

ARTIGO ORIGINAL

ATENDIMENTO A OCORRÊNCIAS ENVOLVENDO VEÍCULOS HÍBRIDOS E ELÉTRICOS PELO CBMMG: PROPOSTA DE SISTEMATIZAÇÃO

Rodrigo Fernandes de Almeida¹, Alexandre Cardoso Barbosa¹

1. Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais

RESUMO

O crescimento da frota de veículos híbridos e elétricos, no Brasil, traz um desafio aos serviços de atendimento a emergências e, em Minas Gerais, por ter a maior malha viária do país, a chance de que o Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais tenha que atuar em ocorrências dessa natureza é ainda maior. Faz-se necessário a preparação da tropa e o estabelecimento de procedimentos operacionais padronizados para o atendimento a essas ocorrências, que tendem a ser cada vez mais recorrentes. A literatura nacional é limitada no que se refere ao tema tanto pelo pouco contato com a tecnologia (eletrificação) pelos corpos de bombeiros quanto pela baixa oferta, até então, de veículos híbridos ou elétricos no mercado brasileiro. Buscou-se, então, na literatura verificar as melhores práticas no atendimento de ocorrências envolvendo veículos híbridos e elétricos com o objetivo de fomentar a elaboração de um protocolo que possibilite sucesso na resposta a esses eventos, além de proporcionar maior segurança aos militares. Este trabalho é uma revisão narrativa da literatura acerca do tema, sendo que foram analisados documentos da NFPA, CTIF, APRAT, além de manuais de corpos de bombeiros de outros estados brasileiros. A sistematização proposta é uma compilação das ações mais recorrente nos manuais, protocolos e padronizações revisadas.

Palavras-chave: salvamento veicular; veículos elétricos; veículos híbridos; Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais.

RESPONSE TO OCCURRENCES INVOLVING HYBRID AND ELECTRIC VEHICLES BY CBMMG: SYSTEMATIZATION PROPOSAL

ABSTRACT

The growth of electric/hybrid vehicle fleet in Brazil brings a challenge to the emergency response services and in Minas Gerais which has the greatest road network the chance of local firefighters having to face incidents with these kinds of vehicles is even bigger. It is then necessary to prepare the troops and establish a standardized operational procedure to deal with this kind of event which tends to be more recurrent. The national literature is very limited on this subject due to the little contact with the electric/hybrid technology by the firefighters corps and also by the low offer, until then, of this kind of vehicle in the Brazilian market. It was then sought in the literature to verify the best practices and techniques in order to foster the development of a protocol that not only enables success in responding to events involving such vehicles but also provides greater security for the military. This article is a narrative review of the literature on the subject and documents from NFPA, CTIF, APRAT, as well as manuals from fire departments from other Brazilian states were analyzed. The proposed systematization is a compilation of the most recurrent actions in the manuals, protocols and revised standards.

Keywords: vehicle rescue; electric vehicles; hybrid vehicles; military firefighters corps of Minas Gerais

Recebido em: 15/07/2022

Aprovado em: 20/08/2022

E-mail: rodrigo.almeida@bombeiros.mg.gov.br, alexandre.barbosa@bombeiros.mg.gov.br

1 INTRODUÇÃO

O carro elétrico não é uma tecnologia nova. Segundo Baran (2012), no início do século XX, o mercado americano era dividido entre veículos a vapor e elétricos, sendo os elétricos, considerados tecnologicamente superiores. Baran (2012) cita também que, em 1901, já existia um automóvel com características de veículo híbrido, com o motor convencional (combustão interna), o qual gera tração e carrega uma bateria, e um motor elétrico, o qual fornece potência extra ou funciona sozinho dependendo das condições do trânsito. O autor cita ainda que há registros, datados de 1903, de outro veículo híbrido em que o motor de combustão interna era acoplado a um gerador e este fornecia potência elétrica a motores conectados diretamente às rodas (HOYER, 2008 *apud* BARAN, 2012).

Dentre os fatores que influenciaram o avanço do veículo a combustão em detrimento do elétrico destacam-se as rodovias, nos Estados Unidos, que, em 1920, já se estendiam por grandes distâncias e demandavam veículos com grande alcance; a redução do preço do combustível, devido às descobertas de petróleo no Texas; a criação, em 1912, de um dispositivo que eliminou a partida manual à manivela; e a linha de produção de Ford, responsável por reduzir pela metade o preço dos veículos à gasolina quando comparado aos elétricos da época (EIA DOE, 2009 *apud* BARAN, 2012).

Em 1960, motivado pela opinião pública sobre os problemas ambientais, os veículos elétricos voltaram a atrair a atenção das grandes montadoras. Nos anos de 1970, na busca de alternativas energéticas renováveis e pela baixa emissão de poluentes, houve novamente ambiente propício para esses veículos, mas os protótipos nunca foram produzidos em escala comercial (BARAN, 2012).

Nos anos 1990, vieram as legislações e incentivos relacionados às emissões de poluentes e fontes renováveis de energia, com a União Europeia definindo sua política de transportes por “uma estratégia para mobilidade sustentável”. Na Califórnia, legisladores decidiram que as montadoras do estado deveriam oferecer veículos elétricos aos consumidores (SOVACOOOL; HIRSH, 2008 *apud* BARAN, 2012), determinando até cotas percentuais de vendas de veículos com emissão zero (ZEV, *zero emission vehicle*) e incentivos às montadoras. Posteriormente, outros estados adotaram legislação semelhante (BARAN, 2012).

Observa-se, desde então, um crescimento nas vendas de veículos híbridos, no mercado norte-americano, em decorrência das políticas de incentivo. Os veículos híbridos podem ser considerados uma tecnologia intermediária entre os veículos convencionais, movidos a combustível, e os totalmente elétricos (BARAN, 2012).

No Brasil, segundo a Associação Brasileira do Veículo Elétrico, o total de veículos híbridos ou elétricos em circulação no país é de pouco mais de 30 mil unidades (primeiro

semestre de 2020). Em 2018, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (BRASIL, 2018) indicava cerca de 54,7 milhões de automóveis circulando pelo país e um crescimento anual médio (2006 a 2018) de cerca de 2,2 milhões. Extrapolando-se o estudo do IBGE para 2020, em termos percentuais, o total de veículos híbridos ou elétricos corresponde a 0,052%, desconsiderando o impacto da pandemia de COVID-19 (BRASIL, 2021a).

Apesar de incipiente, a frota de veículos elétricos está crescendo e, nos últimos três anos, houve um salto no emplacamento desse tipo de veículo (ANFAVEA/RENAVAM, 2020 *apud* ABVE, 2020).

A introdução dessa tecnologia nos transportes, além de proporcionar a redução na utilização de fontes não renováveis de energia, traz também novos e desconhecidos riscos às equipes de resposta a emergências (GRANT, 2010). Segundo Stave e Carlson (2017), na Suécia, os bombeiros possuem pouca experiência no atendimento a ocorrências envolvendo veículos elétricos e estão aprendendo reativamente. O estudo apontou que eles não identificam os riscos claramente e considerou vital uma forma mais eficiente de encontrar informações de segurança em atendimento a emergências para os novos veículos.

Em Minas Gerais, o órgão público que detém a responsabilidade constitucional de responder a acidentes de veículos é o Corpo de Bombeiros do Estado (MINAS GERAIS, 1989). A instituição militar conta com serviços de combate a incêndio, resgate e salvamento, além dos serviços de prevenção contra incêndio e pânico (MINAS GERAIS, 2015).

Diante desse cenário levantou-se as seguintes questões: Qual o padrão de atendimento a ser seguido em ocorrências envolvendo veículos híbridos e elétricos? Quais os riscos envolvidos e como mitigá-los?

O trabalho pretendeu analisar a necessidade de sistematização do atendimento de ocorrências para aumentar a segurança da cena, prevenindo o agravamento na situação da vítima e o acometimento dos bombeiros militares atuantes em ocorrências que envolvem veículos híbridos e elétricos.

Os objetivos específicos do estudo foram:

- a) levantar, na literatura, os principais riscos existentes no atendimento de ocorrências envolvendo veículos híbridos e elétricos;
- b) analisar e registrar as melhores práticas para o atendimento de ocorrências relacionadas a esse tipo de veículo;
- c) propor uma sistematização básica da resposta a eventos que envolvam tais veículos.

2 MÉTODO

Para alcançar os objetivos propostos, o trabalho realizou uma revisão narrativa da literatura que, segundo Rother (2007), é apropriada para descrever e discutir o

desenvolvimento ou o “estado da arte” de um determinado assunto, sob o ponto de vista teórico ou contextual.

Os dados foram coletados a partir de buscas pelo assunto nas bases de dados *Google Scholar* e *SciELO*, o que retornou poucos resultados devido à especificidade do tema. Desta forma os materiais específicos foram obtidos por pesquisa direta em sites de associações de bombeiros e órgãos de resposta a emergências. Os idiomas dos materiais utilizados ao longo do trabalho foram português, inglês, espanhol e francês.

Para a definição da sistematização foram considerados os documentos de instituições de renome internacional, tais como a *National Fire Protection Association*, *Asociación Profesional de Rescate en Accidentes de Tráfico* e *International Association of Fire and Rescue Services*.

A proposta de sistematização baseou-se nas sequências de ações e recomendações mais recorrentes encontradas nos documentos pesquisados. A sequência proposta é quase que unânime em toda literatura pesquisada.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 O CBMMG

O Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG) é uma instituição militar estadual organizada com base na hierarquia e disciplina (BRASIL, 1988). Como organização de segurança pública, contribui para a preservação da ordem pública e incolumidade das pessoas e do patrimônio (MINAS GERAIS, 1989).

A Constituição do Estado de Minas Gerais elenca como atribuições do CBMMG a coordenação e execução das ações de defesa civil, a prevenção e o combate a incêndio, perícia de incêndio, busca e salvamento e o estabelecimento de normas relativas à segurança das pessoas e de seus bens contra incêndio ou qualquer tipo de catástrofe (MINAS GERAIS, 1989).

Um dos objetivos estratégicos da corporação é buscar a excelência no atendimento com tempo-resposta. A quarta edição do Plano de Comando da instituição detalha esse objetivo como a vinculação do atendimento ao cidadão com qualidade e agilidade, dentro de parâmetros aceitáveis, buscando um padrão institucional para o desenvolvimento das atividades operacionais de resposta em ocorrências (MINAS GERAIS, 2021d). Esse objetivo está, em grande medida, alinhado ao que pretende este trabalho.

A Instrução Técnica Operacional 01 do CBMMG define como salvamento o conjunto de atividades, ações e operações com a finalidade de resgatar seres humanos, salvar animais e patrimônio, prevenir acidentes e recuperar corpos e bens materiais (MINAS

GERAIS, 2015).

Minas Gerais possui a maior malha rodoviária do país, cerca de 16% do total. São 272.062,9 km de rodovias federais, estaduais e municipais. Destaca-se também que existem muitos quilômetros de rodovias não pavimentadas, em sua maioria, rodovias municipais (MINAS GERAIS, 2021a).

Na base de dados do Governo Federal, consta que a frota total ativa do estado era de 70,20 milhões de veículos em 2020 e que ocorreram, naquele ano, 229.145 acidentes no estado, deixando 1.873 mortos e outras 364.172 vítimas não fatais (BRASIL, 2021b).

O Relatório Global de Segurança nas Estradas, de 2018, da Organização Mundial da Saúde, indicou que 1,35 milhões de pessoas morrem no mundo em decorrência de acidentes no trânsito todos os anos. O estudo aponta uma média de 20 mortos no trânsito por 100.000 habitantes no Brasil e afirma que 23% dos mortos são ocupantes de carros ou veículos leves. Os dados foram computados entre 2006 e 2015 (WHO, 2018).

Já em Minas Gerais, segundo o Painel de Gestão Operacional do CBMMG, a média de atendimentos de ocorrências envolvendo veículos, entre os anos 2015 a 2020, das naturezas: explosão em veículo automotor; incêndio em veículo automotor; perigo de explosão/incêndio em acidente de trânsito; choque de automóvel; capotamento de automóvel; colisão entre automóveis; colisão entre automóvel e caminhão e colisão entre automóvel e ônibus foi de 4.288 ocorrências por ano, sendo que a ocorrência mais atendida no período foi incêndio em veículo automotor (MINAS GERAIS, 2021c).

Em 2018, o governo federal, por meio da Lei nº 13.614/2018, criou o Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões no Trânsito e, através desse, em 2020, foi realizado um diagnóstico para a padronização da coleta e do tratamento de dados sobre acidentes em todas as unidades da federação. A base de dados é consolidada pelo Registro Nacional de Acidentes e Estatísticas de Trânsito (BRASIL, 2021b).

Atualmente, a categorização quanto ao tipo e veículo envolvido em ocorrências atendidas pelo CBMMG não é possível. O sistema de Registro de Eventos de Defesa Social (REDS), utilizado pelos órgãos de segurança pública para o registro das ocorrências atendidas, ainda não possui campo específico para indicação se o veículo é convencional ou de combustível alternativo, o que dificulta a obtenção de dados estatísticos quanto ao número de eventos atendidos envolvendo veículos híbridos e elétricos (MINAS GERAIS, 2021b).

Até a elaboração deste trabalho, o CBMMG não possuía nenhum documento normativo que padronizasse a ação dos militares em ocorrências abrangendo veículos. A consulta feita à terceira seção do Estado-Maior da corporação revelou que está em elaboração uma Instrução Técnica Operacional que versa sobre o assunto. Apesar disso, a corporação oferece esporadicamente o Curso de Salvamento Veicular para a capacitação

de seus militares. Grant (2010) afirma que a segurança dos militares na cena depende do conhecimento e do manejo correto dos riscos inerentes ao atendimento e cita que esse manejo é inerente ao treinamento e preparação.

3.2 Generalidades

Esta seção tratará das definições básicas e diferenças entre os veículos convencionais e os de combustíveis alternativos. Dentre os veículos de combustíveis alternativos, será dado enfoque aos propulsionados por energia elétrica.

3.2.1 Tipos de veículos

Ferraz (2004) define, em seu trabalho, veículos convencionais como aqueles propulsionados por um motor de combustão interna, composto por um ou mais cilindros, onde ocorre a combustão da mistura ar/combustível, e esse combustível como o definidor do ciclo térmico do motor.

Já os veículos de combustíveis alternativos (AFV) são aqueles abastecidos por outros tipos de combustíveis que não aqueles tradicionais, diesel, gasolina e álcool (GRANT, 2016). Se dividem em: Veículos Híbridos (HEV), *Plug-in* Híbridos (PHEV), Elétricos (EV), Célula de Combustível (FC), Combustível Gasoso (CNG) e Bicomcombustível (Bi-CNG) (NFPA, 2018).

O presente trabalho, conforme já mencionado, tratará dos aspectos básicos da resposta a emergências envolvendo os veículos elétricos, híbridos e híbridos *plug-in* em comparação com os modelos convencionais.

3.2.2 Veículos híbridos e elétricos

Castro e Ferreira (2010) caracterizam veículo elétrico como os tracionados direta ou indiretamente por, pelo menos, um motor elétrico. Os autores dividem esses veículos simplificada em duas classes, os elétricos puros e os híbridos.

Os híbridos são veículos que combinam o motor convencional, de combustão interna, com um ou mais motores elétricos, baterias e geradores. Tal montagem visa reduzir as ineficiências mecânicas inerentes aos sistemas convencionais (RASKIN; SHAH, 2006).

De maneira simplista, existem três possíveis arranjos: em série, o motor convencional é ligado a um gerador e não está diretamente ligado à tração do veículo; em paralelo, ambos os motores estão ligados à tração; ou uma combinação dos anteriores, na qual tanto o motor elétrico quanto o convencional estão ligados à tração, mas o de

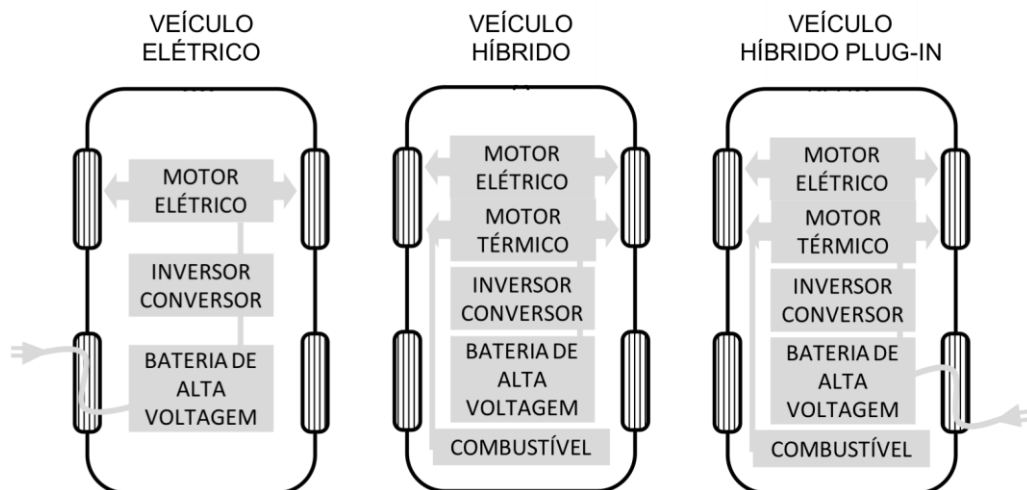
combustão interna ainda se liga a um gerador produzindo energia elétrica para a recarga das baterias simultaneamente com a tração (CASTRO; FERREIRA, 2010).

Há ainda os *plug-in* híbridos, que se caracterizam pela possibilidade de se carregar as baterias por uma tomada, compartilhando características dos veículos híbridos e dos elétricos puros (NFPA, 2018).

Já os ditos elétricos puros não possuem motores de combustão interna e a tração é inteiramente produzida por energia elétrica fornecida pelas baterias, em sua maioria (CASTRO; FERREIRA, 2010).

A figura 1 demonstra de maneira esquemática as montagens explicadas acima. Nota-se que no veículo elétrico existe apenas uma máquina elétrica responsável pela tração, enquanto nos modelos híbridos tanto o motor convencional térmico quanto o elétrico produzem movimento. A figura demonstra ainda que a diferença dos modelos híbridos para os híbridos *plug-in* é a possibilidade de se carregar as baterias diretamente pela rede elétrica em estações de carregamento, como é feito nos modelos elétricos puros.

Figura 1 - Veículos híbridos e elétricos



Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em APRAT, 2019.

Tratando-se de arquitetura e componentes, os veículos híbridos e elétricos apresentam algumas diferenças quando comparados aos tracionados por motores de combustão interna. Componente central de um veículo elétrico, a bateria, apesar de estar presente nos bôlidos convencionais, apresenta características diferentes nos modelos híbridos e elétricos. Nesses modelos, a bateria é responsável também por armazenar energia destinada à tração, o que não ocorre nos automóveis convencionais (CASTRO; FERREIRA, 2010).

Santos (2020), em seu livro, salienta que as baterias armazenam energia na forma de células eletroquímicas e geram energia elétrica pelo processo de oxirredução. Outros

componentes responsáveis pelo armazenamento de energia são os supercapacitores. Estes acumulam energia por armazenamento eletrostático e possuem capacidade de carga e descarga rápidos.

As máquinas elétricas, componentes dos veículos híbridos e elétricos, dividem-se em duas classes, as estáticas e as rotativas. As estáticas são aquelas que não apresentam nenhum movimento em sua constituição e durante o seu funcionamento, como é o caso dos transformadores. Já as rotativas são aquelas que contam com uma parte móvel, os motores e os geradores. Tanto as máquinas estáticas quanto as rotativas funcionam pelo princípio da indução eletromagnética (SANTOS, 2020).

Além dos componentes citados anteriormente, existem ainda aqueles responsáveis pelo processamento da energia. Tais equipamentos fazem parte da eletrônica de potência e tratam da conversão e controle da energia elétrica para as diversas aplicações do veículo. Basicamente, a conversão é realizada em níveis de corrente contínua para alternada e vice-versa, já o controle é realizado em termos de tensão, corrente e frequência (SANTOS, 2020).

Em linhas gerais, o mesmo autor aponta os seguintes componentes principais de veículos eletrificados: motor de combustão interna (exclusivo para os modelos híbridos), máquinas elétricas (transformador, motor e gerador), armazenadores de energia (baterias e supercapacitores) e eletrônica de potência para processamento de energia.

3.3 Riscos na resposta a ocorrências envolvendo veículos

Há uma grande variedade de ocorrências que envolvem veículos e são atendidas diariamente pelo CBMMG. Das naturezas típicas de bombeiros estabelecidas pela Diretriz Integrada de Ações e Operações, as ocorrências envolvendo veículos podem estar classificadas nos grupos referentes a explosão e incêndio, busca e salvamento e atendimento pré-hospitalar (MINAS GERAIS, 2021b).

Independentemente do tipo de ocorrência a ser atendida, os militares estão sujeitos a riscos que devem ser mitigados e conhecidos antes da intervenção no veículo. Alguns exemplos de riscos inerentes à atuação em acidentes de veículos são o trânsito, o incêndio, o vazamento de combustível, a instabilidade do veículo acidentado, a queda de cabos elétricos, as condições meteorológicas, os *airbags* não ativados, o grande número de pessoas curiosas, os buracos e os deslizamento de terra (OLIVEIRA, 2005).

Os riscos inerentes aos veículos propulsionados por motores convencionais (combustão interna) são bem massificados. A situação não é a mesma com os movidos a combustíveis alternativos, os quais podem trazer riscos maiores ou menores, mas notadamente diferentes, e requerem uma expectativa além do treinamento e experiência

normais (GRANT, 2016). Tais riscos, apesar de diferentes, desde que sejam conhecidos, não são extraordinários em termos de controle e mitigação (GRANT, 2010).

Além dos riscos normalmente encontrados em veículos convencionais (combustão interna), devem ser considerados outros, em caso de envolvimento de veículo híbrido ou elétrico, relacionados a choques elétricos, movimentação do veículo e incêndio (GRANT, 2010).

Na Inglaterra, o Guia Operacional Nacional do Conselho Nacional de Chefes de Bombeiros (NFCC) elenca alguns riscos inerentes a veículos híbridos e elétricos sujeitos a colisão, imersão ou incêndio, quais sejam: movimentos imprevisíveis e ou incontrolláveis do automóvel, carga residual nos sistemas de alta voltagem, explosão das baterias, materiais perigosos na composição da bateria (íon lítio, por exemplo) e vazamento de eletrólitos (NFCC, 2021).

O Manual Operacional de Bombeiros para Resposta a Emergências de Veículos de Vienne (França), certificado como melhores práticas pela Associação Internacional dos Serviços de Incêndio e Resgate (CTIF), salienta que os veículos híbridos e elétricos são construídos com aspectos de segurança intrínsecos, para a garantia da integridade dos circuitos elétricos e também a segurança dos passageiros. Segundo o documento, os cabos de alta tensão, de cor alaranjada, são localizados fora das áreas usuais de corte, apresentam comprimento reduzido e os pacotes de baterias são à prova de choque, localizados em áreas protegidas do veículo (DELAUNAY, 2020).

Esse manual detalha ainda que muitos veículos apresentam dispositivos especiais para desconexão das baterias, sejam esses automáticos, por choque (mecânico) violento ou aumento da temperatura, ou manuais (chaves de serviço). Algumas baterias contam também com portas de acesso para bombeiros de forma a facilitar a extinção de chamas (DELAUNAY, 2020).

3.4 Procedimentos gerais para veículos híbridos e elétricos

Para uma atuação segura e ágil, o manual de salvamento veicular do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina estabelece a rotina de resgate como o conjunto de etapas que deverão ser cumpridas na cena durante a fase de resposta. São elas: estabelecer o comando, dimensionar a cena, gerenciar os riscos, estabilizar e acessar a(s) vítima(s), realizar a avaliação inicial da(s) vítima(s), desencarcerar, extrair, executar a avaliação dirigida e transportar e transferir a(s) vítima(s) (SANTA CATARINA, 2017).

3.4.1 Dimensionamento da cena

O guia de campo da *National Fire Protection Association* (NFPA) para atendimento de emergências em veículos de combustível alternativo estabelece que o dimensionamento da cena consiste em três etapas: identificar, imobilizar e desabilitar. O guia determina ainda que, previamente à identificação, todos os veículos envolvidos em acidentes devem ser tratados como híbrido, elétrico ou de combustível alternativo (NFPA, 2018).

As literaturas pesquisadas são taxativas em afirmar a importância da identificação do tipo de veículo. Grant (2010) escreve em seu relatório que, para o manejo seguro do evento, a identificação entre elétrico e híbrido é um aspecto crítico que não deve ser negligenciado. Tal identificação pode ser realizada ao andar em torno do veículo acidentado, procurando localizar marcas indicativas, pelo painel de instrumentação ou diretamente ao verificar o vão motor. Alguns veículos são facilmente identificáveis, já outros não apresentam a mesma simplicidade. Mesmo que o veículo não ostente marcas indicativas externas, ainda assim estarão presentes os indicativos de alta voltagem (NFPA, 2018).

Dependendo da gravidade do acidente ou da presença de incêndio, a identificação do veículo pode ser dificultada, dessa forma se farão necessários métodos de identificação alternativos (NFPA, 2018). O NFCC aponta como fontes importantes para a identificação do tipo de veículo envolvido no acidente o motorista ou passageiro, informações coletadas pela Sala de Operações da Unidade (SOU) (trazido para a realidade do CBMMG), marcas no veículo e documentos do veículo. O mesmo guia indica como ação estratégica, no atendimento deste tipo de ocorrência, a atuação de pessoas com acesso a informações atualizadas a respeito de veículos com combustíveis alternativos (NFCC, 2021).

Após a identificação do tipo de veículo acidentado, passa-se para a fase de imobilizar e desabilitar. Para tal, o procedimento consiste em chave na posição “desligado” além de freio de estacionamento aplicado, marcha na posição “*park*” (P) e veículo calçado. Se o veículo possuir uma chave do tipo presença, o procedimento exige que essa seja colocada a, no mínimo, cinco metros do veículo (DELAUNAY, 2020). Todo o veículo deve estar devidamente imobilizado antes da realização de qualquer intervenção ao seu redor. Veículos híbridos e elétricos aparentam estar desligados mesmo quando não estão, devido à ausência do barulho do motor. A aproximação do veículo deve ser feita em um ângulo de 45° para evitar a possível rota de movimento (NFPA, 2018).

3.4.2 Estabilização do veículo

A estabilização de um veículo acidentado consiste em assegurar que o veículo não se movimente durante a operação de retirada da vítima. O objetivo da estabilização é a

criação de um cenário seguro para os militares na cena e também prevenir o agravamento na situação das vítimas. Nunca se deve mover um veículo acidentado com vítimas em seu interior, a não ser para evitar um risco maior, explosão por exemplo (APRAT, 2019).

Para a estabilização de um veículo híbrido ou elétrico, as técnicas e ferramentas utilizadas não diferem muito daquelas utilizadas em um veículo convencional. A operação de estabilização deve levar em consideração a presença de baterias de alta voltagem (DELAUNAY, 2020). Deve-se atentar ao posicionamento dos estabilizadores para não esmagarem os cabos de alta voltagem contra a estrutura do veículo (NFPA, 2018).

3.4.3 Extricação de vítimas

O Manual de Salvamento Veicular do Corpo de Bombeiros Militar do Rio de Janeiro define extricação como a técnica especial para retirar a vítima de situação da qual ela não poderia sair sozinha sem risco inaceitável à integridade física, sobretudo da coluna vertebral (DO CARMO, 2018 *apud* RIO DE JANEIRO, 2019).

Para a extricação de vítimas presas ou encarceradas, deve-se realizar uma inspeção visual no veículo a fim de se determinar o posicionamento de *airbags*, componentes de alta voltagem e linhas de combustível. Os cabos de alta voltagem geralmente encontram-se fora das zonas de corte, partindo das baterias para o vão motor por baixo do assoalho do veículo. As baterias e alguns equipamentos elétricos podem impedir algumas técnicas avançadas de extricação. Cabos de baixa e média tensão (azuis e amarelos, geralmente) devem ser tratados da mesma forma que os de alta tensão (alaranjados) (NFPA, 2018).

Uma técnica que permite que todos na cena identifiquem o tipo de veículo consiste na verificação e marcação, na lataria do veículo, o posicionamento de cabeamento, baterias, itens de segurança passiva e *airbags* por exemplo, além das zonas de corte (DELAUNAY, 2020).

Caso sejam danificadas, as baterias de alta voltagem podem produzir gases inflamáveis e tóxicos. Se forem notados odores não usuais e/ou irritação nos olhos, pele e vias aéreas, os militares devem utilizar equipamento de proteção respiratória e roupa de incêndio completo.

Sendo detectados fluidos vazando, centelhas, barulho de borbulhamento ou fumaça proveniente das baterias de alta voltagem, deve ser providenciado a ventilação do veículo com a abertura das janelas e porta-malas para evitar o acúmulo de gases. Os sinais citados anteriormente são características potenciais de baterias superaquecidas e podem resultar em incêndio posteriormente. O conteúdo das baterias de alta voltagem devem ser considerados tóxicos, corrosivos e inflamáveis. Não se deve tocar uma bateria de alta

voltagem, mesmo que ela esteja danificada, o risco de choque elétrico permanece (NFPA, 2018).

3.4.4 Extinção de incêndio

A extinção de incêndios em veículos híbridos ou elétricos não requer nenhum equipamento ou técnica especial. A dificuldade da extinção das chamas depende de fatores tais como o tamanho e a localização da bateria, a extensão do fogo na bateria, a capacidade do agente extintor de acessar o compartimento da bateria e as aberturas que permitam aplicação de agente extintor diretamente nas células em chamas. Para o combate, deve ser utilizado água ou outro agente extintor padrão, sendo que a água não representa risco elétrico aos militares. O incêndio em baterias de veículos híbridos ou elétricos, dependendo do tamanho das células, requererá uma grande quantidade de água para ser extinto e portanto deve-se assegurar o seu suprimento na cena (NFPA, 2018).

O ataque ofensivo só é recomendado em casos em que a bateria não esteja envolvida no incêndio. Não se deve tentar abrir cegamente o capô ou cortar a estrutura do veículo para permitir que o agente extintor penetre nos compartimentos de bateria. O risco de se perfurar algum componente energizado e causar um choque elétrico severo é real. Qualquer pessoa que esteja na cena sem aparelho de proteção respiratória deverá permanecer com o vento pelas costas e evitar inalar fumaça devido a toxicidade de seus componentes (NFPA, 2018).

3.4.5 Veículo submerso

Em caso de submersão, a fonte de energia do veículo não representará um grande risco. As baterias em contato com a água entrarão em curto-circuito sem risco de eletrocussão (DELAUNAY, 2020).

Para acesso às vítimas e realizar a remoção do veículo, devem ser seguidos os procedimentos normais aplicados a veículos comuns. Deve-se evitar contato com os componentes e cabos de alta voltagem. O veículo deverá estar em terra e drenado para ser completamente estabilizado, nunca remova a desconexão de serviço em um veículo submerso (NFPA, 2018).

A formação de bolhas não é sinal de risco de choque elétrico, trata-se de uma reação de eletrólise da água e não energiza a água no entorno do veículo. Apesar de não implicar em risco de choque elétrico, a reação de eletrólise produz oxigênio e hidrogênio o que pode causar explosão em espaços confinados, portanto, pode ser necessário ventilar o interior do veículo. Assim que a produção de bolhas se encerrar, a bateria de alta voltagem estará

completamente descarregada (NFPA, 2018).

3.4.6 Vazamentos

As baterias de alta voltagem de veículos híbridos e elétricos são essencialmente consideradas como baterias de célula seca. Em caso de rompimento da carcaça, o vazamento de eletrólito será mínimo (NFPA, 2018).

Pela dificuldade de se determinar a composição dos eletrólitos das baterias de alta voltagem, esses precisam ser considerados tóxicos, inflamáveis e corrosivos. Dessa forma, é importante que os militares na cena estejam equipados com equipamento de proteção individual e proteção respiratória, e deve ser evitada a presença de pessoas alheias à ocorrência na cena. Os fluidos necessitam ser contidos pelos procedimentos usuais na contenção de resíduos automotivos e, quando possível, deve-se impedir a contaminação do meio ambiente por estes eletrólitos (NFPA, 2018).

3.5 Proposta de sistematização

O primeiro passo, ao se atender uma ocorrência que envolva veículos híbridos ou elétricos, é a identificação do veículo, que pode ser de forma direta, através de logotipo indicativo, ou indiretamente pela ausência de escapamento (veículo elétrico), pelo painel de instrumentos, presença visível de baterias de alta voltagem, cabos de grande calibre na cor laranja ou mesmo a porta de carregamento (APRAT, 2019).

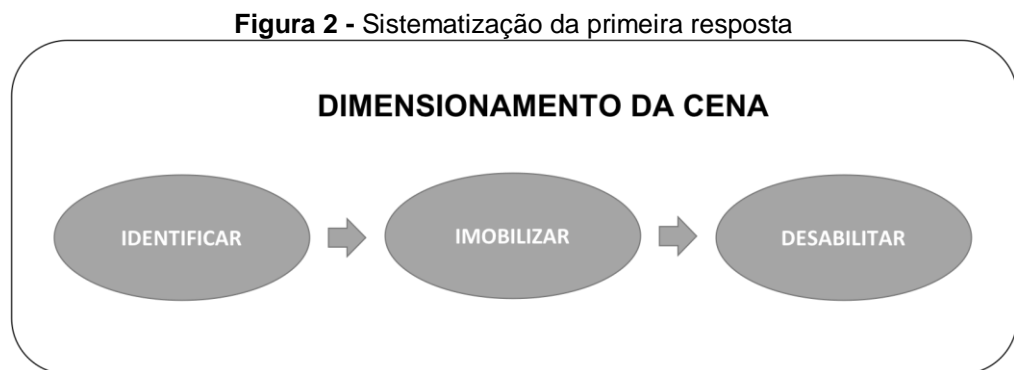
Após a identificação, deve-se proceder a imobilização do veículo. Para tanto deve-se calçar o veículo, acionar o freio de estacionamento e posicionar a alavanca seletora de marchas na posição “P” (NFPA, 2018).

O próximo passo trata da incapacitação do veículo, ou seja, da garantia de que este esteja desligado e não se movimente durante a ocorrência. Para tanto, deve-se posicionar a chave de ignição na posição “off” e posteriormente desconectar a bateria de 12V. Alguns veículos possuem chaves de proximidade, as quais devem ser posicionadas a pelo menos cinco metros do veículo para garantir sua incapacitação. Caso não seja possível encontrar a chave do veículo, a desconexão da bateria de 12V acarretará no desligamento do sistema de proximidade (NFPA, 2018).

As baterias de alta voltagem dos veículos híbridos e elétricos possuem chaves de serviço que, se acionadas, cortam a alimentação dos sistemas de alta voltagem (APRAT, 2019). Caso não seja possível a desconexão da bateria de 12V, sistema de baixa voltagem, se faz necessária a atuação sobre a chave (DELAUNAY, 2020). Nesses casos, é obrigatório o uso de luvas isolantes com nível de proteção mínima de 1.000V juntamente com viseira

específica para trabalho com eletricidade, pelo risco de choque elétrico e da formação de um arco voltaico (RIO DE JANEIRO, 2019). É importante ressaltar que, mesmo com as baterias desconectadas, os equipamentos elétricos do veículo podem permanecer energizados por cerca de dez minutos não devendo serem tocados sem equipamento de proteção individual (APRAT, 2019).

A figura 2 demonstra o procedimento básico que deve ser adotado em todos os atendimentos em que for necessário e possível se aproximar do veículo:



Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em NFPA, 2018.

Durante o atendimento da ocorrência, os cabos de cor alaranjada e os equipamentos elétricos do veículo não podem ser tocados (RIO DE JANEIRO, 2019). Em hipótese nenhuma, deve-se cortar um cabo de alta voltagem ou penetrar algum equipamento elétrico com ferramentas pelo risco de eletrocussão (NFPA, 2018).

Para combate a incêndio em veículos híbridos e elétricos, é necessário dispor de uma grande quantidade de água. A aplicação de pouca água potencializa o risco, podendo gerar vapores tóxicos. Caso disponha de pouca água, tem-se que optar pelo combate defensivo, podendo ser relevante isolar a cena e deixar o veículo queimar de maneira segura (NFPA, 2018).

Devido às baterias serem localizadas em compartimento protegido, é muito difícil aplicar agente extintor diretamente sobre as células em chamas. Contudo, a aplicação de uma grande quantidade de água resfriará a bateria, prevenindo que o incêndio se espalhe para as demais células. Mesmo após a extinção da chama visível, deve-se continuar aplicando água ou qualquer outro agente extintor nas baterias para resfriá-las prevenindo assim a reignição (NFPA, 2018).

Garantidos os passos mencionados acima e a devida atenção quanto aos requisitos de segurança específicos, os demais procedimentos para a resolução da ocorrência seguirão os mesmos procedimentos operacionais adotados para veículos convencionais (RIO DE JANEIRO, 2019).

Finalizada a fase de resposta, os veículos híbridos e elétricos devem ser transportados em reboques tipo prancha com as rodas fora do solo. Se as baterias foram danificadas no incidente é necessário contatar o fabricante ou representante para adotar as medidas de desenergização. Em veículos severamente danificados, existe a possibilidade de ignição posterior das baterias. Portanto, tais veículos não devem ser estocados a uma distância menor que 15 metros de outros veículos ou estruturas. Tal distância precisa ser aumentada devido ao tamanho do veículo (NFPA, 2018).

A figura 3 apresenta um resumo das ações genéricas e pontos de atenção que devem ser levados em consideração no atendimento das ocorrências envolvendo veículos híbridos e elétricos.

Figura 3 - Fluxo-resumo da proposta de sistematização.



Fonte: Elaborado pelos autores.

3.5.1 Fichas de resgate veicular

As fichas de resgate veicular foram desenvolvidas pelo Clube Geral Alemão de Automóveis (*Allgemeiner Deutscher Automobil-Club* – ADAC) com o intuito de auxiliar as equipes de resgate no salvamento de vítimas. Nessas fichas, encontram-se informações para a identificação do veículo, desenhos esquemáticos da carroceria com a localização dos itens de interesse para as equipes de resgate, tais como bateria, *airbags*, reforços na carroceria e tanque de combustível (ADAC, 2010 *apud* LIMA, 2012).

Lima (2012) afirma, em seu trabalho, que a proposta inicial do ADAC era que tais fichas fossem disponibilizadas aos proprietários dos veículos, os quais as deixariam disponíveis no interior do veículo. Para encontrar esse melhor posicionamento, com mais fácil acesso aos socorristas e com lugar menos afetado pelo acidente, o ADAC realizou vários testes. Somente após esses testes, o para-sol do lado do motorista foi o local escolhido.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presença de veículos híbridos e elétricos no trânsito mineiro já é uma realidade. A expansão da frota desse tipo de veículo é questão de tempo. O oferecimento de novos modelos por parte das montadoras, os incentivos governamentais, o aumento dos preços dos combustíveis convencionais e o crescimento da conscientização ambiental são fatores que contribuem para o aumento do interesse da população em adquirir tais automóveis.

Minas Gerais, por possuir a maior malha viária do país, está sujeito a ver crescer o número de acidentes com envolvimento de veículos híbridos e elétricos. Atualmente, conforme demonstrado, o CBMMG não possui uma forma de quantificar esse aumento e gerar uma estatística a respeito do tema. Se faz necessário atualizar o sistema REDS, de forma a possuir um campo específico de detalhamento do tipo de veículo acidentado. Tal estatística é importante para detectar se essas ocorrências estão sendo bem sucedidas, se as guarnições estão sendo colocadas em risco ou mesmo se acidentando.

Outro ponto fundamental é a padronização do atendimento e a qualificação dos militares para tal. Conforme detalhado ao longo deste trabalho, conhecer o risco e o que fazer para mitigá-lo é fator primordial para se evitar acidentes ou aumentar a gravidade do incidente a ser respondido.

Muitos documentos pesquisados detalham a importância de se ter pessoas com conhecimento a respeito de acidentes veiculares já no recebimento da chamada, para o correto direcionamento dos recursos necessários no atendimento da ocorrência e para

orientação dos militares na cena quanto aos requisitos de segurança e particularidades do veículo envolvido.

A proximidade entre as montadoras de veículo e os órgãos de resposta a emergências também foram evidenciados nos documentos internacionais pesquisados. Seria interessante, para os Corpos de Bombeiros brasileiros, buscar essa integração de maneira a obter informações técnicas atualizadas dos veículos comercializados, a fim de se evitar surpresas desagradáveis no atendimento a incidentes.

Da mesma forma, seria interessante que os Corpos de Bombeiros participassem do processo de homologação dos veículos, criando exigências para aumentar a segurança em caso de acidentes abrangendo veículos de maneira geral. Exemplo de exigência que poderia ser demandada seria a presença das fichas de resgate veicular que, conforme explicado no corpo deste artigo, contém informações e características do veículo que são relevantes para os envolvidos na resposta de incidentes.

Existem outros tipos de veículos com combustíveis alternativos que começarão a fazer parte da frota de veículos no país. Por exemplo, veículos alimentados por células de combustível ou movidos a hidrogênio, os quais trazem consigo outras características e riscos que devem ser levados em conta num possível incidente. Dessa forma, recomenda-se que haja um aprofundamento nessas novas tecnologias e que os manuais, procedimentos operacionais padrão e instruções técnicas operacionais tragam informações e padronizações a este respeito.

Sugere-se ainda outro estudo quanto a possibilidade da criação de uma associação nacional de bombeiros, ou operacionalização de alguma existente, no sentido de centralizar normas relevantes, promover treinamentos, estabelecer parâmetros e propor legislação, nos moldes do que é a NFPA, APRAT e CTIF por exemplo. Tal associação facilitaria a interação com as montadoras e a construção de uma doutrina operacional nacional com todos os Corpos de Bombeiros contribuindo com as melhores práticas.

Este trabalho não esgota o assunto abordado, mesmo porque as inovações tecnológicas surgem diariamente trazendo novos tipos de veículos e com eles, novos desafios. Portanto, é necessário que as entidades de resposta a emergências continuem pesquisando e se aprimorando no sentido de estabelecer padrões de atendimento que resultarão na segurança e no sucesso das operações.

A pesquisa ficou limitada a manuais, padronizações e trabalhos nas línguas portuguesa, inglesa e espanhola.

5 REFERÊNCIAS

- ABVE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO VEÍCULO ELÉTRICO. **Mercado de veículos elétricos volta a crescer**. 2020. Disponível em: <http://www.abve.org.br/mercado-de-carros-eletricos-volta-a-crescer-no-brasil-e-bate-recorde-no-semester/>. Acesso em: 08 jul. 2021.
- APRAT - ASOCIACIÓN PROFESIONAL DE RESCATE EM ACCIDENTES DE TRÁFICO. **Manual Básico de Rescate en Accidentes de Tráfico**. Toledo: APRAT, 2019.
- BARAN, R. **A introdução de veículos elétricos no Brasil**: avaliação do impacto no consumo de gasolina e eletricidade. 2012. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.
- BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Diário Oficial da União [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, nº 191-A, 5 de outubro de 1988, seção I.
- BRASIL. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Frota de veículos**: Brasil, 2018. 2021a. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/22/28120?ano=2018>. Acesso em: 20 jul. 2021.
- BRASIL. Ministério da Infraestrutura. **Registro Nacional de Acidentes e Estatísticas de Trânsito, 2020**. 2021b. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/arquivos-denatran/docs/renaest>. Acesso em: 20 jul. 2021.
- BRASIL. Ministério da Infraestrutura. **Registro Nacional de Acidentes e Estatísticas de Trânsito, 2021**. 2021c. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/arquivos-denatran/noticias/registro-nacional-de-acidentes-e-estatisticas-de-transito>. Acesso em: 20 jul. 2021.
- CASTRO, B. H. R.; FERREIRA, T. T. **Veículos elétricos**: aspectos básicos, perspectivas e oportunidades. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 32, 2010.
- DELAUNAY, S. *et al.* **Fire Service Operational Handbook - Emergency Response on Vehicles**. Ver. 7. Vienne: SIDS 86, 2020. Disponível em: <https://godr.sdis86.net/godr/godr-sd/index.html#p=1>. Acesso em: 17 mai. 2021.
- FERRAZ, C. V. **Sistemas Controlados de Propulsão de Veículos Automotores**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, USP, 2004.
- GRANT, C. C. **Alternative Fuel Vehicle Safety Summit**. Massachusetts: Fire Protect Foundation, 2016.
- GRANT, C. C. **Fire Fighter Safety and Emergency Response for Electric Drive and Hybrid Electric Vehicles**. Massachusetts: Fire Protect Research Foundation, 2010.
- LIMA, M. V. P. **Implementação das Fichas de Resgate Veicular na Frota Automobilística Brasileira**. 2012. Monografia (Pós graduação em Engenharia Automotiva) – Escola de Engenharia Mauá, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, 2012.
- MINAS GERAIS. [Constituição (1989)]. **Constituição do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, 1989.
- MINAS GERAIS. **Conheça Minas**: Rodovias, 2014. 2021a. Disponível em: <https://www.mg.gov.br/conheca-minas/rodovias>. Acesso em: 15 jul. 2021.

MINAS GERAIS. Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais. **Instrução Técnica Operacional 01**: Padronização do Serviço Operacional. Belo Horizonte: CBMMG, 2015.

MINAS GERAIS. Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais. **Intranet CBMMG**: Painel de Gestão Operacional, 2021. Belo Horizonte: CBMMG – Terceira Seção do Estado-Maior, 2021c. Disponível em: <https://intranet.bombeiros.mg.gov.br/units/0000000008/7777>. Acesso em: 15 jul. 2021.

MINAS GERAIS. Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais. **Plano de Comando 2015/2026**. 4.ed. Belo Horizonte: CBMMG, 2021d.

MINAS GERAIS. Sistema Integrado de Defesa Social. **Diretriz Integrada de Ações e Operações**: Típicas de Bombeiros, 2021. 2021b. Disponível em: <https://diao.sids.mg.gov.br/ii-tipicas-bm>. Acesso em: 22 jul. 2021.

NFCC - NATIONAL FIRE CHIEFS COUNCIL. **National Operational Guidance Hazard Roadways**: Alternative fuel vehicles. NFCC, 2021. Disponível em: <https://www.ukfrs.com/guidance/search/roadways-alternative-fuel-vehicles>. Acesso em: 19 mai. 2021.

NFPA - NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. **Emergency Field Guide**. Massachusetts: NFPA, 2018.

OLIVEIRA, E. L. **Salvamento e Desencarceramento**. Sintra. Escola Nacional de Bombeiros, 2005.

RASKIN, A.; SHAH, S. **The emergence of hybrid vehicles: ending oil's stranglehold on transportation and the economy**. Alliance Bernstein Research on Strategy Change, 2006. Disponível em: http://www.alliancebernstein.com/CmsObjectCareers/pdf/BlackBook_HybridVehicles_0606.pdf. Acesso em: 06 jun. 2021.

RIO DE JANEIRO. Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro. **Manual de Salvamento Veicular**. Rio de Janeiro: CBMRJ, 2019.

ROTHER, E. T. Revisão sistemática x revisão narrativa. **Acta paul. enferm.**, v. 20, n. 2, 2007. DOI: 10.1590/S0103-21002007000200001.

SANTA CATARINA. Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. **Manual de Capacitação em Resgate Veicular**. 1. ed. Florianópolis: CBMSC, 2017.

SANTOS, M. M. D. **Veículos Elétricos e Híbridos**: Fundamentos, Características e Aplicações. São Paulo: Érica, 2020.

STAVE, C., CARLSON, A. A case study exploring firefighters' and municipal officials' preparedness for electrical vehicles. **Eur. Transp. Res. Ver.**, v. 9, n. 25, 2017. DOI: 10.1007/s12544-017-0240-1.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global Status Report on Road Safety 2018**. Geneva: WHO, 2018.