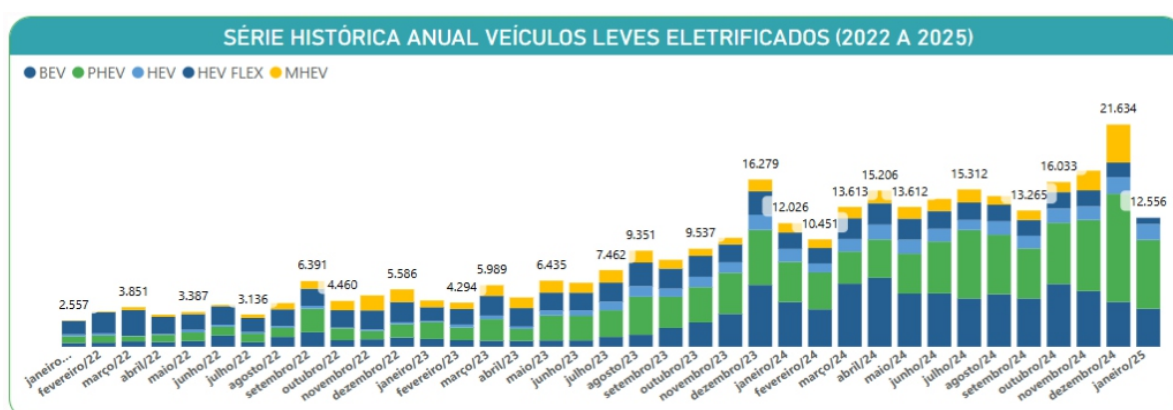
2023 foram 3,5 milhões maiores do que em 2022, um aumento de 35% ano a ano, representando cerca de 18% de todos os carros vendidos em 2023, ante 14% em 2022 e apenas 2% em 2018.

Esses números indicam que o crescimento desse ramo, no cenário internacional, permanece constante à medida que os seus mercados amadurecem e se consolidam.

Esse processo tem chamado a atenção de grandes montadoras, que têm despendido vultuosos investimentos nessa área, revelando o protagonismo que os veículos eletrificados vem assumindo nos ganhos dessas empresas. Empresas como Ford, Chevrolet, Mercedes-Benz, Toyota, Volkswagen, Volvo e Nissan, Tesla, BYD e CAO A Chery possuem uma gama variada de veículos eletrificados.

Seguindo a tendência internacional, no cenário interno, a presença de carros eletrificados encontra-se em franca expansão. Segundo dados da Associação Brasileira de Veículos Elétricos (ABVE), no ano de 2023 foram vendidos 93.927 carros elétricos, e no ano de 2024 o número foi de 177.358, um aumento de quase 100% ano a ano (ABVE, 2025, n.p.).

Figura 1 - Evolução mensal da frota de veículos eletrificados no Brasil³



Fonte: ABVE, 2025

O número de carros elétricos no Brasil alcançou recordes sucessivos nos últimos anos, e no mês de janeiro de 2025 representava 7% de toda a frota nacional. O que equivale a mais de 400 mil veículos em circulação, um mercado aquecido e em franca expansão (SBT, 2025, n.p.).

Nesse aspecto, ligado à preocupação com a transição energética e priorização de combustíveis renováveis, no início de 2024 foi sancionada a Lei 14.902/24, que instituiu o

³ Em que pese ser contabilizado nas estatísticas do gráfico acima, a partir de janeiro de 2025, a ABVE passou a não mais considerar o MHEV (*Mild Hybrid Electric Vehicle*) como veículo elétrico, em razão de não possuir tração elétrica

Programa de Mobilidade Verde e Inovação, projeto que estimula a produção de carros eletrificados.

Para tanto, dentre os meios adotados estão o estímulo em investimento e novas tecnologias, aumento das exigências de descarbonização da frota automotiva e medição da pegada de carbono de todos os componentes e etapas de produção, uso e descarte do veículo. Para empresas, constam incentivos de créditos financeiros para abatimento de impostos federais e crédito para investimentos em projetos desenvolvidos no Brasil.

Portanto, frente aos incentivos governamentais e investimentos privados, é de se esperar, nos próximos anos, uma frota cada vez maior de veículos eletrificados no Brasil. Isso demanda um entendimento aprofundado da composição e funcionamento desses veículos, sobretudo frente a possíveis ocorrências de incêndio e os desafios na atuação do combatente bombeiro militar.

2.2 O QUE SÃO VEÍCULOS ELETRIFICADOS?

Veículos eletrificados são automóveis que utilizam propulsão elétrica para se locomover. Eles são equipados com um motor elétrico e uma bateria recarregável, que armazena a energia necessária para o funcionamento do veículo. Esse sistema também pode funcionar em conjunto com um motor à combustão, dando origem aos veículos híbridos.

Nesse sentido, veículos eletrificados são todos aqueles que utilizam motor elétrico, em parte ou totalmente, para propulsão. O combustível dos veículos eletrificados é a eletricidade, que pode ser obtida por meio de *plugs*, indução eletromagnética, célula de hidrogênio ou por meio da energia mecânica de frenagem (frenagem regenerativa, ao se frear o veículo). A eletricidade captada é armazenada em baterias químicas que alimentam o motor elétrico (Delgado, et al., 2017, p. 15).

Ao contrário do que muitos pensam, os veículos eletrificados não são uma inovação tecnológica recente. No início da história dos automóveis eles dominaram parcela significativa do mercado. Os primeiros carros elétricos remontam ao ano de 1830, quando Robert Anderson criou o protótipo de uma carruagem movida a eletricidade. Anos depois, já em 1884, Thomas Parker criou o primeiro carro elétrico com produção em massa (Kubanski, 2020, p. 111).

Entretanto, a introdução de motores de arranque elétricos, os baixos preços dos combustíveis e o desenvolvimento da tecnologia, deram aos veículos movidos à combustão grande vantagem sobre os elétricos, tornando-os mais fáceis de usar, mais leves e mais rápidos. Isso levou ao quase desaparecimento dos veículos eletrificados do mercado automobilístico.

No final dos anos 1980, imbuídos pela utilização de fontes de energia alternativa e desenvolvimento de novas tecnologias de transportes, as atenções novamente se voltaram para os veículos eletrificados, com incentivos na publicação de diversas normas.

O ponto de partida ocorreu com normas publicadas pela *California Air Resources Board* – *Carb* no ano de 1990, órgão de governo responsável por monitorar a qualidade do ar no Estado da Califórnia, ocasião que foram definidas cotas de vendas de veículos com emissão zero, de 2% em 1998, 5% em 2001 e 10% em 2003 (Baran; Legey, 2011, p. 216).

Essa tendência foi seguida por vários países que publicaram normas estimulando a produção de veículos eletrificados. A partir daí, verificou-se grande crescimento nesse segmento do mercado automobilístico, com o surgimento de várias fábricas, e na produção e venda de vários tipos de veículos eletrificados.

Nessa linha, a Associação Brasileira de Veículos Elétricos (ABVE) considera como veículos eletrificados todas as tecnologias disponíveis no mercado brasileiro com algum grau significativo de eletrificação, podendo ser classificados em: BEV (*Battery Electric Vehicle*); PHEV (*Plug-in Hybrid Electric Vehicle*); HEV (*Hybrid Electric Vehicle*); e FCEV (*Fuel Cell Electric Vehicles*).

Figura 2 - Diferentes tipos de veículos eletrificados



Fonte: AEA, 2023.

Como observado, a categoria dos veículos eletrificados é diversificada, com variações de acordo com as tecnologias empregadas, sobretudo as fontes de energia utilizadas. Embora mantenha o mesmo princípio de funcionamento dos primeiros lançamentos, os motores

elétricos de hoje contam com uma expressiva quantidade de tecnologia digital embarcada, e inovação quanto às fontes de energia, a exemplo das baterias íon-lítio.

O presente trabalho restringir-se-á aos veículos eletrificados leves, os chamados veículos de passeio, utilizados para o transporte de pessoas. Ainda existem os chamados veículos eletrificados pesados, que normalmente são empregados para o transporte de carga, a exemplo dos ônibus e caminhões.

2.3 COMO IDENTIFICAR OS VEÍCULOS ELETRIFICADOS?

Mas como identificar os veículos eletrificados? Pensando numa ocorrência de incêndio, por razões de ordem prática, é de suma importância saber diferenciá-los. Esse tipo de veículo envolve riscos particulares, que se convertem em vários desafios na atuação do bombeiro militar.

Em primeiro estágio, são formas de identificação simples e rápida, a busca de informações com o proprietário e/ou no documento do veículo. Também pode-se realizar uma vistoria externa, a ausência de escapamento ou barulho do veículo é um bom indicativo de sua eletrificação.

Além disso, não obstante manter as mesmas formas dos veículos convencionais, os eletrificados possuem marcas internas e externas características, distribuídas na tampa do motor, baterias, colunas, painéis e lataria do veículo. O principal deles é o *QR code* que permite o conhecimento da ficha de resgate do veículo, com instruções para desligamento de baterias, desativação de *airbags*, realização de cortes e reboque.

Figura 3 - Identificação de BVE



Fonte: Hyundai, 2025.

Essas informações podem também ser obtidas por meio de aplicativos, criados para reunir informações individualizadas dos veículos, com informações fornecidas pelas fabricantes. Em última análise, funciona com um guia prático para atuação do bombeiro militar.

Os mais conhecidos na área de salvamento veicular são *Rescue Sheet Brasil*, *Rescue Code* e *Euro Rescue*.

Em abono, também podem ser indicativos a arquitetura eletroeletrônica dos veículos eletrificados, composta por cabos de alta tensão, geralmente na cor laranja, conectores, centrais de controle e sistemas de recarga das baterias, que podem ser desligados manualmente.

Figura 4 - Cabos de alta tensão nos VEs



Fonte: LENZ, André Luis, 2012.

Ademais, um exemplo a ser seguido no Brasil, é a forma de identificação de veículos eletrificados na Noruega. As placas norueguesas de veículos totalmente elétricos têm os prefixos "EL", "EK", "EV" ou "EB". Isso permite a rápida visualização e identificação, facilitando a atuação do bombeiro militar (Clima Info, 2025, n.p.).

Como se verifica, os veículos eletrificados podem ser identificados de várias formas. Conhecer cada uma delas é de fundamental importância para o sucesso em uma eventual ocorrência de incêndio, minimizando riscos às guarnições e as vítimas, e combatendo o sinistro de forma efetiva.

2.4 POR QUE OS VEÍCULOS ELETRIFICADOS SÃO POTENCIALMENTE PERIGOSOS?

Muitos acreditam que a produção dos veículos eletrificados é extremamente complexa, com utilização de tecnologias não vistas na confecção dos veículos tradicionais, e que isso justificaria seus custos elevados.

No entanto, pouco se diferenciam dos veículos convencionais em suas linhas de produção. Não raras vezes os veículos eletrificados utilizam da mesma linha de montagem dos movidos a combustão. Apenas em dois momentos há distinção, quando da montagem do tanque de combustível, que no caso do elétrico ocorre o acoplamento do conjunto de baterias ao

assoalho do carro, e na inserção do motor, já que o eletrificado dispõe de motor elétrico. Os processos de estamparia, solda, pintura e montagem são idênticos (Félix, 2018, n.p.).

O que, de fato, desencadeia custos elevados nos veículos eletrificados são as baterias, em maior número e tamanho, e é justamente isso que os torna potencialmente perigosos.

Tanto os veículos à combustão quanto os eletrificados possuem baterias, entretanto suas funções e composição são bastante distintas. No caso dos primeiros, quando estão desligados, as baterias são responsáveis pela ignição e funcionamento dos faróis, limpadores de para-brisa, ar-condicionado, dentre outros. Após a partida, o alternador passa a carregar a bateria e essas funções passam a ser exercidas pelo motor. Já nos veículos à propulsão elétrica as baterias são responsáveis por tudo que acontece no veículo (Jou, 2019, p. 132).

A energia armazenada nas baterias é obtida pelo carregamento em tomadas externas, ou por células de combustível, que combinam oxigênio do ar e hidrogênio para produção de eletricidade. O motor elétrico também pode funcionar como fonte de energia em momentos de desaceleração, através da frenagem regenerativa. Essa tecnologia permite a recuperação da energia que seria perdida em forma de calor nas pastilhas de freio.

Ainda que exista no mercado automobilístico diversas composições químicas que alimentam as baterias utilizadas nos veículos, a exemplo da NiMH (Níquel-hidreto metálico), Zebra (*Zeolite Battery Research Africa Project*) e versões avançadas das tradicionais baterias PbA de chumbo-ácido como PbA-EFB (*Enhanced Flooded Battery*) e PbA-VRLA (*Valve Regulated Lead Acid Batteries*), o tipo mais comum utilizado em carros elétricos são as baterias de íon-lítio, também utilizada em celulares, *tablets* e computadores modernos (Rodriguez; Consoni, 2020, p. 4).

Sua ampla utilização se deve a ótima relação peso/eficiência energética, ciclo de vida e taxa de sobrecarga baixa, em comparação com as baterias chumbo-ácido e níquel-cádmio, frequentemente utilizadas nos veículos convencionais.

As baterias de íon-lítio se dividem em várias categorias. Isso porque há diferentes aplicações e composições químicas para os cátodos e ânodos, entre elas, para os cátodos estão: óxido de lítio -cobalto; Lítio-manganês spinel; Fosfato de ferro-lítio; Lítio-níquel-manganês-cobalto; Lítio-níquel-cobalto-alumínio, para os ânodos, o principal material é o grafite (Rodriguez; Consoni, 2020, p. 4).

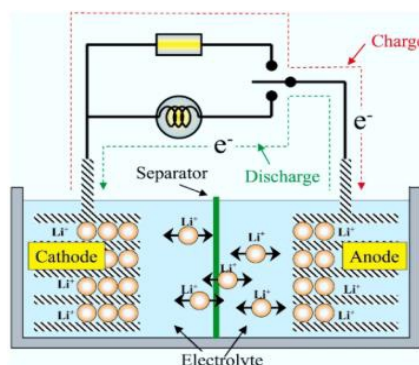
O funcionamento das baterias em geral se dá, normalmente, por meio de uma reação química de oxidação-redução. A bateria, como um acumulador que é, transforma a energia química em energia elétrica e vice-versa, através do polo negativo denominado ânodo, onde ocorre a

oxidação, e do polo positivo denominado cátodo, onde ocorre a redução. Os elétrons saem do ânodo em direção ao cátodo, gerando a energia elétrica.

As baterias de íon-lítio apresentam algumas diferenciações. É composta pelo cátodo, ânodo, eletrólito, filme separador, invólucro de alumínio e válvula de segurança. Embora mantenha o mesmo princípio de funcionamento, nas baterias de íon-lítio ocorrem reações químicas de intercalação (os íons de lítio não se degradam quimicamente dentro dos eletrodos formando novos compostos, como acontece nas baterias de chumbo-ácido). No estado totalmente carregado (*charge*), o íon de lítio é incorporado ao material do ânodo e no estado totalmente descarregado, o íon de lítio é redefinido no material do cátodo (*discharge*) (HUANG, et. al, 2015, p. 9).

É justamente esse processo que torna as baterias de íons de lítio inerentemente perigosas.

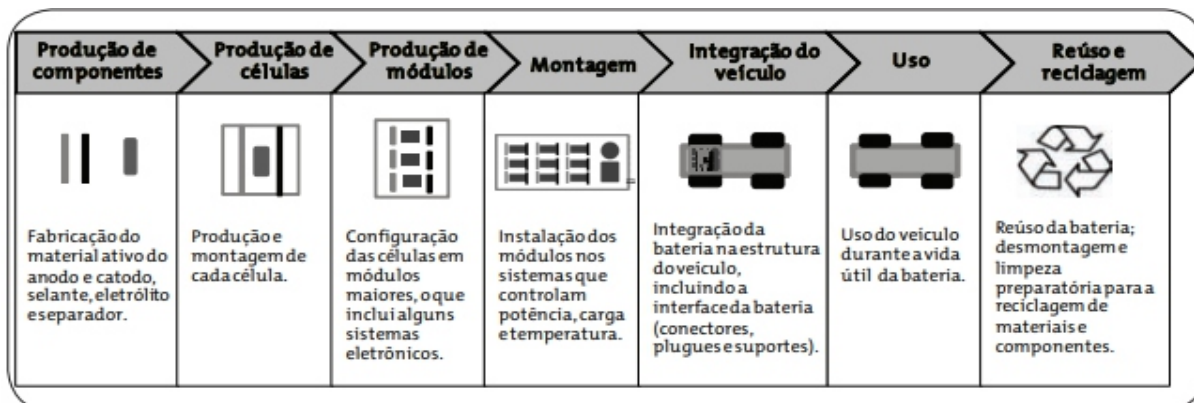
Figura 5 - Princípio de funcionamento de uma bateria de íons de lítio



Fonte: HUANG, et. al, 2015.

Os íons de lítio são transferidos por meio do eletrólito, e juntam-se aos materiais do ânodo e do cátodo. Esse processo ocorre no interior de células, que são agrupadas em módulos, depois em pacotes, que variam em sua forma de acordo com o modelo do veículo.

Figura 6 - Cadeia de valor para baterias de veículos eletrificados



Fonte: Traduzido de Dinger et al. (2010) *apud* (CASTRO, BARROS, VEIGA, 2013)

Entretanto, essas reações podem ocorrer de forma anormal, o que pode resultar no fenômeno da fuga térmica, responsável pela grande maioria dos incêndios em veículos eletrificados.

O aumento da temperatura desencadeada por abuso mecânico, elétrico e/ou térmico gera processos químicos e físicos complexos, com a decomposição dos materiais do ânodo e cátodo e a queima de alguns deles. Essas reações químicas geram ainda mais calor, criando um ciclo descontrolado de aquecimento, resultando em ejeção de faíscas e gases inflamáveis e até explosões.

Isso leva a um processo de queima contínua a altas temperaturas. O fogo passa para as outras células até que se tenha uma queima generalizada. Há formação de um cenário extremo e desafiador, com vários riscos para as vítimas, pessoas que estão no entorno da ocorrência e para a própria atuação do bombeiro militar.

Sob esse olhar, desponta como principal preocupação a segurança e a operação das baterias, em especial quando as células são interligadas em série e/ou em paralelo. Os componentes internos operam em uma faixa definida de tensão, e caso os limites sejam ultrapassados, podem ocorrer reações exotérmicas, culminando na explosão e queima da bateria à altas temperaturas (Castro; Barros; Veiga, 2013, p. 459).

Por isso, pode ser extremamente difícil para os bombeiros resfriá-las, em razão das altas temperaturas atingidas. Além disso, as baterias dos veículos eletrificados funcionam como sua própria fonte de combustível, composta de inúmeras células, por isso elas podem queimar por horas, bem como recomeçar por reigitação espontânea, em razão do fornecimento contínuo de energia.

Algumas empresas líderes mundiais no segmento de baterias, como a *Contemporary Amperex Technology Co Ltd.*, mais conhecida como CATL, e a *Build Your Dreams*, conhecida pela sigla BYD, têm buscado tecnologias que inibem a ocorrência de incêndios. A BYD, por exemplo, desenvolveu a BYD Blade, feita de fosfato de ferro-lítio (LFP) que promete ser a prova de fogo (Donett, 2025, n.p.; Autoesporte, 2024, n.p.).

Entretanto, as tecnologias de correção ainda são incipientes no mercado e estão em fase de desenvolvimento. À vista disso, observa-se um grande risco de incêndio em veículos eletrificados, resultante de abuso mecânico, elétrico e/ou térmico, mormente face a uma colisão.

A ausência de meios de combate eficazes traz inúmeros desafios ao Corpo de Bombeiros Militar, principal órgão responsável pelo combate a incêndios em veículos, o que justifica a necessidade de pesquisas e preparo para atuação nesse tipo de ocorrência.

2.5 RESULTADO E DISCUSSÕES

Várias são as ocorrências de incêndios em veículos eletrificados ao redor do mundo, iniciados por ignição espontânea ou por acidentes graves. Em todos os casos, compreender o tema e desenvolver formas efetivas de combate engloba diversos desafios para a atuação do bombeiro militar.

Um caso recente ocorreu no mês de fevereiro de 2025 num condomínio na cidade de Presidente Prudente/SP, envolvendo um veículo híbrido. Na ocasião, o automóvel entrou em combustão espontânea no interior de uma garagem (Silva, 2025, n.p.).

Casos ainda mais graves foram registrados no exterior. Em agosto de 2024, um incêndio iniciado por um veículo elétrico em Lisboa (Portugal) se espalhou por um estacionamento, destruindo 200 automóveis. No mesmo mês, em Seul (Coreia do Sul), outro incêndio provocado por um veículo elétrico em um edifício durou oito horas, consumindo 140 veículos e resultando na hospitalização de 23 pessoas por inalação de fumaça, entre moradores e bombeiros (Lira, 2024, n.p.).

No âmbito interno, precisamente no Estado de Mato Grosso, em que pese não haver um banco de dados sobre ocorrências de incêndio em veículos eletrificados, há notícia de dois casos, ocorridos em Lucas do Rio Verde e Rondonópolis. Em ambos os casos o veículo sinistrado foi um modelo XC60, Volvo (Campos, 2023, n.p.).

Segundo um estudo desenvolvido por analistas da AutoInsurance (Kuhl, 2024, n.p.), empresa que compila dados de seguradora dos Estados Unidos, veículos híbridos estavam envolvidos em cerca de 3.475 incêndios a cada 100.000 vendidos, carros movidos a gasolina, cerca de 1.530, e veículos 100% elétricos (VEs) 25 incêndios a cada 100.000 vendidos. O maior risco de incêndio fica com os veículos híbridos.

No que tange às causas dos incêndios em veículos eletrificados, verificaram-se estarem todos relacionados a problemas de bateria. Conforme visto anteriormente, é justamente isso que os torna notadamente perigosos.

O emprego de equipamentos e técnicas convencionais muitas vezes não são suficientes para erradicar o incêndio numa bateria de forma rápida e efetiva, que pode consumir todo o veículo e se alastrar para outros meios, inclusive veículos que estão próximos. Dessa forma,

surgem inúmeros desafios no combate realizado pelos bombeiros militares nas diversas fases da ocorrência, quais sejam, a de pré-socorro, durante o socorro e pós-socorro.

Na fase do pré-socorro, os desafios perpassam pela aquisição de materiais de combate e, quando da chegada na ocorrência, pela identificação do veículo.

Em que pese as tecnologias modernas empregadas nas baterias, ainda há carência de materiais que permite o combate rápido e efetivo a incêndios em veículos eletrificados. São necessários, além dos materiais comumente utilizados (mangueiras, esguichos, conectores, Equipamentos de Proteção Individual - EPI, e Equipamentos de Proteção Respiratória - EPR), câmeras térmicas, extintores de incêndio em baterias, *containers*, dentre outros.

Nesse ponto, convém mencionar uma gama de materiais disponibilizados no mercado nacional direcionados a este fim, como manta corta fogo, aerossóis, revestimento tecnológico e pistola de fogo EV⁴, com testes realizados de acordo com normas internacionais (ISO e NFPA), segundo o fabricante, mas sem notícia de registro em órgãos nacionais.

Em seguimento, outro desafio é a identificação dos veículos eletrificados. Isso pode ser feito por informações colhidas do proprietário, marcas externas, cabeamentos, mecânica interna, assim como por aplicativos criados para esse fim, conforme visto anteriormente.

No que tange a fase do socorro, os desafios estão ligados às técnicas e táticas utilizadas. A utilização dos meios tradicionais, muitas vezes, não é capaz de extinguir as chamas. O emprego de linhas de combate com névoa de água, principal agente extintor utilizado em incêndios veiculares, o chamado jato neblinado, demanda horas de trabalho e, em alguns casos, não é capaz de extinguir o incêndio, mormente quando presente o fenômeno da fuga térmica.

Em estudo divulgado recentemente (Zhao, et al., 2024, n.p.), cientistas realizaram um experimento de incêndio em veículos eletrificados em grande escala causado por fuga térmica para investigar estratégias de resposta. Na ocasião, foram analisadas as capacidades de supressão de cobertores de fogo, *spray* de água e espuma de ar comprimido.

Ante o fenômeno da fuga térmica da bateria, as duas primárias não foram capazes de extinguir as chamas de forma definitiva, embora tenham permitido a redução drástica da temperatura. Quando da retirada do cobertor de fogo houve a reiguição. Apenas a espuma de ar comprimido, quando utilizada conjuntamente com a névoa de água por longo período, foram capazes de extinguir o incêndio.

Acerca disso, segundo documento divulgado pela *National Fire Protection Association* (NFPA) sobre melhores práticas para resposta de emergência a incidentes envolvendo riscos de

⁴ Fire Isolation, Disponível em: <https://fireisolator.com/products/>.

baterias de veículos eletrificados (Long, et.al., 2013, p. 189), é necessário grande volume de água para extinguir incêndios em veículos eletrificados.

Isso porque as chamas se alastram pelas células do veículo, de forma progressiva ou instantânea, a depender do mecanismo de ignição, em queima contínua a altas temperaturas, o que pode levar horas ou até dias para ser consumido todo o material combustível. Ademais, o posicionamento das baterias no assoalho do veículo dificulta o combate e facilita a ocorrência de um incêndio generalizado.

Aqui, é importante mencionar técnicas ventiladas sobre o tema. Uma delas é a completa imersão do veículo em meio aquoso, com emprego de *containers*. O processo é feito logo depois de extinto o incêndio e impede o contato entre o oxigênio do ar atmosférico e a bateria (Ribeiro, 2021, n.p.).

No entanto, essa técnica parece de difícil concretização, em razão do deslocamento dos aparatos até o veículo ou vice-versa.

Também há discussão sobre injeção de água no interior da bateria. Do mesmo modo, essa técnica se esbarra nas altas temperaturas atingidas durante a combustão, possibilidade de explosão, e no risco ao bombeiro militar.

Nos últimos meses, tem havido um grande esforço dos Corpos de Bombeiros em trazer táticas e técnicas no combate a veículos eletrificados. Alguns estudos estão em estágio avançado e já foram submetidos à aprovação em órgãos competentes⁵. Os princípios de combate adotados residem no isolamento e resfriamento contínuo até a extinção do incêndio.

Em relação aos desafios na fase do pós-socorro, cita-se a possibilidade de reignição do incêndio durante o reboque do veículo e no local de armazenagem, o que leva a necessidade de isolamento do veículo no pós-ocorrência. Isso se deve ao calor residual armazenado nas baterias.

Incidente nesse sentido ocorreu no mês de fevereiro de 2025, na cidade de Juiz de Fora/MG, ocasião que o Corpo de Bombeiros foi novamente acionado para atender uma ocorrência de incêndio num Caoa Chery iCar que pegou fogo novamente horas depois do primeiro sinistro, quando armazenado em um ferro-velho, iniciando um incêndio de grandes proporções queimando 16 carros e carcaças (Gomes, 2025, n.p.).

⁵ Militares do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal desenvolveram um guia de atuação com técnicas e táticas aplicadas à ocorrência de incêndios em veículos elétricos, que está em fase de registro perante a Academia Brasileira de Normas Técnicas. Segue referência: MONTALVÃO, Rubens Bezerra Lima de. *Combate a incêndios em veículos elétricos e veículos elétricos híbridos*. CBMDF, Brasília, 2023.

Em abono, deve-se destacar a subnotificação e a ausência de um banco de dados no Brasil sobre a ocorrência de incêndio em veículos eletrificados. Nessa perspectiva, é importante criar sistemas integrados entre os órgãos que atuam na cadeia de vida desses veículos, de forma a solucionar os desafios que ainda persistem no combate a incêndios.

À vista disso, com a finalidade de garantir a segurança do bombeiro militar que atuará em uma ocorrência dessa natureza, como também o combate rápido e efetivo de forma a garantir a menor quantidade de danos possíveis, faz-se necessário mais pesquisas e testes, por parte dos fabricantes, com diretrizes sobre materiais e forma eficazes de combate, e do Corpo de Bombeiros, com aquisição de materiais e aprimoramento de técnicas e táticas de combate com treinamento contínuo dos militares.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da análise dos desafios no combate a incêndios em veículos eletrificados leves verificam-se gargalos que dificultam a atuação do bombeiro militar nesse tipo de ocorrência.

Conforme observado, os veículos eletrificados são potencialmente perigosos em razão dos riscos inerentes à fonte de energia, as baterias. O fenômeno da fuga térmica é o principal vilão desse processo, o que gera vários desafios a serem superados numa eventual ocorrência de incêndio.

Na fase do pré-socorro, os desafios consistem na aquisição de materiais e na identificação do veículo. O uso da tecnologia, mais especificamente os aplicativos direcionados à identificação de veículos, é um dos maiores aliados dos bombeiros militares nesse momento.

Durante a ocorrência, os desafios estão ligados às táticas e técnicas utilizadas. Os procedimentos utilizados atualmente não são capazes de extinguir com rapidez e efetividade ocorrências de incêndio em veículos eletrificados. São necessárias a criação de novas tecnologias de prevenção de incêndio em baterias e instruções de combate por parte dos fabricantes aos bombeiros militares.

Ademais, na fase do pós ocorrência, os desafios estão ligados ao risco de ignição, tanto no transporte quanto no armazenamento. É necessário o isolamento do veículo sinistrado.

Assim, conclui-se que há inúmeros desafios no combate a incêndio em veículos eletrificados leves, o que urge novos estudos para criação de soluções rápidas e eficazes, bem como aprimoramento dos sistemas sobretudo do Corpo de Bombeiros Militar para coleta de dados desse tipo de ocorrência.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA (AIE). **Perspectivas globais de veículos elétricos**. Global EV Outlook, Paris, abr. 2024. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024>. Acesso em: 23 fev. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO VEÍCULO ELÉTRICO (ABVE). **Geografia da eletromobilidade**. Disponível em: <https://abve.org.br/bi-geografia-da-eletromobilidade/#>. Acesso em 23 fev. 2025.

_____. **ABVE aprimora classificação dos veículos eletrificados a partir de janeiro; veja os números**. Disponível em: <https://abve.org.br/abve-aprimora-classificacao-dos-eletrificados-a-partir-de-janeiro-veja-os-numeros/>. Acesso em 23 fev. 2025.

Associação Brasileira de Engenharia Automotiva (AEA). Cartilha: **Eletromobilidade - veículos eletrificados**. 1ª ed. 2023. Disponível em: https://www.aea.org.br/home/wp-content/uploads/2024/05/cartilha_eletromobilidade.pdf. Acesso em: 25 fev. 2025.

AUTOESPORTE. BYD: como funcionam as baterias Blade 'à prova de fogo'. **Autoesporte**, 1 abr. 2024. Disponível em: <https://autoesporte.globo.com/setor-automotivo/inovacao-e-tecnologia-em-automoveis/noticia/2024/04/byd-como-funcionam-as-baterias-blade-a-prova-de-fogo.ghtml>. Acesso em: 05 mar. 2025.

BARAN, Renato; LEGEY, Luiz Fernando Loureiro. Veículos elétricos: história e perspectivas no Brasil. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n.33, p. 207-224, mar. 2011. Disponível em: <http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/1489>. Acesso em 23 fev. 2025.

BERMÚDEZ -RODRÍGUEZ, Tatiana; CONSONI, Flavia Luciane. Uma abordagem da dinâmica do desenvolvimento científico e tecnológico das baterias lítio-íon para veículos elétricos. **Revista Brasileira de Inovação**, Campinas, SP, v. 19, p. e0200014, 2020. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rbi/article/view/8658394>. Acesso em: 02 mar. 2025.

BRASIL. Lei 14.902, de 27 de junho de 2024. **Institui o Programa Mobilidade Verde e Inovação (Programa Mover); altera o Decreto-Lei nº 1.804, de 3 de setembro de 1980; e revoga dispositivos da Lei nº 13.755, de 10 de dezembro de 2018**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/114902.htm. Acesso em 23 de fev. 2025.

CAMPOS, Mayara. Veículo de luxo avaliado em mais de R\$ 300 mil pega fogo na BR-163; veja vídeo. **Olhar Direto**, 13 maio 2025. Disponível em: <https://www.olhardireto.com.br/noticias/exibir.asp?id=523907¬icia=veiculo-de-luxo-avaliado-em-mais-de-r-300-mil-pega-fogo-na-br-163-veja-video&edicao=2>. Acesso em: 14 maio 2025.

CASTRO, Bernardo Hauch Ribeiro de; BARROS, Daniel Chiari; VEIGA, Suzana Gonzaga da. Baterias automotivas: panorama da indústria no Brasil, as novas tecnologias e como os veículos elétricos podem transformar o mercado global. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 37, p. 443-496, mar. 2013. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/1511>. Acesso em: 02 mar. 2025.

CHEN, Haodong; BUSTON, Jonathan E. H.; GILL, Jason; HOWARD, Daniel; WILLIAMS, Rhiannon C. E.; RAO VENDRA, Chandra M.; SHELKE, Ashish; WEN, Jennifer X. An experimental study on thermal runaway characteristics of lithium-ion batteries with high specific energy and prediction of heat release rate. **Journal of Power Sources**, [S.l.], 228585, ISSN 0378-7753, v. 472, October 2020. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378775320308892>. Acesso em: 02 mar. 2025.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Boletim de informação técnico-profissional CETOP nº 17/2020: acidentes veiculares com veículos elétricos e elétricos híbridos**. Brasília: CETOP, 2020. Disponível em:

<https://biblioteca.cbm.df.gov.br/jspui/handle/123456789/327>. Acesso em: 25 fev. 2025.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE MINAS GERAIS. **Instrução Técnica Operacional 34: Salvamento Veicular**. 1. ed. Belo Horizonte: CBMMG, 2023. Disponível em: <https://gto.bombeiros.mg.gov.br/ito-34>. Acesso em: 16 mar. 2025.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. **Manual de Capacitação em Resgate Veicular**. Organizado por Diogo Bahia Losso e Hilton de Souza Zeferino. 2. ed. rev. ampl. Florianópolis: CBMSC, 2019. Disponível em:

<https://www.cbm.sc.gov.br/index.php/artigos/instrucao-e-ensino/biblioteca-do-cbm-sc-2>. Acesso em: 16 mar. 2025.

CLIMA INFO. Noruega pode ser o 1º país do mundo com frota automotiva 100% elétrica.

Clima Info, 16 jan. 2025. Disponível em: <https://climainfo.org.br/2025/01/16/noruega-pode-ser-o-1o-pais-do-mundo-com-frota-automotiva-100-eletrica/>. Acesso em: 14 mar. 2025.

DELGADO, Fernanda; COSTA, José Evaldo Geraldo; FEBRARO, Júlia; SILVA, Tatiana Bruce da. Carros elétricos. Rio de Janeiro: **FGV Energia**, 2017. Disponível em:

<https://fgvenergia.fgv.br/publicacao/caderno-de-carros-eletricos>. Acesso em: 22 mar. 2025.

DONETT, Wandick. Novas baterias duram mais, 'apagam' incêndios e devem revolucionar carros elétricos. **UOL Carros**, 8 janeiro 2025. Disponível em:

<https://www.uol.com.br/carros/noticias/redacao/2025/01/08/novas-baterias-duram-mais-apagam-incendios-e-devem-revolucionar-carros-eletricos.htm>. Acesso em: 02 mar. 2025.

FÉLIX, Leonardo. Fabricar carro elétrico é muito diferente do normal: veja o que muda. **UOL**, 15 jun. 2018. Disponível em:

<https://www.uol.com.br/carros/noticias/redacao/2018/06/15/fabricar-carro-eletrico-e-muito-diferente-de-um-normal-veja-o-que-muda.htm>. Acesso em: 02 mar. 2025.

GOMES, Lucas. Carro elétrico pega fogo duas vezes em 24h e destrói veículos em ferro-velho na BR-040. **O Tempo**, Belo Horizonte, 16 fev. 2025. Disponível em:

<https://www.otempo.com.br/cidades/2025/2/16/carro-eletrico-pega-fogo-duas-vezes-em-24h-e-destrói-veiculos-em-ferro-velho-na-br-040>. Acesso em: 16 mar. 2025.

HYUNDAI. **Folhas de Resgate**. Disponível em: <https://www.hyundai.com/pt/driving-hyundai/information/rescue-sheets.html>. Acesso em: 25 fev. 2025.

HUANG, P., WANG, Q., LI, K. *et al.* O comportamento de combustão de bateria de titanato de lítio em larga escala. **Scientific Reports**, [S.l.], v. 5, n. 7788, p. 1-7, janeiro de 2015. <https://doi.org/10.1038/srep07788>. Acesso em: 02 mar. 2025.

JOU, Jia Shan Suzin. Carros elétricos: um futuro presente. **Revista Resgates**, São Paulo, n. 9, p. 125-146, dez. 2019. <https://static1.squarespace.com/static/637bb31bc82d6a0e64a33d3d/t/64a34d685634df7f34c65a3b/1722006373009/stockler-2019-revista-resgates.pdf#page=125> <https://stockler.com.br/publicacoes>. Acesso em: 02 mar. 2025.

KUBAŃSKI, M. Prospects for the Use of Electric Vehicles in Public Transport on the Example of the City of Czechowice-Dziedzice. **Transportation Research Procedia**, Volume 44, Pages 110-114, ISSN 2352-1465, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.02.016>. Acesso em: 23 fev 2025.

KUHL, Laura. Gas vs. Electric Car Fires in 2025 (Shocking Stats). **AutoinsuranceEZ**, [s.l.], 2024. Disponível em: <https://www.autoinsurancenez.com/gas-vs-electric-car-fires/>. Acesso em: 23 mar. 2025.

LENZ, André Luis. Carros Elétricos - Um Pouco Além da Bateria!. **Blog: Veículos Elétricos - Os Carros Verdes** - Emissão "Zero" de Carbono - Tecnologias e Empreendimentos, São Paulo, 28 de julho de 2012. Disponível em: <https://automoveiseletricos.blogspot.com/search/label/cabeamento%20de%20VE>. Acesso em: 25 fev. 2025.

LONG Jr., R. Thomas; BLUM, Andrew F.; BRESS, Thomas J.; COTTS, Benjamin R.T. Best Practices for Emergency Response to Incidents Involving Electric Vehicles Battery Hazards: A Report on Full-Scale Testing Results. Quincy, MA: **Fire Protection Research Foundation**, 2013. Disponível em: <http://tkolb.net/FireReports/2014/EV%20BatteriesPart1.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2025.

LIRA, Cauê. Carro elétrico tem mais chance de pegar fogo que a combustão? Estudo mostra. **Autoesporte**, 28 out. 2024. Disponível em: <https://autoesporte.globo.com/carros/carros-eletricos-e-hibridos/noticia/2024/10/carro-eletrico-risco-incendio-combustao.ghtml>. Acesso em: 16 mar. 2025.

MERCEDES BENZ AG. Guia para serviços de transporte de veículos de passageiros com acionamento elétrico. **Estugarda: Mercedes Benz AG**, 2022. Disponível em: https://rk.mb-gr.com/static/pdf/guidelines_towing/AundB_de-por-PT.45eee6a091ee.pdf. Acesso em: 25 fev. 2025.

MOLITERNO, Danilo. Montadoras prometem investir R\$ 95 bi no Brasil instigados por competição chinesa e programa do governo. **CNN**, São Paulo, 06 de mar. 2024. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/macroeconomia/montadoras-prometem-investir-95-bi-no-brasil-instigados-por-competicao-chinesa-e-programa-do-governo/>. Acesso em: 23 fev. 2025.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. Acordo de Paris sobre o Clima. **Nações Unidas Brasil**, 11 dez. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/88191-acordo-de-paris-sobre-o-clima>. Acesso em: 02 mar. 2025.

RIBEIRO, Rodrigo. Por que bombeiros estão mergulhando carros eletrificados em tanques de água? **Autoesporte**, 25 ago. 2021. Disponível em: <https://autoesporte.globo.com/curiosidades/noticia/2021/08/por-que-bombeiros-estao-mergulhando-carros-eletrificados-em-tanques.ghtml>. Acesso em: 23 mar. 2025.

SBT Brasil. **Carros elétricos já representam 7% da frota no Brasil e batem recorde de vendas**. São Paulo, 12 de jan. 2025. <https://sbtnews.sbt.com.br/noticia/economia/carros-eletricos-ja-representam-7-da-frota-no-brasil-e-batem-recorde-de-vendas>. Acesso em: 23 fev. 2025.

SILVA, Yasmin. Veículo híbrido pega fogo enquanto carregava em garagem de condomínio em Presidente Prudente. **G1**, 27 fev. 2025. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/presidente-prudente-regiao/noticia/2025/02/27/veiculo-hibrido-pegafogo-enquanto-carregava-em-garagem-de-condominio-em-presidente-prudente.ghtml>. Acesso em: 14 mar. 2025.

ZHAO, Chenxi; HU, Wenhao; MENG, Di; MI, Wenzhong; WANG, Xuehui; WANG, Jian. Full-scale experimental study of the characteristics of electric vehicle fires process and response measures. **Case Studies in Thermal Engineering**, [s.l.], ISSN 2214-157X, p. 103889, v. 53, janeiro 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214157X23011954>. Acesso em: 16 mar. 2025.