



**SECRETARIA DE SEGURANÇA PÚBLICA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS – UEG
COORDENADORIA DE ENSINO
COORDENAÇÃO DE ENSINO PRESENCIAL E DE PÓS-GRADUAÇÃO
ESPECIALIZAÇÃO EM GERENCIAMENTO DE SEGURANÇA PÚBLICA**

VILMAR TEIXEIRA DE ANDRADE

**ANÁLISE DOS DESAFIOS DO CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO
DE GOIÁS NAS OPERAÇÕES DE COMBATE A INCÊNDIO EM VEÍCULOS
RODOVIÁRIOS FRENTE AO CENÁRIO DA ELETROMOBILIDADE**

GOIÂNIA-GO

2024



VILMAR TEIXEIRA DE ANDRADE

**ANÁLISE DOS DESAFIOS DO CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO
DE GOIÁS NAS OPERAÇÕES DE COMBATE A INCÊNDIO EM VEÍCULOS
RODOVIÁRIOS FRENTE AO CENÁRIO DA ELETROMOBILIDADE**

Artigo Científico apresentado como exigência para conclusão do Curso de Especialização em Gerenciamento de Segurança Pública (CEGESP) pela Secretaria de Segurança Pública de Goiás e a Universidade do Estado de Goiás, sob a orientação do Prof. Dr. Licurgo Borges Winck.

GOIÂNIA-GO

2024

ANÁLISE DOS DESAFIOS DO CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE GOIÁS NAS OPERAÇÕES DE COMBATE A INCÊNDIO EM VEÍCULOS RODOVIÁRIOS FRENTE AO CENÁRIO DA ELETROMOBILIDADE

ANALYSIS OF THE CHALLENGES OF THE MILITARY FIRE DEPARTMENT OF THE STATE OF GOIÁS IN FIRE-FIGHTING OPERATIONS IN ROAD VEHICLES IN FRONT OF THE ELECTROMOBILITY SCENARIO

Vilmar Teixeira de Andrade*
Prof. Dr. Licurgo Borges Winck**

Resumo: Os veículos elétricos vêm movimentando o mercado global e alavancando a eletromobilidade. A transição energética para combustíveis renováveis é tendência mundial. À medida que os veículos elétricos em circulação aumentam, ocorrências os envolvendo se tornarão recorrentes. Os Corpos de Bombeiros são legalmente responsáveis pela prevenção e combate a incêndios. Atualmente não há doutrina no Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás para o combate a incêndios em veículos elétricos. Objetivou-se conhecer características e particularidades dos incêndios em veículos rodoviários elétricos visando aprimoramento operacional. Para isso, buscou-se identificar as categorias de veículos elétricos, discorrer sobre as baterias de íons de lítio e os riscos que as envolvem e analisar as melhores práticas para extinção de incêndios nesse cenário. Foi desenvolvida uma pesquisa de natureza aplicada, exploratória-descritiva, mediante revisão bibliográfica e pesquisa documental, do ponto de vista qualitativo. Entrevistou-se um engenheiro de segurança e um professor de mecânica automotiva. A pesquisa revelou que as baterias de íons de lítio são protagonistas dos incêndios veiculares, por desencadear ou intensificarem os incêndios quando sujeitas ao processo de fuga térmica e, além do risco de choque elétrico, podem provocar a reignição do incêndio, caso o descontrole térmico persista, carecendo de monitoramento após a extinção e garantir distanciamento mínimo de 15 metros nos pátios de armazenamento. A água continua sendo o principal agente extintor, exigindo-se grandes volumes se uma bateria de alta tensão for envolvida. A disseminação desses conhecimentos e a adequação de procedimentos operacionais são necessários para atuações efetivas e seguras no combate a incêndio veicular.

Palavras-chave: Veículo Elétrico; Incêndio; Bateria de Íons de Lítio; Fuga Térmica.

Abstract: Electric vehicles have been driving the global market and leveraging electromobility. The energy transition to renewable fuels is a global trend. As the number of electric vehicles in circulation increases, incidents involving them will become recurrent. Fire Departments are legally responsible for preventing and fighting fires. There is currently no doctrine in the Military Fire Department of the State of Goiás for fighting fires in electric vehicles. The objective was to understand the characteristics and particularities of fires in electric road vehicles with a view to operational improvement. To this end, we sought to identify the categories of electric vehicles, discuss lithium-ion batteries and the risks involved and analyze the best practices for extinguishing fires in this scenario. An applied, exploratory-

* Capitão do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, Especialista em Operações de Combate a Incêndio Urbano (CBMGO). Especializando em Gerenciamento de Segurança Pública (SSP-GO/UEG). E-mail: andrademilitar@gmail.com.

** Capitão do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, Tecnólogo em Eletromecânica, Mestre e Doutor em Ciências Mecânicas (UNB) e Especialista em Mergulho Autônomo (CBMGO). Orientador do Curso de Especialização em Gerenciamento de Segurança Pública (SSP-GO/UEG). E-mail: licurgo2006@gmail.com.

descriptive research was developed through bibliographic review and documentary research, from a qualitative point of view. A safety engineer and an automotive mechanics professor were interviewed. The research revealed that lithium ion batteries are the protagonists of vehicle fires, as they trigger or intensify fires when subjected to the thermal runaway process and, in addition to the risk of electric shock, they can cause the fire to reignite if the thermal runaway persists, requiring monitoring after extinction and ensuring a minimum distance of 15 meters in storage yards. Water remains the main extinguishing agent, requiring large volumes if a high voltage battery is involved. The dissemination of this knowledge and the adaptation of operational procedures are necessary for effective and safe actions in combating vehicle fires.

Keywords: Electric Vehicle; Fire; Lithium Ion Battery; Thermal Leakage.

1 INTRODUÇÃO

Esforços globais para mitigar os problemas relacionados à emissão de gases poluentes, provenientes dos veículos propulsionados por diesel ou gasolina, têm sido feitos visando proceder a transição energética do setor automotivo mediante a implementação dos veículos elétricos como estratégia para a descarbonização, principalmente por tratar-se do setor que, proporcionalmente, mais emite poluentes (Moreira, 2023).

Esse cenário de estímulo à eletrificação dos veículos está diretamente interligado com o desenvolvimento das baterias, que com os avanços tecnológicos vem apresentando maior eficiência energética, maior capacidade de armazenamento e maior vida útil, com custos menores. Destacando-se as baterias de íons de lítio como a principal fonte energética, amplamente empregadas em dispositivos eletrônicos de uso comum, como aparelhos celulares, *tablets* e *notebooks*, e que, atualmente, alimentam os veículos elétricos.

No Brasil, seguindo a tendência mundial da eletromobilidade, verifica-se o surgimento de políticas de estímulo aos veículos elétricos, como é o caso de isenção ou redução da alíquota do Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA) para veículos elétricos ou híbridos, aplicadas por alguns Estados (Moreira, 2023). Nesse contexto de ações governamentais, o Governo Federal lançou o Programa ROTA 2030 – Mobilidade e Logística, como estratégia para desenvolvimento do setor automotivo nacional, em consonância com o setor automotivo mundial (Brasil, 2020).

De acordo com a *International Energy Agency* (IEA, 2023), o mercado mundial de carros elétricos vem registrando crescimento exponencial, ultrapassando a marca de 10 milhões de veículos vendidos, representando 14% do total de veículos comercializados no mundo em 2022. Destacando-se a China como a líder mundial de vendas.

Embora os custos de aquisição sejam mais elevados, quando comparados aos veículos convencionais, e a infraestrutura de carregamento incipiente no território brasileiro, segundo a Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE), foram emplacados no Brasil 93.927 veículos leves eletrificados no ano de 2023, batendo todas as previsões, apresentando um crescimento de 91% em relação às vendas de 2022, que totalizaram 49.245 veículos (ABVE, 2024a). E, apesar dos efeitos das novas alíquotas do imposto de importação, aumentando a carga tributária sobre os veículos elétricos e híbridos importados a partir de 1º de janeiro de 2024, as vendas de veículos eletrificados leves em janeiro totalizaram 12.026 veículos novos, um aumento de 167,1% em relação ao mesmo período de 2023 (ABVE, 2024b).

No Estado de Goiás, segundo dados do DETRAN-GO, há 8.883 veículos eletrificados ativos, entre hibridizados e totalmente elétricos, licenciados até o dia 7 de abril de 2024 (Goiás, 2024a). O governo estadual anunciou, em 23 de fevereiro de 2024, a chegada do primeiro ônibus elétrico à Goiânia, modelo biarticulado, para atender os usuários do Eixo Anhanguera; e, ainda, informou que oitenta ônibus elétricos vão ganhar as ruas em 2024, estimando-se que serão cento e cinquenta até 2026 (Goiás, 2024b). Vale ressaltar que Brasília-DF, cuja frota também pode vir a transitar em Goiás, é a segunda cidade que mais emplacou veículos eletrificados no Brasil, em janeiro de 2024 (ABVE, 2024b).

Estima-se que 212.500 incêndios em veículos causaram 560 mortes e 1.500 civis feridos, totalizando 1 bilhão de dólares em danos materiais nos EUA no ano de 2018; levando à conclusão que os incêndios em veículos causaram mais mortes que incêndios em estruturas não residenciais e em apartamentos, tendo as colisões como a principal causa de incêndios em veículos que resultaram em morte (NFPA, 2020). Em 2022, a estimativa de incêndios em veículos foi de 222.000 (USFA, 2024).

Conforme dados apresentados pela Confederação Nacional do Transporte (CNT), baseados apenas nos registros da Polícia Rodoviária Federal, foram contabilizadas 1.463 ocorrências de incêndio em veículos nas rodovias federais brasileiras, resultando em 64 feridos e 2 mortos, no ano de 2023 (CNT, 2024). No âmbito do estado de Goiás, de acordo com dados fornecidos pela 9ª Seção do Estado Maior Geral - BM/9 (Goiás, 2024c), foram atendidas 3.219 ocorrências de combate a incêndio em veículos rodoviários pelo CBMGO, de janeiro de 2021 a dezembro de 2023, sendo: 703 em veículos de carga, 65 em veículos de carga perigosa, 2.337 em veículos de passeio e 114 em veículos de transporte coletivo.

É oportuno rememorar que os Corpos de Bombeiros surgiram, essencialmente, da necessidade de se combater incêndios urbanos, que se tornaram mais destrutivos e recorrentes

com o crescimento das cidades. Assim, o Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás (CBMGO) desempenha papel essencial para a segurança da sociedade, a quem recai a responsabilidade de prevenção e combate a incêndios, além de outras atribuições legalmente previstas.

Ao mesmo tempo que os avanços tecnológicos, relacionados a viaturas e equipamentos, auxiliam o trabalho dos operadores dos serviços de emergência, tecnologias emergentes, especialmente na área de automóveis, requerem atualização e aprimoramento dos conhecimentos por parte desses profissionais para o êxito de suas funções e garantia de uma atuação mais segura em ocorrências que as envolvam, principalmente quando se trata de operações de combate a incêndio em veículos, sendo os veículos elétricos os mais desafiadores no cenário atual.

Segundo Stave e Carlson (2017), em seu estudo de caso sobre a atuação de bombeiros da Suécia diante do contexto de expansão do número de veículos elétricos, o aumento da circulação desses veículos resultará em acidentes diferentes daqueles envolvendo os convencionais motores a combustão. E ainda, concluíram que falta experiência de atendimento a ocorrências envolvendo veículos elétricos e que os bombeiros aprendem na prática com as situações reais, o que denota uma cultura de segurança parcialmente reativa e evidencia que os bombeiros ainda não identificam claramente os riscos dessa modalidade de veículos.

Para Sun *et al.* (2020), os incidentes de incêndios são um dos riscos que cercam os veículos. De acordo com os mesmos autores, no caso dos veículos elétricos, o risco de incêndio está associado à célula da bateria e ao sistema de energia. Portanto a bateria não é apenas o combustível para tracionar o veículo elétrico, mas também o principal combustível para alimentar o incêndio.

Vinculando a responsabilidade do CBMGO diante desse cenário de aumento de veículos elétricos em circulação, torna-se imperativo investigar os desafios que os bombeiros poderão enfrentar nas operações de combate a incêndio frente ao elevado grau de incertezas desse cenário relativamente novo. E anteendo que os incêndios em veículos elétricos podem apresentar características que os diferenciam dos incêndios em veículos convencionais, suscita-se a necessidade de se estabelecer novos procedimentos, ou adequar os existentes, bem como verificar se os agentes extintores para essa categoria de veículos diferem dos que, usualmente, são empregados pelos Corpos de Bombeiros nas ocorrências de incêndio em veículos.

No Manual Operacional de Bombeiros - Combate a Incêndio Urbano, do CBMGO, embora não aborde a temática de veículos elétricos, está explícita a relevância em se dar maior atenção a ocorrências de combate a incêndio em veículos, devido ao expressivo número de ocorrências e, principalmente, por submeterem os bombeiros a muitos riscos (Goiás, 2017). Contudo, verifica-se que o Procedimento Operacional Padrão (POP) de incêndio em veículos, atualmente em vigor na Corporação, não aborda procedimento específico para ocorrências envolvendo veículos elétricos (Goiás, 2018).

Sob essa perspectiva, este trabalho objetivou conhecer as características e particularidades dos incêndios em veículos rodoviários eletrificados, para o aprimoramento da doutrina operacional do CBMGO, além de identificar os principais tipos de veículos rodoviários em circulação no Brasil; discorrer sobre os acumuladores de energia (baterias) dos veículos rodoviários, com enfoque nas baterias de íons de lítio; revisar a literatura disponível acerca do processo de fuga térmica; e analisar os procedimentos adotados pelos serviços de emergência para o combate a incêndio em veículos elétricos.

Para tanto, procedeu-se uma pesquisa exploratória-descritiva, adotando-se como procedimentos a revisão bibliográfica e a pesquisa documental, do ponto de vista qualitativo. E, também, entrevistou-se especialistas que atuam na fabricação/montagem de veículos eletrificados e na capacitação de profissionais de mecânica automotiva, de maneira a minimizar o vácuo de conhecimentos relacionados aos veículos elétricos, obter os conhecimentos mínimos necessários para uma atuação efetiva e segura nas operações de combate a incêndio veicular, aprimorar competências para adequar procedimentos e desenvolver expertise nessa temática.

2 REVISÃO DA LITERATURA

O desenvolvimento da mobilidade sempre motivou e encantou a humanidade, seja pela necessidade de sobrevivência, busca e exploração de novos territórios, desenvolvimento do comércio ou simplesmente pelo fato de permitir a comunicação entre os povos. Inicialmente, as distâncias foram reduzidas através do uso de animais domesticados e embarcações, seguida pela invenção de veículos motorizados.

O carro elétrico, ao contrário do que a maioria das pessoas pensam, não se trata de uma tecnologia recente, uma vez que os primeiros veículos elétricos foram concebidos no século XIX, impulsionados pelo desenvolvimento das baterias elétricas. Utilizando-se dessa fonte energética, a partir de 1880, diversos veículos elétricos foram desenvolvidos nos

Estados Unidos, Reino Unido e França, mantendo-se em ascensão entre 1880 e 1900 (Hoyer, 2008).

Além do aprimoramento das baterias no início do século XX, especialmente quanto à capacidade de armazenamento, novas tecnologias como a frenagem regenerativa e o sistema híbrido (gasolina e eletricidade) favoreceram a melhoria do desempenho dos carros elétricos. Contudo, concorrendo com os veículos a combustão, a produção dos carros elétricos declinou, principalmente devido à redução dos preços dos carros a gasolina, provocada pelo sistema de produção em série de automóveis, criado por Henry Ford no início do século XX; à invenção da partida elétrica em 1912; à necessidade de maior autonomia dos veículos para percorrer longas distâncias, com a expansão das rodovias; e à redução do preço da gasolina, com a descoberta de petróleo no Texas (Hoyer, 2008; DOE, 2009 *apud* Baran; Legey, 2011).

O veículo eletrificado, costumeiramente denominado apenas como “elétrico”, ressurgiu no final do século XX, impulsionado pela crise do petróleo, conscientização dos problemas ambientais e consequente necessidade de encontrar alternativas ao uso dos combustíveis fósseis. Esse renascimento tem sido estimulado pelos tratados, regulamentações e diretrizes internacionais para a diminuição das emissões de gases de efeito estufa, que são prejudiciais à saúde e contribuem para o fenômeno conhecido como aquecimento global, e mais recentemente por políticas de desenvolvimento sustentável (Tie; Tan, 2013 *apud* Ledo, 2014).

Nos subtópicos seguintes, procede-se uma revisão narrativa acerca de veículos rodoviários, seguida das fontes de energia de baixa e alta tensão, com destaque para as baterias de íons de lítio de alta tensão, e os riscos de incêndio que as cercam. E, por fim, uma análise, sob uma perspectiva tática, das operações de combate a incêndios em veículos elétricos.

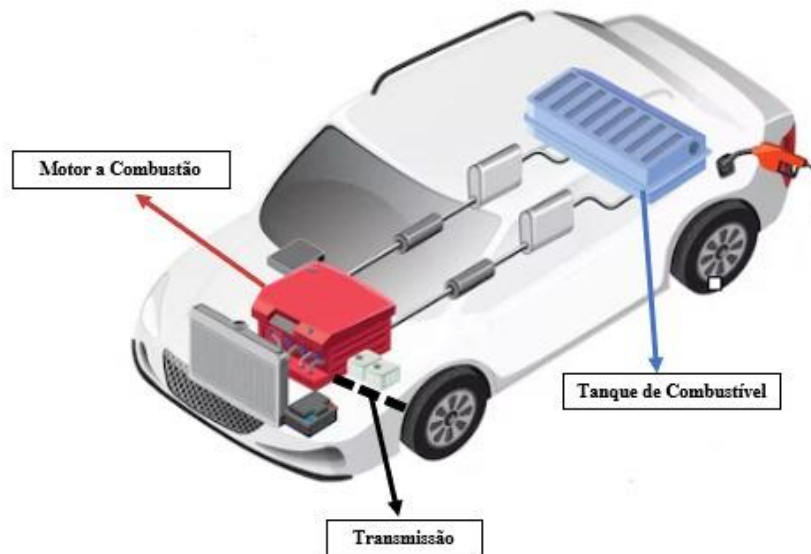
2.1 Visão geral dos veículos rodoviários

De acordo com Tie e Tan (2012), os veículos podem ser classificados em três grupos principais: veículos com motor a combustão interna, veículos elétricos híbridos, que podem apresentar níveis diferentes de hibridização, e veículos totalmente elétricos.

Os veículos a combustão interna, também denominados veículos convencionais, segundo Ferraz (2004 *apud* Almeida e Barbosa, 2022), são aqueles movidos por um motor alimentado por combustíveis tradicionais (diesel, gasolina, etanol), em que a combustão da mistura de ar e combustível irá ocorrer em um ou mais cilindros do motor, sendo o

combustível o responsável pelo ciclo térmico do motor, de forma que a energia térmica se transforma em energia cinética/mecânica para movimentar o veículo. A figura 1 demonstra de maneira esquemática um veículo convencional.

Figura 1: Ilustração esquemática de um veículo com motor a combustão interna



Fonte: adaptado de Freepik (2024).

Já os veículos eletrificados, denominados genericamente como veículos elétricos, seguindo as definições apresentadas por Ledo (2014) e Vonbun (2015), podem ser classificados em duas categorias:

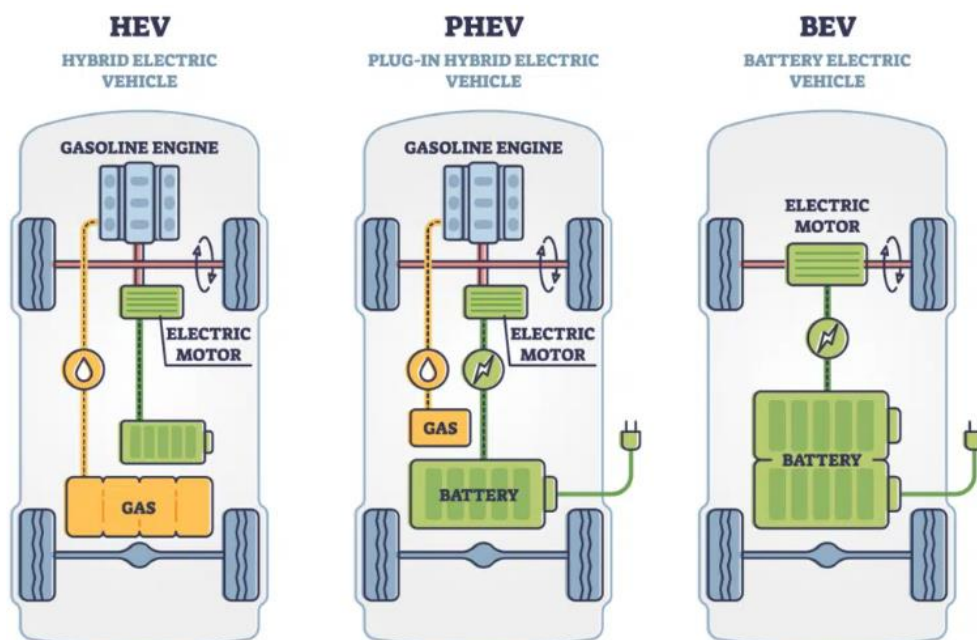
- Veículos elétricos à bateria (*Battery Electric Vehicle* - BEV), 100% elétricos, movidos unicamente por motores elétricos alimentados pela energia armazenada nas baterias, as quais requerem carga externa de eletricidade, usualmente através da rede convencional de abastecimento de energia elétrica; e
- Veículos híbridos, em que se tem o arranjo de motores a combustão interna com motores elétricos, subdividem-se em outras subcategorias: os veículos elétricos híbridos (*Hybrid Electric Vehicle* - HEV), que não requerem carregamento proveniente de fonte externa, ou seja, não há necessidade/possibilidade de se conectarem à rede de abastecimento de energia elétrica, e, nessa condição, o motor a combustão destina-se exclusivamente ao carregamento da bateria ou, além de carregar a bateria, atua como elemento propulsor do veículo juntamente com o motor elétrico; os híbridos do tipo *plug-in* (*Plug-in Hybrid Electric Vehicle* -

PHEV), correspondendo aos que permitem conexão à rede elétrica para carregar as baterias, além de possuírem motor a combustão, podendo, inclusive, realizar deslocamentos em trajetos curtos com o uso apenas do motor elétrico, a depender das condições de uso do veículo; e, por fim, os híbridos leves (*Mild Hybrid Electric Vehicle* – MHEV), que abarcam aqueles que possuem um motor elétrico de menor porte, que apenas auxilia o motor a combustão a tracionar o veículo, incapaz de movimentar o veículo sozinho e não requer carregamento externo.

É válido ressaltar que as categorias e as subcategorias, apresentadas anteriormente, englobam os veículos eletrificados comercializados no Brasil.

A figura 2, a seguir, ilustra que o veículo 100% elétrico (BEV) necessita ser alimentado por uma fonte externa para carregar a bateria e que o motor elétrico é o único responsável por dar propulsão ao veículo. No caso do veículo híbrido (HEV), os motores a combustão e elétrico, de acordo com o arranjo deles (em série e/ou paralelo), realizam a tração e não precisam/permitem conexão à fonte externa, enquanto no híbrido do tipo *plug-in* (PHEV), que também apresenta dois motores (combustão e elétrico), há possibilidade de conexão à rede elétrica assim como acontece no elétrico (BEV).

Figura 2: Ilustração de veículos elétrico e híbridos



Fonte: Embarcados (2023).

2.2 Acumuladores de energia (baterias)

De acordo com Ledo (2014, p. 16) “As baterias são dispositivos eletroquímicos, isto é, através de uma reação química transformam energia química em energia elétrica ou vice-versa consoante se está a falar de carregamento ou descarga”.

Os veículos convencionais requerem energia elétrica tanto para fins de partida (ignição) do motor quanto para o funcionamento dos demais componentes elétricos, o que normalmente é suprido por meio de uma bateria com voltagem relativamente baixa, geralmente baterias (chumbo-ácido) auxiliares de 12 volts, quando o motor não estiver em funcionamento (Embarcados, 2023). Contudo, tratando-se de veículos eletrificados, a demanda energética é elevada, exigindo-se mais das baterias que alimentam os motores elétricos. Tal dependência energética é muito maior nos veículos puramente elétricos, seguidos pelos híbridos, quando comparados aos convencionais.

O cenário crescente da eletromobilidade passou a exigir das baterias melhor desempenho, maior vida útil, com mais segurança e custos menores; o que tem estimulado o aprimoramento da tecnologia desses acumuladores de energia, destacando-se as baterias de íons de lítio como as mais utilizadas nos veículos eletrificados. Dorsz e Lewandowsk (2021) sugerem que graças à tecnologia das baterias de íons de lítio a eletromobilidade vem se desenvolvendo.

Devido à demanda maior de energia elétrica para suprir o motor de tração, os veículos puramente elétricos (BEV) possuem baterias com maior capacidade energética. Deduzindo-se que, entre os eletrificados, os BEV apresentarão maior probabilidade de serem acometidos por incêndios de maiores proporções, uma vez que o maior risco, associado aos veículos eletrificados, vem da energia armazenada nas baterias destinadas à tração (Dorsz; Lewandowsk, 2021).

2.2.1 Baterias de íons de lítio

As baterias de íons de lítio têm dominado o cenário atual, especialmente no que se refere à tecnologia para o setor automotivo e eletrônicos portáteis (Zubi *et al.*, 2018 *apud* Frajero, 2023). Nos veículos rodoviários, podem ser pequenas, para atender sistemas do tipo *start-stop*, ou muito maiores para proporcionarem a tração (Bisschop *et al.*, 2019).

A menor unidade de uma bateria de íons de lítio é a célula, formada por quatro componentes principais: ânodo, cátodo, separador e eletrólito, envoltos por um invólucro, podendo variar em forma e tamanho. As células conectadas entre si formam um módulo, que representa a menor unidade passível de ser eletricamente isolada. Por sua vez, vários módulos

formam um conjunto de baterias e sistemas. Portanto, conforme características apontadas anteriormente de acordo com Frajero (2023) e SFS (2022), a bateria, dependendo do tamanho, poderá ter milhares de células, resultando em altas tensões.

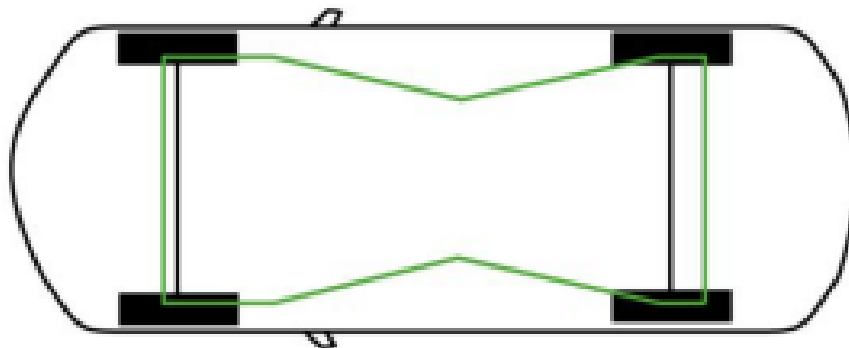
Segundo Dorsz e Lewandowski (2021), as baterias de íons lítio podem ser conceituadas como sendo cargas elétricas na forma de íons de lítio em movimento entre o ânodo e o cátodo, por meio de um eletrólito, de maneira que os íons de lítio se movimentam do cátodo para o ânodo durante o carregamento e no sentido inverso, do ânodo para o cátodo, durante a descarga.

Os veículos do tipo PHEV e BEV possuem grandes baterias de íons de lítio, enquanto os HEV/MHEV, por demandarem menos energia em comparação com os anteriores, baterias menores (Bisschop *et al.*, 2019).

Bisschop *et al.* (2019) também ressaltam que os componentes eletrólitos de uma bateria de íons de lítio são sensíveis e a temperatura de segurança operacional deve ficar na faixa entre $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$; e, caso os separadores sejam violados, há o risco de curto circuito na célula, provocado pelo contato entre eletrodos positivo e negativo.

Ainda segundo Bisschop *et al.* (2019), o *design* de um veículo elétrico é idealizado de maneira que se possibilite o maior conjunto de baterias possível, primando-se pela segurança delas. Comumente, as baterias são protegidas por compartimentos rígidos e reforçados e instaladas em áreas supostamente mais seguras, protegendo-as contra impactos (forças externas) e colisões. Em relação aos veículos leves, a zona segura é estabelecida entre os eixos, conforme figura 3, podendo apresentar diferentes configurações.

Figura 3: Ilustração da zona segura (delimitada pela linha verde) para veículos leves

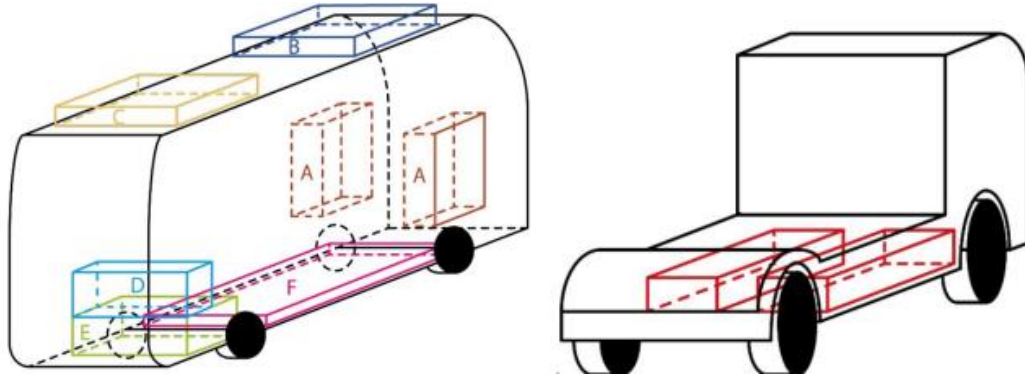


Fonte: Bisschop *et al.* (2019)

No caso dos veículos pesados, ônibus e caminhões, pode-se encontrar *layouts* distintos, de acordo com o *design* de cada fabricante, para garantir a instalação das baterias de

íons de lítio da maneira mais segura possível. As imagens da figura 4 ilustram os prováveis locais de instalação de baterias em ônibus e caminhões, respectivamente.

Figura 4: Ilustração dos locais que as baterias podem ser instaladas em veículos pesados (ônibus e caminhão): (A) frontal; (B, C) teto, (D, E) parte traseira; (F) piso.



Fonte: Bisschop *et al.* (2019)

Conclui-se que as baterias podem ser arranjadas em diferentes posições de acordo com o fabricante, a categoria ou *design* do veículo.

O desenvolvimento tecnológico das baterias de íons de lítio resultou no aprimoramento de sistemas de gerenciamento das baterias, denominados *Battery Management System* (BMS), para segurança e prevenção de funcionamentos anormais. Tratando-se dos sistemas mais importantes em uma bateria, conforme guia para os serviços de bombeiros de resgate, publicado pela Direção Norueguesa de Proteção Civil (DSB) em 2021. Esses sistemas monitoram vários parâmetros da bateria, como temperatura, nível de carga, tensão, corrente elétrica, e de acordo com o tamanho da bateria ampliam sua gama de funcionalidades preventivas de seu funcionamento (DSB, 2021).

2.2.2 Incêndio em baterias de íons de lítio (fuga térmica)

Os principais fatores de risco que podem colocar em perigo o funcionamento das baterias de íons de lítio, apontados por Dorsz e Lewandowsk (2021) e Christensen *et al.* (2021), são:

- Abuso térmico: possível de ocorrer quando a célula da bateria atinge temperaturas fora da faixa de segurança, devido à má ventilação e altas temperaturas no ambiente, o que pode resultar em reações químicas indesejáveis, causando superaquecimento;

- Sobrecarga elétrica: condições inadequadas de carregamento, falha no BMS (sobrecarga, descarga demasiada, carregamento muito rápido), defeitos de fabricação, manutenção inadequada ou uso do veículo em condições extremas podem gerar curto circuito (contato entre ânodo e cátodo) dentro das células da bateria, produzindo calor e reações químicas indesejadas;
- Danos mecânicos: colisões e impactos violentos, como no caso de acidentes em velocidades excessivas, que levem à deformação e/ou penetração de objetos metálicos, podem ocasionar curto circuito, potencializando os riscos de incêndio nas baterias;

A maioria dos incêndios em veículos elétricos estão relacionados ao processo denominado fuga térmica, o qual pode ser desencadeado por algum dos fatores de riscos apontados anteriormente. Trata-se de um processo que ocorre no interior das células de uma bateria de íons de lítio quando há um aumento da temperatura que exceda a normalidade operacional, a ponto de provocar reações exotérmicas em cadeia, gerando grande quantidade de energia térmica e liberando gases tóxicos e inflamáveis, que podem provocar a ruptura das células e virem a se inflamar ou resultar em explosões, sendo o desenvolvimento desse descontrole térmico influenciado pela carga restante (encalhada) da bateria, ou seja, quanto mais carregada estiver a bateria, maior o potencial para desenvolvimento da fuga térmica (Bisschop *et al.*, 2019; Christensen *et al.*, 2021; Dorsz; Lewandowsk, 2021; SFS, 2022).

Uma outra abordagem realizada por He *et al.* (2020 *apud* Christensen *et al.*, 2021) define a fuga térmica mais especificamente como o processo térmico autossustentável, que tem início quando os mecanismos de dissipação de calor da célula são insuficientes para evitar superaquecimento.

Diante dessa anormalidade térmica, com o aumento da temperatura poderá ocorrer o desencadeamento de reações dessa natureza em outras células da bateria, elevando exponencialmente a temperatura e intensificando o incêndio ainda mais. Uma vez que a célula esteja em fuga térmica e venha a incendiar, como as fontes de calor e combustível estão presentes na própria bateria, é praticamente impossível extinguir o incêndio que se autossustenta a partir do interior da célula (Rosén, 2023).

Hynynen *et al.* (2023) afirmam que é raro os incêndios começarem na bateria de íons de lítio em um veículo elétrico, contudo se o processo de fuga térmica tiver iniciado e a bateria de tração incendiar, será difícil a extinção do incêndio, o que é agravado pela dificuldade de acesso à bateria para a efetiva aplicação do agente extintor.

Experiências anteriores em incêndios envolvendo veículos elétricos, de acordo com Christensen *et al.* (2021), demonstram que, mesmo após o incêndio supostamente extinto, há possibilidade de reignição posterior (tardia) na bateria. Além disso, os mesmos autores ressaltam que as baterias submetidas à extinção podem conter gases tóxicos retidos e, ainda, existe o risco relativo à energia ociosa.

Em publicação realizada pela Direção Norueguesa de Proteção Civil (DSB) sobre avaliação de risco em baterias de íons de lítio, direcionada para o serviço de bombeiros e resgate, dividiu-se em quatro níveis os riscos de incêndio nessas baterias, conforme quadro 1:

Quadro 1: Níveis de risco de incêndio em baterias de íons de lítio

NÍVEL 1	NÍVEL 2	NÍVEL 3	NÍVEL 4
Incêndios em baterias menores	Incêndios em baterias maiores (em espaços abertos)	Incêndios em baterias maiores (em espaços confinados)	Incêndios em baterias de grande porte (a bordo de navios ou em edifícios)
<ul style="list-style-type: none"> - Telefones celulares; - Bicicletas elétricas; - <i>Scooters</i> elétricas; - Patinetes elétricos; - PCs; - Ferramentas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Carros elétricos - Carros híbridos; - Ônibus elétricos; - Motocicletas elétricas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Carros elétricos e híbridos em garagens; - Contêiner de armazenamento de energia; - Casas e indústrias com armazenamento de baterias. 	<ul style="list-style-type: none"> - Embarcações elétricas ou híbridas; - Edifícios com grandes sistemas de baterias (Ex: hospitais ou indústrias)
Risco baixo	Risco médio-baixo	Risco médio-alto	Risco alto
A extinção pode ser realizada por qualquer pessoa, desde que não estejam expostos aos gases/fumaça perigosos do incêndio.	A extinção deverá ser realizada por bombeiros. Pode exigir grandes quantidades de água (acima de 10 mil litros) e intervenção por longo período.	A extinção exigirá conhecimentos especializados, específicos para atuação nos incêndios em baterias.	A extinção exigirá experiência de equipes de bombeiros especializadas no manejo de incêndios em baterias. Distâncias seguras e zonas de segurança devem ser estabelecidas.

Fonte: adaptado de DSB (2021)

Percebe-se que a partir do nível de risco 2, onde se inseri os carros eletrificados, as ações de combate a incêndios em baterias de íons de lítio só poderão ser desempenhadas por bombeiros profissionais, devido à exposição aos gases do incêndio, à possibilidade de se exigir aplicação de grandes volumes de água e conhecimentos específicos para espaços confinados e táticas relacionadas a baterias maiores.

2.3 Combate a incêndio em veículos eletrificados por baterias de íons de lítio

Considera-se que o comportamento dos incêndios em veículos eletrificados é muito semelhante ao dos veículos convencionais, desde que o fogo esteja restrito ao habitáculo

(cabine) e não tenha envolvido as baterias de íons de lítio de alta tensão. Podem ser combatidos conforme procedimentos operacionais já consolidados se as baterias de alta tensão não forem atingidas (Santa Catarina, 2020).

Contudo, de acordo com o relatório de segurança da agência federal dos EUA, *National Transportation Safety Board* (NTSB), de novembro de 2020, as equipes de emergência estão sujeitas a dois perigos principais nos incêndios em veículos com baterias de íons de lítio de alta tensão: risco de choque elétrico provocado pela exposição a alta tensão em uma bateria danificada e risco de aumentos descontrolados de temperatura e pressão (fuga térmica) das células danificadas da bateria, podendo levar à emissão de gases tóxicos e inflamáveis, à ruptura das células e à liberação de projéteis, e à ignição da bateria.

Ressalta-se que os incêndios em veículos elétricos, além de choques elétricos, podem gerar riscos únicos devido ao processo de fuga térmica, por produzir gases inflamáveis e possibilitar a reignição tardia (horas, dias ou semanas depois), mesmo após a extinção do incêndio, devido à energia remanescente na bateria, uma vez que não há como saber quanta energia ociosa (encalhada) ainda resta na bateria danificada, representando um desafio para as equipes de emergência, peritos, policiais e operadores de guincho (NFPA, 2021).

Os gases inflamáveis, liberados nos incêndios em baterias de íons de lítio, representam um risco ainda maior em locais onde a ventilação é restrita ou limitada como é o caso de garagens e túneis, o que pode resultar em explosões (Hynynen *et al.*, 2023).

Pode-se enumerar as seguintes ações iniciais a serem adotadas pelas equipes de resposta nos incêndios em veículos eletrificados (Almeida; Barbosa, 2022; Bahia, 2024; Distrito Federal, 2020; Minas Gerais, 2020):

1. IDENTIFICAÇÃO: partindo do pressuposto que qualquer veículo sujeito a um incêndio poderá ser um veículo eletrificado, a identificação deve ser considerada o primeiro passo, podendo ser procedida de forma direta: observando logotipos/etiquetas indicativos na lataria do veículo se ainda não tiverem sido danificados pelo sinistro, ou indireta: informações obtidas do condutor/passageiros; documentação do veículo; ausência de escapamento/descarga e grade (grelha) dianteira totalmente fechada, tratando-se de BEV; entrada/soquete de carregamento, no caso de BEV ou PHEV; cabos na cor laranja (indicativos de alta tensão) ou baterias de alta voltagem visíveis; marcas indicativas sob o capô; no interior do veículo, pelo painel de instrumentos;

2. **IMOBILIZAÇÃO:** vale ressaltar que os motores elétricos são silenciosos, podendo não ser perceptível que ainda estejam em funcionamento, o que reforça a necessidade de imobilização. Deve-se aproximar do veículo com cuidado (preferencialmente a uma angulação de 45°) e colocar calços nas rodas para impedir movimentação involuntária durante o combate; caso seja possível e seguro, acionar o freio estacionário e colocar a alavanca seletora de marchas na posição “P” (*PARK*);
3. **DESABILITAÇÃO:** se o veículo estiver conectado a uma estação de carregamento, deverá ser realizado primeiramente o desligamento da energia que alimenta a estação; sendo possível acessar o interior do veículo com segurança, posicionar a chave em “*OFF*” e retirá-la da ignição, ou, caso seja do tipo presencial/aproximação, certificar-se do desligamento e removê-la do interior do veículo até uma distância mínima de 5 metros; também orienta-se, no mínimo, realizar a desconexão da bateria de 12 volts se estiver acessível e/ou, caso não seja possível, investigar o mecanismo que desativa a alta tensão, que varia de acordo com a marca e modelo do veículo, podendo inclusive haver necessidade de utilização de luvas isolantes de proteção mínima de 1000 volts.

Rosmuller e Reinders (2023) ressaltam que o combate a incêndios em baterias de íons de lítio de alta tensão é complexo, uma vez que a fuga térmica processa-se no interior das baterias, e estas, por sua vez, encontram-se instaladas em compartimentos que lhes garantam maior proteção, torna-se difícil a aplicação do agente extintor diretamente nas células em chamas. Por isso, como o resfriamento é o principal procedimento para controlar incêndios em baterias de íons de lítio, enquanto houver fuga térmica, será necessária a aplicação de grandes volumes de água por longos períodos, exigindo-se disponibilidade permanente de água nas operações de combate a incêndio em veículos eletrificados.

De acordo com Hessels (2023), outra técnica recomendável nas operações de combate a incêndios em veículos eletrificados, no caso de dificuldade de acesso às baterias para o controle da fuga térmica através do resfriamento, é a submersão do veículo em água se houver possibilidade; e, em último caso, deixar o veículo queimar se o local do sinistro permitir.

Ainda de acordo com o relatório de segurança da NTSB (2020), mesmo após supostamente extinto o incêndio no veículo elétrico, deve-se mantê-lo sob monitoramento, sendo apropriado o uso de câmera térmica para checagem da temperatura, e realizar novas inspeções para verificar possíveis vazamentos de fluidos (eletrólitos) e existência de fumaça,

faíscas ou ruídos da bateria, indicativos de que a fuga térmica ainda está ativa, podendo ocorrer reignição da bateria caso não seja mantido o seu resfriamento, durante o transporte e até mesmo nos locais de destinação (armazenamento) do veículo sinistrado. Orienta-se que o veículo, cuja bateria foi danificada, seja rebocado sobre uma plataforma (caminhão prancha), de maneira que as rodas permaneçam imóveis para evitar gerar tensão através do seu giro, e armazenado a uma distância mínima de 15 metros, em todos os lados, de materiais combustíveis e estruturas, ou criar barreiras físicas (terra, aço, concreto ou alvenaria) em volta do veículo.

Outro mecanismo de auxílio aos bombeiros para o atendimento às ocorrências envolvendo veículos rodoviários são as fichas de resgate (documentos curtos) e os guias de emergência (documentos mais abrangentes) disponibilizados pelos fabricantes, desenvolvidos e padronizados pela Organização Internacional de Normatização, mediante a norma ISO 17840 (Veículos Rodoviários – Segurança para Primeiros e Segundos Socorristas). São instrumentos que possibilitam aos socorristas obterem informações rápidas sobre o veículo (a exemplo da localização dos seccionadores de energia e das baterias de baixa e alta tensão em veículos elétricos) no local da ocorrência, agilizando a tomada de decisão exigida dos bombeiros, além de promover segurança nas ações e possibilitar o treinamento das equipes de emergência, de acordo com a tecnologia do veículo (NTSB, 2020).

3 METODOLOGIA

A análise das características e peculiaridades dos veículos eletrificados (elétricos e híbridos) alimentados por baterias de íons de lítio de alta tensão, que influenciam e geram riscos às operações de combate a incêndio por tratar-se de uma realidade relativamente recente para o CBMGO, bem como das melhores práticas para a extinção de incêndios nesses veículos, possibilitará melhorias operacionais para que se combata incêndios dessa natureza com maior efetividade e de maneira mais segura.

Portanto, do ponto de vista de sua natureza, esta pesquisa é aplicada, pois, conforme Prodanov e Freitas (2013, p. 51), “objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos”. Assim, foi realizada uma pesquisa exploratória-descritiva. Exploratória por, de acordo com Gil (2002, p. 41), ter como objetivo “proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito” e descritiva, ainda segundo Gil (2002), especialmente, pela pretensão de se descrever o

fenômeno incêndios em veículos elétricos, preocupando-se com a atuação prática dos bombeiros militares.

Nesse sentido, sob o aspecto qualitativo, procedeu-se uma revisão bibliográfica acerca dos veículos eletrificados, bem como sobre as baterias de íons de lítio que os alimentam, atentando-se para os riscos e os principais fatores associados aos incêndios nessa categoria de veículos, tratando-se, na visão de Marconi e Lakatos (2003, p.158), da realização de “um apanhado geral sobre os principais trabalhos já realizados, revestidos de importância, por serem capazes de fornecer dados atuais e relevantes relacionados com o tema”; e, também, uma verificação documental, mediante pesquisa acerca da doutrina/procedimentos para o combate a incêndios em veículos eletrificados, consolidados por serviços de emergência, que, validado por Gil (2002), são passíveis de adequação.

Para tanto, os dados foram obtidos por meio de buscas na internet, utilizando-se das ferramentas de pesquisa acadêmica *Google Scholar* e *SciELO* e consultas a *sites* de organizações internacionais que atuam na área de respostas a emergências, incluindo prevenção de incêndios, a exemplo da *National Fire Protection Association*, *National Transportation Safety Board*, *U.S. Fire Administration* e *Norwegian Directorate for Civil Protection*. Como a literatura nacional mostrou-se incipiente em relação ao tema, foi necessário utilizar-se principalmente do idioma inglês, realizando-se buscas mediante os termos: *electric vehicle*, *fire fighting in electric vehicles*, *lithium ion batteries*; *fire in lithium ion batteries*. Também se adotou, como fonte para a pesquisa, manuais operacionais e procedimentos operacionais padrão (POP) de outras Corporações de Bombeiros brasileiras que estão na vanguarda da temática relacionada aos veículos eletrificados.

Por fim, após realizada a revisão teórica e formada uma base conceitual acerca dos veículos elétricos, bem como dos incêndios nessa modalidade de veículo, entrevistou-se oralmente um engenheiro de segurança de uma fábrica de veículos de origem chinesa, que atua no segmento de eletrificados, instalada em Anápolis-GO e um professor de mecânica automotiva de uma renomada instituição de educação profissional, também localizada no mesmo município.

Em relação às entrevistas, foram conduzidas de maneira semiestruturadas, uma vez que, segundo Prodanov e Freitas (2013), estabeleceu-se roteiros prévios, focalizados nos veículos eletrificados, especialmente no que diz respeito à segurança e aos riscos associados a incêndios, com perguntas preestabelecidas, porém com flexibilidade para explorar perguntas abertas e direcionar a entrevista de acordo com a participação do entrevistado, oportunizando explorar a abordagem do fabricante em relação à segurança, incluindo medidas de prevenção

e mecanismos de proteção, e a perspectiva do profissional de manutenção quanto aos procedimentos e recomendações para manusear veículos alimentados por baterias de íons de lítio de alta tensão de forma segura, no caso de incêndios. As entrevistas duraram cerca de uma hora e meia cada e foram realizadas no mês de abril de 2024, nos locais de trabalho dos entrevistados, transcritas e submetidas à apreciação dos mesmos, sendo os entrevistados, bem como suas instituições, anonimizados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Apresenta-se a seguir as informações mais relevantes das entrevistas, sob a perspectiva do fabricante de veículos eletrificados em relação à identificação dos veículos, aos riscos para os bombeiros, aos riscos para ocorrência de incêndios, aos procedimentos de segurança e mecanismos de auxílio aos socorristas, e do profissional de manutenção quanto aos protocolos de segurança, às recomendações para manusear os veículos elétricos e aos riscos de incêndio. Posteriormente, procede-se a discussão, tomando-se como base o referencial teórico e a pesquisa realizada.

4.1 Entrevista com engenheiro de segurança da fabricante de veículos eletrificados instalada em Anápolis – GO.

Ao ser questionado se há alguma norma que regulamenta a identificação dos veículos elétricos no Brasil, o entrevistado respondeu que não há uma normativa para isso. O fabricante tem liberdade para estabelecer seu próprio padrão.

Perguntado sobre qual o maior risco dos veículos eletrificados, quando sujeitos a sinistros, para as atividades dos Bombeiros, respondeu que é o risco de choque elétrico se houver cortes em locais inadequados na estrutura do veículo, durante as ações de salvamento.

Em relação ao questionamento sobre qual o maior risco para a ocorrência de incêndio em veículos elétricos, respondeu que é o superaquecimento da bateria de alta tensão ou do sistema elétrico, enfatizando que a tecnologia das baterias tem evoluído no quesito de segurança, principalmente quanto à prevenção de incêndios.

Perguntado se há local padrão para o corte/desabilitação da alta tensão, respondeu que depende de cada fabricante, inclusive não há local padrão para instalação da bateria de 12 volts, que também alimenta a bateria de alta tensão. Enfatizou que, se não houver fornecimento de energia à bateria de alta tensão pela bateria de 12 volts, não é possível carga

ou descarga da bateria de alta tensão, interrompendo o fluxo elétrico no sistema de alta tensão, mas que ainda pode haver energia remanescente em outros dispositivos, além da própria bateria de alta tensão. Por isso, é necessário aguardar alguns minutos após desconectar a bateria de baixa tensão ou o sistema de alta tensão, para haver a dissipação total da energia e permitir mexer no veículo com segurança.

Quando questionado se a marca que ele representa disponibiliza fichas de resgate ou guias de emergência, destinados ao auxílio dos socorristas, para os modelos de veículos eletrificados comercializados no Brasil, respondeu que não tem conhecimento e que iria verificar se os modelos da marca possuem tais instrumentos de auxílio ao socorro. Finalizada sua explanação, o entrevistado foi informado sobre o padrão estabelecido pela ISO 17840 para as fichas de resgate, destinadas aos primeiros e segundos respondedores.

4.2 Entrevista com professor do curso de mecânica automotiva de instituição brasileira de educação profissional

O entrevistado ao ser questionado se há alguma norma que regulamenta ou protocolo que orienta o serviço de manutenção de veículos elétricos, respondeu que se utiliza por similaridade a Norma Regulamentadora Nº 10 (NR-10), do Ministério do Trabalho e Emprego, a qual estabelece condições mínimas de segurança para os trabalhadores que interagem com instalações elétricas. Enfatizou que julga necessária norma específica para veículos eletrificados por baterias de alta tensão.

Perguntado qual o maior risco no manuseio de veículos elétricos, respondeu que é o choque elétrico. Ressaltou que no local de manutenção deve estar disponível um bastão de salvamento e que se utiliza ferramentas com proteção contra choque elétrico, padrão internacional IEC 60900, para serviços nessa categoria de veículos. Para a manipulação da bateria de alta tensão ou do seu sistema elétrico é obrigatório o uso de equipamentos de proteção individual: luva de proteção 1000 V classe 0, óculos e calçados apropriados.

Questionado sobre o procedimento de desligamento do sistema de alta tensão de um veículo eletrificado, disse que é necessário interromper o fornecimento de energia pela bateria de 12 volts, desligando a ignição do veículo e desconectando o polo negativo da bateria de baixa tensão ou desarmando o sistema de alta tensão, mediante cortes em locais específicos ou removendo dispositivos de segurança do sistema, os quais, de acordo com o fabricante, podem estar localizados em diferentes posições e apresentar mecanismos de identificação distintos (etiquetas, cores, símbolos). E, no caso de serviços na bateria de alta tensão ou no

seu sistema, é necessário acessar o compartimento de serviço da bateria para desativá-la. Enfatizou também que a bateria de 12 volts pode estar localizada tanto no compartimento do motor quanto em outros locais, a depender do fabricante ou do modelo do veículo.

O entrevistado ressaltou que o maior risco para os bombeiros é a possibilidade de choque elétrico durante os serviços de salvamento, devendo-se ter cuidado especial com os cabos da cor laranja. Sugeriu consulta ao site <http://www.rescuesheetbrasil.com.br/Home/Sheets>, que disponibiliza fichas de resgate para modelos de diferentes marcas de veículos, as quais apresentam desenhos esquemáticos da carroceria com a localização dos itens de interesse para as equipes de bombeiros, embora, até a finalização desta pesquisa, não constar todas as marcas e modelos comercializados no Brasil, e, ainda, para alguns modelos o idioma utilizado ser o inglês, limitando o acesso à informação de maneira geral.

A preocupação com adaptações que visam conversão de veículos convencionais em elétricos, cada vez mais frequentes, foi manifestada com ênfase pelo entrevistado.

Perguntado qual o maior risco de incêndios nos carros elétricos, respondeu que são os danos na bateria resultantes de colisões, que podem provocar um curto circuito e levar ao superaquecimento, podendo iniciar o incêndio.

4.3 Discussões

Os veículos eletrificados remetem a baterias de íons de lítio de alta tensão, por isso é natural apontar o risco de choque elétrico como sendo a principal preocupação nas operações de combate a incêndio, o que foi confirmado pelos entrevistados. Assim, é recomendável a disponibilização de luvas de proteção contra choque elétrico (proteção mínima de 1000 volts) nas viaturas operacionais dos Corpos de Bombeiros.

Em relação aos principais perigos que os bombeiros estão sujeitos, elencados no relatório da *National Transportation Safety Board* (NTSB), quando se pensa em operações de combate a incêndio em veículos eletrificados, entende-se que os bombeiros frequentemente precisam se aproximar dos veículos em chamas para aplicar água ou outro agente extintor. Contudo, uma vez que o contato direto com o veículo pode ser evitado ou minimizado durante as ações de combate, exceto se houver necessidade de realizar salvamentos, infere-se que o risco de maior influência no combate a incêndios em veículos eletrificados, sem vítimas, é o descontrole térmico resultante da falha térmica, embora o risco de choque elétrico não possa

ser negligenciado, especialmente se houver partes da bateria ou componentes de alta tensão danificados e expostos, ou se forem violados.

Continuando a abordagem relacionada aos riscos à segurança dos socorristas, ficou evidente que os gases resultantes do processo de fuga térmica em uma bateria de íons de lítio são tóxicos, o que reforça a necessidade dos bombeiros atuarem sempre equipados com equipamento completo de combate a incêndio e equipamento autônomo de proteção respiratória. Porém, tal prática não representa novidades em termos de uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI), visto que já são de uso obrigatório para as operações de combate a incêndios em veículos, visando proteção respiratória, térmica e dérmica.

O nível de risco dos incêndios em baterias de íons de lítio é ampliado à medida que o tamanho das baterias aumenta e, também, de acordo com a restrição de ventilação do local em que se encontra o veículo, podendo ser potencializado no caso de túneis, garagens fechadas e subsolos, conforme apresentado pela Direção Norueguesa de Proteção Civil (DSB), através do quadro 1. Portanto, sob a ótica de Dorsz e Lewandowsk, ao associarem o risco à energia das baterias, pode-se deduzir que os veículos totalmente elétricos (BEV), por apresentarem baterias maiores, poderão resultar em incêndios mais graves que os veículos híbridos.

As respostas dos entrevistados, ao serem questionados sobre qual o maior risco para a ocorrência de incêndio em veículos elétricos, complementam-se, pois de fato o superaquecimento da bateria de alta tensão pode levar ao descontrole térmico, e o superaquecimento pode ser resultado de um curto circuito após uma colisão que danifique a bateria de alta tensão. Dorsz e Lewandowsk (2021) e Christensen *et al.* (2021) corroboram o posicionamento dos entrevistados ao apresentarem como principais fatores de risco para incêndios em baterias de íons de lítio os danos provocados por acidentes (danos mecânicos), sobrecarga elétrica ou abuso térmico, que podem desencadear reações exotérmicas em cadeia nas baterias, através da fuga térmica, produzindo gases inflamáveis e tóxicos, além do risco de choque elétrico.

Rosén (2023) enfatiza que o incêndio numa bateria de alta tensão se autossustenta, desencadeando reações que liberam energia na forma de calor, promovendo a propagação dessa anormalidade para outras células da bateria.

O processo de fuga térmica pode ser considerado o principal fator que confere singularidade aos incêndios em veículos elétricos, distinguindo-os dos incêndios em veículos convencionais.

Verificou-se na abordagem apresentada por Hynynen *et al.* (2023) que, apesar de ser incomum as baterias de íons de lítio iniciarem o incêndio, uma vez iniciado o processo de

fuga térmica e a bateria incendiar, a extinção do incêndio será praticamente impossível porque a bateria normalmente estará inacessível, comprometendo a aplicação do agente extintor, visto que Bisschop *et al.* (2019) mencionam que para maior proteção das baterias contra danos mecânicos, elas são colocadas em compartimentos rígidos e posicionadas em regiões mais seguras do veículo.

Outro fator atípico nos incêndios em veículos elétricos, já experimentados por serviços de emergência de outras nacionalidades, é a possibilidade de múltiplos reacendimentos, mesmo após a extinção inicial do incêndio. A energia restante da bateria de alta tensão possibilita, além de choque elétrico, o desenvolvimento da fuga térmica caso ainda exista reações exotérmicas ativas ou se algum fator externo gerar um curto circuito, elevando a temperatura interna e desencadeando novamente a ignição da bateria e, conseqüentemente, do incêndio, ou seja, enquanto houver energia na bateria haverá risco de reignição.

O pós-combate de uma operação de combate a incêndio em veículos elétricos revelou-se muito diferente das operações experimentadas pelos bombeiros goianos, devido ao risco de reignição, seja no local do sinistro, durante o transporte (sobre caminhão prancha) ou mesmo no pátio de depósito para onde o veículo sinistrado foi direcionado. Tal característica gera a necessidade de monitoramento da bateria, sendo oportuno utilizar câmera térmica para verificar sua estabilidade térmica. Portanto, não é recomendável que a equipe de Bombeiros deixe de imediato o local da ocorrência, podendo, inclusive, ser necessário o acompanhamento/escolta do guincho até o depósito e, ainda, que o operador de guincho seja orientado quanto à área livre recomendada ao redor do veículo, raio de 15 metros, o que pode ser inviável em pátios de reboque ou armazenamento, conferindo uma prática que foge do padrão operacional adotado atualmente pelo CBMGO.

Diante das particularidades dos incêndios em veículos elétricos, a pesquisa demonstrou que os Corpos de Bombeiros, assim como os serviços de emergência a nível mundial, vêm redefinindo a forma de atuação nas operações de combate a incêndio veicular, estabelecendo-se três ações iniciais: identificação, imobilização e desabilitação da energia do veículo incendiado, para somente após esses passos iniciar a aplicação do agente extintor e realizar a extinção propriamente.

Nesse cenário, a primeira ação, que se apresenta desafiadora para os bombeiros, é a identificação de um veículo eletrificado ao chegar a um incêndio, sendo, inclusive, reforçado pelo engenheiro entrevistado ao responder que não há um padrão para a identificação desses veículos. Assevera-se que é prudente os bombeiros abordarem todos os veículos incendiados como eletrificados, uma vez que a identificação do veículo pode ficar comprometida pelos

danos sofridos, devido a uma colisão, capotamento ou pelo incêndio, além do fogo e da fumaça, e ainda devido à possibilidade de se deparar com um veículo adaptado/convertido para elétrico, conforme ressaltou o professor de mecânica automotiva. Uma vez confirmado que se trata de um veículo elétrico em chamas, todos os envolvidos no atendimento devem estar cientes de tal condição.

A segunda ação, imobilização, justifica-se pelo fato dos veículos elétricos serem silenciosos e poderem estar em funcionamento quando da chegada dos bombeiros, além de estarem sujeitos à movimentação se o incêndio danificar o sistema de freios e o local em que se encontra o veículo for inclinado.

Já a terceira ação, que visa desativar o fluxo elétrico de alta tensão, apresenta-se como a mais desafiadora das três ações iniciais. Ambos os entrevistados relataram que a ação de interromper o fornecimento de energia pela bateria de 12 volts irá desabilitar a bateria de alta tensão e, também, que a bateria de 12 volts poderá estar localizada em posições diferentes de acordo com o modelo do veículo, assim como os seccionadores de alta tensão. Colisões e incêndios podem resultar em danos que impossibilite o acesso às baterias de baixa tensão e/ou os seccionadores de alta tensão. Além disso, não tem como medir quanta energia ainda resta na bateria e nem a drenar sem o apoio de profissionais qualificados. É fundamental que não se adote apenas um procedimento para desabilitação da energia.

Perante tantas incertezas, entende-se que as fichas de resgate, como ratificado pelo professor do curso de mecânica de automóveis, podem contribuir significativamente para a eficiência das ações dos Bombeiros. Porém, percebe-se que, apesar de ser instrumento padronizado mundialmente (padrão ISO), não é uma realidade incorporada por todas as marcas que comercializam veículos no Brasil.

Ainda sobre o protocolo de desabilitação da alta tensão, o profissional de engenharia entrevistado ressaltou que mesmo após o procedimento de desarme são necessários alguns minutos, 10 minutos de acordo com NTSB (2020), para a total dissipação da energia remanescente em dispositivos elétricos. Contudo, essa espera pode comprometer a eficácia do atendimento de equipes de emergência, especialmente se envolver vítimas, pois o tempo é fator crítico na corrida para proteção da vida.

Quando se pensa em agente extintor para combater incêndios em veículos eletrificados, pode-se afirmar que, até a presente pesquisa, não foram constadas diferenças práticas em relação aos veículos convencionais, visto que o resfriamento é o principal método de extinção dos incêndios em veículos, evidenciando que a água continua sendo o agente de supressão predominante. Mas, devido às peculiaridades do processo de fuga térmica e às

condições de instalação das baterias, poderá ser exigida muita água para o combate, resultando, também, num maior período operacional. Será necessário prever o reabastecimento das viaturas de combate com água e maior autonomia de ar respirável para os equipamentos de proteção respiratória. Isso acarretará em mudanças de planejamento e redimensionamento dos recursos.

Embora Hessels (2023) tenha apresentado a técnica de submersão do veículo como opção para manter o resfriamento e controlar a fuga térmica, ainda é inviável tecnicamente para o CBMGO. Quando se pensa em deixar o veículo queimar, conforme também aludido por ele, até o incêndio extinguir por si só, pode-se prever que o Corpo de Bombeiros estará sujeito a críticas e questionamentos, sendo necessário disseminar informações técnicas a esse respeito, tanto para os bombeiros quanto para a imprensa e a população em geral.

Esta pesquisa não vislumbrou verificar se os veículos elétricos são mais susceptíveis a incêndios que os veículos a combustão. Tampouco resultou nessa conclusão. Portanto, deve-se ter o devido cuidado para conduzir discussões acerca dos incêndios em veículos elétricos. Sugere-se apenas que os incêndios nessa modalidade de veículos são diferentes, portanto mais desafiadores, o que pode ser ratificado pela inexperiência dos Bombeiros nesse cenário.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Até mesmo de maneira empírica, pode-se afirmar que nos últimos anos houve aumento da oferta e divulgação de veículos eletrificados. Montadoras de marcas tradicionais lançaram novos modelos com tecnologia de elétricos, sendo que muitos já podem ser vistos circulando em vias goianas. Os híbridos (HEV), seguidos pelos híbridos do tipo *plug-in* (PHEV), começaram liderando esse cenário de eletromobilidade, devido, além dos fatores relacionados ao custo dos veículos totalmente elétricos, à postura conservadora dos consumidores e à rede de carregamento (postos de recarga) ainda deficitária, principalmente fora dos centros urbanos, tratando-se, portanto, de uma categoria de transição. Contudo os veículos totalmente elétricos (BEV) estão em ascensão no mercado brasileiro, conquistando popularidade, segundo números apresentados pela Associação Brasileira do Veículo Elétrico.

O número de ocorrências de incêndio em veículos rodoviários, atendidas pelo CBMGO, é bastante expressivo.

A qualidade e abrangência da pesquisa, em relação aos dados dos veículos rodoviários envolvidos em ocorrências de incêndio atendidas pelo CBMGO, ficou parcialmente prejudicada, inviabilizando o levantamento de dados específicos quanto ao ano

de fabricação e o tipo de combustível. Entende-se que por não serem de preenchimento obrigatório no sistema utilizado pelos órgãos da Segurança Pública do Estado de Goiás para o registro de ocorrências (Registro de Atendimento Integrado - RAI) e não haver opções predefinidas em cada campo para registro da informação de maneira objetiva, os dados estatísticos mostraram-se limitados. Sugere-se adequar o sistema RAI para que se tenha dados que viabilizem melhor diagnóstico dos veículos envolvidos em ocorrências de incêndio em Goiás.

A literatura relacionada a veículos elétricos, no âmbito nacional, mostrou-se extremamente incipiente, sendo necessário recorrer a trabalhos desenvolvidos em países que estão à frente da eletromobilidade, a exemplo da Noruega, Suécia e EUA.

A pesquisa corroborou para evidenciar que a tecnologia associada aos veículos eletrificados e, conseqüentemente, às baterias de íons de lítio de alta tensão, resulta em novos riscos para as operações de combate a incêndios, que apresentam características e particularidades diferentes dos incêndios em veículos convencionais, trazendo incertezas e novos desafios para as equipes de emergência e demais pessoas envolvidas no sinistro. Além do risco de choque elétrico, os incêndios em baterias de íons de lítio de alta tensão liberaram gases inflamáveis e tóxicos, através do processo de fuga térmica, conferindo cenários distintos daqueles normalmente encontrados pelos bombeiros em incêndios veiculares, sendo, inclusive, possível a reignição do incêndio após supostamente extinto, devido à energia remanescente na bateria.

É pertinente ressaltar que o primeiro passo para que uma operação envolvendo um veículo eletrificado seja bem-sucedida é sua devida identificação. Como não há um padrão industrial para tal, é fundamental que os bombeiros desenvolvam expertise para identificar o tipo de veículo precocemente, sendo pertinente que os responsáveis pelo atendimento das chamadas “193” também estejam treinados, busquem informações complementares com o solicitante, a respeito do veículo ou veículos envolvidos, e as repassem aos bombeiros responsáveis pelo socorro, garantindo melhor eficácia no atendimento.

Nesse contexto, as fichas de emergência, se em idioma português e acessíveis aos bombeiros, podem ser ferramentas acessórias essenciais para orientar a tomada de decisão das equipes de socorro. Portanto, é extremamente válido a integração entre fabricantes, importadores e Corporações de Bombeiros, visando cooperação, promoção de treinamentos e criação de banco de dados que facilite o acesso às fichas de emergências dos veículos comercializados no Brasil, acompanhando o desenvolvimento tecnológico.

Recomenda-se que os conhecimentos acerca das peculiaridades que cercam os veículos eletrificados, especialmente em relação às baterias de íons de lítio de alta tensão; ao processo de fuga térmica, característico dessas baterias, e às melhores práticas para desabilitar a alta tensão e para o combate propriamente, sejam amplamente divulgados no CBMGO. Para tanto, recomenda-se a inserção de conteúdo específico de veículos eletrificados no Manual Operacional de Bombeiros – Combate a Incêndio Urbano, do CBMGO, visando disseminação desses conhecimentos de maneira padronizada nos cursos de formação, aperfeiçoamento e especialização, bem como adequação do Procedimento Operacional Padrão de incêndio veicular, para aprimoramento da doutrina operacional.

Esta pesquisa não teve a pretensão de esgotar o tema em questão, pelo contrário, vislumbrou proporcionar conhecimentos iniciais para a melhoria operacional do CBMGO nas operações de combate a incêndio. Portanto, essa temática apresenta um vasto campo para novas pesquisas, mostrando-se essencial o desenvolvimento de trabalhos voltados para os serviços de emergência, que abordem os impactos ambientais decorrentes das operações de combate a incêndio, os riscos envolvidos no resgate veicular com extricação de vítimas e/ou de operações em áreas alagadas (veículo submerso).

Conhecer a tecnologia que envolve os veículos elétricos mostra-se importante e necessária para que se garanta todos os benefícios dessa nova tecnologia.

REFERÊNCIAS

ABVE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO VEÍCULO ELÉTRICO. **Elétricos crescem em todas as regiões do Brasil**. 2024a. Disponível em: <http://www.abve.org.br/veiculos-eletricos-crescem-em-todo-o-pais/>. Acesso em: 16 mar. 2024.

ABVE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO VEÍCULO ELÉTRICO. **Eletrificados iniciam 2024 com recorde de vendas**. 2024b. Disponível em: <http://www.abve.org.br/eletrificados-leves-iniciam-2024-com-novo-recorde-de-vendas-em-janeiro/> Acesso em: 16 mar. 2024.

ALMEIDA, R.; BARBOSA, A. Atendimento a ocorrências envolvendo veículos híbridos e elétricos pelo CBMMG: proposta de sistematização. **Vigiles**, [S.L.], v. 5, n. 1, p. 211-229, 2022. Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais. <http://dx.doi.org/10.56914/revistavigiles-2595-4229-v5n1-12>

BAHIA. Corpo de Bombeiros Militar da Bahia. **Procedimento Operacional Padrão: Combate a Incêndio em Veículos Elétricos**. CBMBA, 2024.

BARAN, R.; LEGEY, L. F. L. **Veículos elétricos: história e perspectivas no Brasil**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n.33, p. 207-224, mar. 2011.

BISSCHOP, Roeland *et al.* **Fire Safety of Lithium-Ion Batteries in Road Vehicles**. 2019. RISE Research Institutes Of Sweden, 107 p. (50). <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.18738.15049>.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. **Rota 2030 – Mobilidade e Logística**. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/competitividade-industrial/setor-automotivo/rota-2030-mobilidade-e-logistica>. Acesso em: 12 mar. 2024.

CHRISTENSEN, Paul A. *et al.* Risk management over the life cycle of lithium-ion batteries in electric vehicles. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [S.L.], v. 148, p. 111240, set. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2021.111240>.

CNT – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Painel CNT de Acidentes Rodoviários**. 2024. Brasília-DF. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/painel-acidente>. Acesso em: 17 mar. 2024.

DISTRITO FEDERAL. Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal. **Boletim de Informação Técnico-profissional: acidentes veiculares com veículos elétricos e elétricos híbridos**. Brasília: CETOP, 2020.

DORSZ, A.; LEWANDOWSKI, M. Analysis of Fire Hazards Associated with the Operation of Electric Vehicles in Enclosed Structures. **Energies**, [S.L.], v. 15, n. 1, p. 11-34, 21 dez. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/en15010011>.

DSB - NORWEGIAN DIRECTORATE FOR CIVIL PROTECTION. **Guidelines for fire and rescue services: risk assessment and handling of fire in lithium-ion batteries**. Norway, 2021. 57 p. Disponível em: <https://www.dsb.no/veiledere-handboker-og-informasjonsmaterieell/risk-assessment-and-handling-of-fire-in-lithium-ion-batteries/>. Acesso em: 30 mar. 2024.

EMBARCADOS. **Por que os veículos elétricos ainda precisam de baterias de chumbo-ácido de 12 V?**. 2023. Disponível em: <https://embarcados.com.br/por-que-os-veiculos-eletricos-ainda-precisam-de-baterias-de-chumbo-acido/>. Acesso em: 23 mar. 2024.

FRAGERO, R. P. **Análisis de las medidas de protección contra incendios de las baterías eléctricas**. 2023. Trabajo fin de grado (Grado en Ingeniería de Organización Industrial) – Universidad de Málaga: Escuela de Ingenierías Industriales, Málaga.

FREEPIK. **Parts of an Internal Combustion Car**. Disponível em: https://br.freepik.com/vetores-premium/partes-de-um-carro-de-combustao-interna_40513141.htm. Acesso em: 16 de mai 2024.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOIÁS. Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás. **Manual Operacional de Bombeiros: Combate a Incêndio Urbano**. Goiânia: CBMGO, 2017. Disponível em: <https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2015/12/MOB-Combate-a-Incêndio-Urbano-CBMGO.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2024.

GOIÁS. Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás. **Procedimento Operacional Padrão. Combate a Incêndio Urbano: veículos**. 2. Ed. Goiânia: CBMGO, 2018. Disponível

em: <https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2023/11/POP-Procedimento-Operacional-Padrao-1.pdf>. Acesso: em 16 mar. 2024.

GOIÁS. Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás. **9ª Seção do Estado Maior Geral**. 2024c.

GOIÁS. Departamento Estadual de Trânsito de Goiás. **Frotas de veículos de GO**. 2024a. Disponível em: <https://painéis.detran.go.gov.br/extensions/Frota/Frota.html>. Acesso em: 07 abr. 2024.

GOIÁS. Governo do Estado de Goiás. **Primeiro ônibus do Eixo Anhanguera chega a Goiânia**. 2024b. Disponível em: <https://goias.gov.br/primeiro-onibus-eletrico-do-eixo-anhanguera-chega-a-goiania/>. Acesso em: 16 mar. 2024.

HOYER, K. G. **The History of Alternative Fuels in Transportation: The Case of electric and Hybrid Cars**. Utilities Policy. S/l: Elsevier, 2008.

HYNYNEN, Jonna *et al.* **Electric vehicle fire safety in enclosed spaces**. 2023. RISE Research Institutes Of Sweden, 51 p. (42).

HESSELS, T. Submerging container and its possible alternatives: a comparative assessment study. **Proceedings from the Seventh International Conference on Fires in Vehicles**, p. 221-225, Stavanger, Norway, April 24-25, 2023. RISE Research Institutes Of Sweden.

IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Global EV Outlook 2023: Catching up with climate ambitions**. 2023. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>. Acesso em: 16 mar. 2024.

LEDO, D. B. M. **Powertrain de um veículo elétrico - estudo térmico da bateria e projeto mecânico**. 2014. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica) Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal.

MARCONI, M. DE A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MINAS GERAIS. Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais. **Manual de Bombeiros Militar: Combate a Incêndio Urbano (MABOM-CIURB)**. Belo Horizonte: CBMMG, 2020.

MOREIRA, N. S. **Eletromobilidade: estado atual dos veículos elétricos e das baterias de íons lítio (BILs)**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo.

NFPA - NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. **U.S. Fire Problem: Vehicle fires**. 2020. Disponível em: <https://www.nfpa.org/education-and-research/research/nfpa-research/fire-statistical-reports/vehicle-fires>. Acesso em: 17 mar. 2024.

NFPA - NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. **Electric vehicle accident in Texas highlights need for first responders to learn about hazards and response tactics**. 2021. Disponível em: <https://www.nfpa.org/news-blogs-and-articles/blogs/2021/04/30/texas-electric-vehicle-crash-underscores-need-for-first-responders-to-learn-about-hazards>. Acesso em: 30 mar. 2024.

NTSB - NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD. **Safety Report: Safety Risks to Emergency Responders from Lithium-Ion Battery Fires in Electric Vehicles.** Washington, DC, 2020. Disponível em: <https://www.nts.gov/safety/safety-studies/Pages/HWY19SP002.aspx>. Acesso em: 28 abr. 2024.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E.C. **Metodologia do Trabalho Científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico.** 2ª Ed. Novo Hamburgo: Universidade Feevale, 2013.

ROSÉN, F. Vehicle fire suppression systems – retrospect, current and future regulation initiatives. **Proceedings from the Seventh International Conference on Fires in Vehicles**, p. 24-33, Stavanger, Norway, April 24-25, 2023. RISE Research Institutes Of Sweden.

ROSMULLER, N.; REINDERS, J. Fire safety of Zero Emission Buses depots: fire prevention and incident response. **Proceedings from the Seventh International Conference on Fires in Vehicles**, p. 68-79, Stavanger, Norway, April 24-25, 2023. RISE Research Institutes Of Sweden.

SANTA CATARINA. Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. **Tópicos especiais: incêndio em veículos.** Florianópolis: CBMSC, 2020.

SFS – SAMARBEID FOR SIKKERHET. **Current Recommendations (050E): Handling of Lithium-ion batteries.** 2022. Disponível em: <https://samarbeidforsikkerhet.no/recommendation/?lang=en>. Acesso em: 29 mar. 2024.

STAVE, C.; CARLSON, A. A case study exploring firefighters' and municipal officials' preparedness for electrical vehicles. **European Transport Research Review.** Sweden: ano 2017 n. 9 p. 327-345, may 2017.

SUN, Peiyi *et al.* A Review of Battery Fires in Electric Vehicles. **Fire Technology**, [S.L.], v. 56, n. 4, p. 1361-1410, 11 jan. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10694-019-00944-3>.

TIE, S. F.; TAN, C. W. A review of energy sources and energy management system in electric vehicles. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [S.L.], v. 20, p. 82-102, abr. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2012.11.077>

USFA – U.S. FIRE ADMINISTRATION. **Outside and Vehicle Fire Causes.** 2024. Disponível em: <https://www.usfa.fema.gov/statistics/outside-vehicle-fires/>. Acesso em: 17 mar. 2024.

VONBUN, C. **Impactos ambientais e econômicos dos veículos elétricos e híbridos plug-in: uma revisão da literatura.** 2015. Texto para Discussão, n. 2123, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília.

APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

BASEADO NAS DIRETRIZES CONTIDAS NA RESOLUÇÃO CNS Nº466/2012, MS.

Prezado Senhor,

Esta pesquisa é sobre “ANÁLISE DOS DESAFIOS DO CBMGO NAS PERAÇÕES DE COMBATE A INCÊNDIO EM VEÍCULOS RODOVIÁRIOS FRENTE AO CENÁRIO DA ELETROMOBILIDADE” e está sendo desenvolvida pelo discente: Capitão BM Vilmar Teixeira de Andrade, do Curso de Especialização em Gerenciamento de Segurança Pública – CEGESP, em parceria com a Universidade Estadual de Goiás - UEG, sob a orientação do Professor Dr. Licurgo Borges Winck.

O objetivo do estudo é: conhecer as características e particularidades dos incêndios em veículos eletrificados, alimentados por baterias de íons de lítio, visando ao aprimoramento da doutrina operacional do CBMGO em ocorrências dessa natureza.

A finalidade deste trabalho é antecipar os conhecimentos mínimos necessários para uma atuação efetiva e segura nas operações de combate a incêndio em veículos elétricos, agregando conhecimento para adequar procedimentos e construir doutrina específica nessa temática.

Solicitamos a sua colaboração para responder aos questionamentos na entrevista, como também sua autorização para apresentar os resultados deste estudo em eventos da área de segurança pública e publicar em revista científica nacional e/ou internacional. Garantimos ao Sr. a manutenção do sigilo e da privacidade de sua participação e de seus dados durante todas as fases da pesquisa e posteriormente na divulgação científica.

Esclarecemos que sua participação no estudo é voluntária e, portanto, o senhor não é obrigado a fornecer as informações e/ou colaborar com as atividades solicitadas pelo Pesquisador. Caso decida não participar do estudo, ou resolver a qualquer momento desistir do mesmo, não sofrerá nenhum dano. Os pesquisadores estarão à sua disposição para qualquer esclarecimento que considere necessário em qualquer etapa da pesquisa.

Assinatura do pesquisador responsável

Considerando, que fui informado do objetivo e da relevância do estudo proposto, de como será minha participação, dos procedimentos e riscos decorrentes deste estudo, declaro o meu consentimento em participar da pesquisa, como também concordo que os dados obtidos na investigação sejam utilizados para fins científicos (divulgação em eventos e publicações). Estou ciente que receberei uma via desse documento.

Anápolis, de abril de 2024

Assinatura do participante

RESPONSÁVEIS PELA PESQUISA

Instituição: Secretaria da Segurança Pública do Estado de Goiás – SSP-GO

Departamento: Coordenadoria de Ensino da SSP-GO

Telefone: (62) 3201-1057

E-mail: ensino@sspj.go.gov.br

Endereço: Avenida Anhanguera, n. 7364, Setor Aeroviário, Goiânia – Goiás

Coordenadores do CEGESP: Janaina do Couto Mascarenhas e Rafael Barreira Alves.

Pesquisadores:

Pesquisador: Capitão BM Vilmar Teixeira de Andrade

Telefone: (62) 99191-3971

E-mail: andrademilitar@gmail.com

Breve descrição do currículo: oficial do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, Especialista em Combate a Incêndio Urbano, Instrutor de Combate a Incêndio Urbano, graduado em Química Licenciatura (UEG), pós-graduado em Gestão Pública.

Orientador: Capitão BM Licurgo Borges Winck

E-mail: licurgo2006@gmail.com.

Breve descrição do currículo: oficial do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, Especialista em Mergulho Autônomo, Doutor em Ciências Mecânicas.

Anápolis, de abril de 2024.

Assinatura do participante

**APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO PARA ENTREVISTA COM
REPRESENTANTE DA FABRICANTE DE VEÍCULOS ELETRIFICADOS**

1. Existe normativa que regulamenta (padroniza) a identificação de veículos elétricos a nível mundial ou nacional?
2. Há diferença no carregamento de veículos elétricos realizado em pontos de recarga instalados nas edificações em geral e nas estações de carregamento em eletropostos (carga rápida)?
3. Qual o maior risco para as atividades dos Corpos de Bombeiros envolvendo veículos elétricos?
4. Qual o maior risco para a ocorrência de incêndios em veículos elétricos?
5. Há local padrão para o corte/desabilitação da energia de alta tensão num veículo elétrico?
6. A empresa que o Sr. representa disponibiliza fichas de resgate, visando auxílio dos socorristas, para os modelos comercializados no Brasil?

**APÊNDICE C - QUESTIONÁRIO PARA ENTREVISTA COM PROFESSOR DO
CURSO DE MECÂNICA AUTOMOTIVA**

1. Existe normativa que regulamenta ou protocolo que orienta o serviço de manutenção em veículos elétricos?
2. Qual o maior risco no manuseio de veículos elétricos?
3. Qual o procedimento padrão para o corte/desabilitação do sistema de alta tensão de um veículo elétrico?
4. Qual o maior risco para ocorrência de incêndios em veículos elétricos?
5. O Sr. tem alguma informação que julga ser interessante para a segurança dos bombeiros nas operações de combate a incêndios?