

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA
DIRETORIA DE ENSINO
CENTRO DE ENSINO BOMBEIRO MILITAR
ACADEMIA BOMBEIRO MILITAR

AMÉRICO BLASI FRISON

ANÁLISE DOS RISCOS EM ACIDENTES ENVOLVENDO VEÍCULOS ELÉTRICOS
E SUAS PECULIARIDADES

FLORIANÓPOLIS

2019

Américo Blasi Frison

Análise dos riscos em acidentes envolvendo veículos elétricos e suas peculiaridades

Monografia apresentada como pré-requisito para conclusão do Curso de Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

Linha de Pesquisa: Atividade Operacional BM – Combate a incêndio e Resgate Veicular.

Orientador: 2º Ten BM Bruno de César Toledo Camilo

Florianópolis

2019

Frison, Américo Blasi

Análise dos riscos em acidentes envolvendo veículos elétricos e suas peculiaridades/ Combate a incêndio/ Resgate veicular. / Américo Blasi Frison. -- Florianópolis: CEBM, 2019.
58 p.

Monografia (Curso de Formação de Oficiais) – Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, Centro de Ensino Bombeiro Militar, Curso de Formação de Oficiais, 2019.

Orientador: 2º Ten BM Bruno de César Toledo Camilo, Esp.

1. Veículo Elétrico. 2. Resgate veicular. 3. Combate a incêndio, Bruno de César. II. Título.

AMÉRICO BLASI FRISON

**ANÁLISE DOS RISCOS EM ACIDENTES ENVOLVENDO VEÍCULOS ELÉTRICOS
E SUAS PECULIARIDADES**

Monografia apresentada como pré-requisito para conclusão do Curso de Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

Banca Examinadora:

Orientador:

Bruno de César Toledo Camilo
2º Ten BM
CBMSC

Membros:

Esp. DIOGO BAHIA LOSSO
Tenente-Coronel BM
CBMSC

Esp. GUILHERME MARTINS DA SILVA
2º Ten BM
CBMSC

Florianópolis, 4 de novembro de 2019

Dedico este trabalho ao meu avô e a toda minha família, que de forma única puderam engrandecer minha trajetória.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos colegas de turma, pois a jornada não iniciou-se na inclusão e sim com todo engajamento e esforço para que pudéssemos estar aqui realizando essa conquista.

Agradeço também a minha família, a qual sempre me apoiou e sempre estava disposta a oferecer ajuda nos momentos difíceis e apesar de estarem distantes, fazem a diferença, oferecendo muito carinho e força para conquistar meus objetivos.

Agradeço a Deus e a todos que de forma indireta, ofereceram sua oração para me proteger e fortalecer nessa caminhada.

“Todo homem morre, mas nem todo homem vive.”

(William Wallace)

RESUMO

O presente trabalho faz um estudo sobre os veículos híbridos e elétricos. Diversos incidentes começaram a acontecer no cenário mundial envolvendo estes tipos de veículos e os bombeiros que atuaram nesses acidentes acabaram tendo dificuldades para extinguir um incêndio presente em um destes veículos. Porém, quando se trata de veículo híbrido e elétrico, não é apenas incêndio que o bombeiro deve se preocupar, mas sim, com outros fatores que estes veículos apresentam como vazamentos de baterias de alta tensão, submersão, o resgate veicular, enfim, situações adversas à normalidade quando se trata de um veículo elétrico. Com esse propósito, foi realizada uma análise dos riscos que envolvem os acidentes com veículos elétricos. Foi utilizado a pesquisa bibliográfica, de natureza aplicada e exploratória descritiva. Pôde-se concluir que estes veículos possuem características próprias, devendo ter atenção e procedimentos específicos no atendimento a ocorrências envolvendo esses veículos.

Palavras-chave: Veículo Híbrido e Elétrico, Riscos, Acidentes, Alta tensão.

Índice de Figuras e Quadros

Quadro 1 - Comparativo veículo a gasolina com veículo elétrico.....	16
Figura 1 - Componentes dos veículos a combustão e elétrico.....	17
Figura 2 - Disposição das baterias em célula, módulo e <i>pack</i>	22
Figura 3 - Bateria de níquel-hidreto metálico e de íons de lítio, respectivamente.....	23
Figura 4: Plug para carregamento.....	24
Figura 5 - Resfriamento da bateria utilizando líquido refrigerante a base de Etilenoglicol.....	26
Figura 6 - Baterias que utilizam o ar como meio de resfriamento.....	26
Figura 7 - Identificação e localização dos componentes dos veículos elétricos.....	27
Figura 8 - <i>Plug-in</i> e direção da corrente elétrica.....	27
Quadro 2 - Riscos da eletricidade para o ser humano.....	28
Figura 9 - EPI's utilizados em operações envolvendo veículos elétricos.....	30
Figura 10 - Identificação de veículos híbridos e elétricos.....	32
Figura 11 - Identificação veículo híbrido e elétrico.....	32
Figura 12 - Identificação do cabo laranja (alta tensão).....	33
Figura 13 - Posição incorreta do calço, podendo danificar o cabo de alta tensão.....	34
Figura 14 - Imobilização de veículos com calços e hastes.....	35
Figura 15 - Identificação para corte do fio de baixa tensão (12 volts).....	36
Figura 16 - Identificação do Conector de Segurança - Alta tensão.....	36
Figura 17 - Desconectando somente a bateria de baixa tensão (12 volts).....	37
Figura 18 - Retirando somente o fusível que controla o Sistema de Alta tensão.....	38
Figura 19 - Identificação do veículo elétrico BMW i3.....	39
Figura 20 - Identificação do veículo elétrico BMW i3.....	40
Figura 21 - Localização dos cabos de alta tensão em veículos híbridos e elétricos.....	41
Figura 22 - NISSAN LEAF - Estrutura metálica e posição do SAV.....	42
Figura 23 - Combate ao incêndio através do porta-mala.....	44
Figura 24 - Aplicação de água diretamente na bateria e a verificação térmica da mesma..	45
Figura 25 - Armazenagem do VE após incêndio.....	46
Quadro 3 - Medidas a serem realizadas em um incêndio envolvendo em VH ou VE.....	48

LISTA DE SIGLAS

ABVE – Associação Brasileira de Veículos Elétricos
ANFAVEA – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
CA – Corrente Alternada
CC – Corrente Contínua
EPI – Equipamento de Proteção Individual
EPR – Equipamento de Proteção Respiratória
FV – Fotovoltaica
IPVA – Imposto sobre a Propriedade de Veículo Automotor
NFPA – *National Fire Protection Association*
SAE – Sociedade de Engenheiros Automotivos
SAV – Sistema de Alta Tensão
VE – Veículo Elétrico
VEB – Veículo Elétrico à Bateria
VECC – Veículo Elétrico de Célula à Combustível
VEH – Veículo Elétrico Híbrido
VES – Veículo Elétrico Solar
VH – Veículo Híbrido

Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 PROBLEMA.....	12
1.2 OBJETIVOS.....	13
1.2.1 Objetivo Geral.....	13
1.2.2 Objetivos específicos.....	13
1.3 JUSTIFICATIVA.....	13
1.4 FUNDAMENTAÇÃO METODOLÓGICA.....	14
2 VEÍCULOS ELÉTRICOS.....	16
2.1 MOTOR ELÉTRICO.....	18
2.1.1 Motores de Corrente Alternada (AC).....	19
2.1.1.1 Motor de Indução.....	19
2.1.1.2 Motor Síncrono.....	20
2.1.2 Motores de Corrente Contínua (CC).....	21
2.1.2.1 Motor escovado.....	21
2.1.2.2 Motor sem escova.....	21
2.2 SISTEMA DE FRENAGEM REGENERATIVA.....	22
2.3 BATERIA.....	22
2.4 BATERIA AUXILIAR.....	23
2.5 CONVERSOR CC/CC.....	24
2.6 ENTRADA PARA CARGA DE ENERGIA.....	24
2.7 REGULADOR DE POTÊNCIA.....	25
2.8 TRANSMISSÃO.....	25
2.9 UNIDADE DE CONTROLE.....	25
2.10 SISTEMA DE RESFRIAMENTO.....	26
3 RISCOS ENVOLVENDO VEÍCULOS HÍBRIDOS E ELÉTRICOS.....	28
3.1 MEDIDAS INICIAIS.....	30
3.1.1 Identificação.....	31
3.1.2 Imobilização.....	33
3.1.3 Desarme.....	35
3.2 EXTRAÇÃO.....	40
3.3 INCÊNDIO.....	43
3.4 SUBMERSÃO.....	48
3.5 VAZAMENTOS.....	49
4 CONCLUSÃO.....	51
5 REFERÊNCIAS.....	54

1 INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica atinge diversos setores, dentre eles o setor automobilístico. Antigamente a maior fonte de energia estava relacionada com os combustíveis fósseis, mais especificamente o petróleo, este ainda é o mais utilizado na geração de energia nos veículos atuais, porém, o mercado está evoluindo e estão surgindo veículos que utilizam pouco, ou até, nenhum produto oriundo do petróleo.

O primeiro veículo elétrico foi desenvolvido em 1835, por Thomas Davenport (GUARNIERI, 2012) e a partir deste momento, evoluções foram acontecendo e o surgimento de um veículo elétrico começou a ser cada vez mais evidente. No Brasil, o primeiro veículo elétrico desenvolvido foi o Gurgel Itaipu, em 1974 e em 1981 e 1982 foi produzido em série um utilitário, E-400, o qual utilizava baterias de chumbo-ácido (ENOSHITA, 2018).

Além dos veículos elétricos, foram desenvolvidos também veículos híbridos, que é um veículo misto, possuindo um motor de combustão interna, normalmente gasolina, e um motor elétrico que auxilia o motor principal a reduzir o consumo e emissões de poluentes. Analisando o cenário brasileiro, segundo a ANFAVEA (Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores), a venda de carros elétricos ou híbridos no Brasil representa apenas 0,05% do total de veículos comercializados. A previsão é que esse índice chegue a 0,4% em 2020, e passe para 2,5% em 2026, quando a expectativa é a de ter 100 mil elétricos nas ruas do país.

Portanto, a crescente presença de veículos elétricos no país faz com que o Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina realce as atenções quanto a este tipo de automóvel. A introdução de novos veículos no mercado mexe com todo o sistema que estes estão envolvidos e no foco em questão, a segurança.

Junto a esta evolução, o CBMSC deve estar pronto a atender ocorrências envolvendo estes tipos de veículos, pois é seu dever auxiliar a segurança pública, tendo como razão de sua existência proteger a vida, o patrimônio e o meio ambiente.

1.1 PROBLEMA

O número de veículos elétricos transitando pelas estradas brasileiras aumenta a cada ano. A busca de automóveis movidos por fontes limpas e que possuem um bom rendimento são fatores que favoreceram o crescimento na aquisição destes transportes.

Em Santa Catarina, a frota de carros elétricos e híbridos aumentou mais de 50% em quase dois anos. Apesar deste crescimento, estes correspondem a 0,01% da frota total de Santa Catarina (WENZEL, 2018).

Carros elétricos estão em alta, porém não significa que estão livres de acidentes. Várias notícias já foram divulgadas a respeito de acidentes envolvendo estes veículos e o maior risco envolvido é o de incêndio, causado pelos danos gerados nas baterias utilizadas, pois após iniciar o incêndio, as baterias se superaquecem e para apagá-las começa a se tornar difícil e demorado.

Alguns acidentes que ocorreram na Europa, envolvendo estes automóveis, mais especificamente os veículos da Tesla, foram difíceis de serem controlados e a montadora Tesla afirmou que os bombeiros acionados para apagar o incêndio não agiram de forma correta, fazendo com que o fogo persistisse (JORNAL DE NOTÍCIAS, 2017). Na Áustria, houve um acidente envolvendo um carro elétrico da Tesla no qual precisou de 35 bombeiros para controlar e apagar o fogo ocasionado pelas baterias de lítio (NOTÍCIA ALTERNATIVA, 2017).

Frente a essas ocorrências, as organizações de bombeiros encontraram dificuldades para extinguir os incêndios devido às particularidades inerentes a este tipo de veículo. Assim, o presente trabalho traz a seguinte problemática: **quais os riscos em acidentes envolvendo veículos elétricos e suas peculiaridades que diferem dos demais veículos?**

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Identificar os riscos relacionados com acidentes envolvendo veículos híbridos e elétricos e suas consequências.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Identificar os sistemas nos carros elétricos;
- b) Analisar os riscos e consequências de um acidente envolvendo veículos elétricos;
- c) Abordar os procedimentos de atendimentos a ocorrências envolvendo veículos elétricos.

1.3 JUSTIFICATIVA

As evoluções tecnológicas estão acontecendo e o Corpo de Bombeiro Militar de Santa Catarina deve estar atento a essas evoluções. Carros híbridos e elétricos são cada vez mais frequentes no Brasil devido aos seus altos rendimentos e baixa emissão de poluentes entre eles sonoros e gases tóxicos.

No Brasil, as vendas de carros elétricos subiram 65% de janeiro a maio de 2018, em comparação com o mesmo período de 2017, segundo dados divulgados pela Associação Brasileira de Veículos Elétricos (ABVE).

Atualmente a preocupação é buscar fontes limpas de energia e melhorar o rendimento destes veículos. Na Europa, há um incentivo na compra desses veículos pois, na compra de um veículo elétrico, há isenção do pagamento de impostos sobre o veículo, os quais podem chegar a 6.500 euros (Art.º 38.º do DL 39/2010, PORTUGAL). Em maio de 2014 a Prefeitura de São Paulo aprovou a Lei 15.997/14 que prevê que carros elétricos, híbridos e a célula de

hidrogênio emplacados na cidade recebam de volta 50% do IPVA (Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores) pago (ESTADÃO, 2015).

Além de São Paulo, outros estados possuem alíquotas do IPVA diferenciadas para carros elétricos, como Mato Grosso do Sul, Minas Gerias e Rio de Janeiro. Outros sete estados já ausentam o IPVA para quem comprar um veículo elétrico.

Portanto, estes veículos estarão cada vez mais presentes e será preciso ter conhecimento de seu funcionamento e possíveis problemas que possam gerar, como por exemplo, um incêndio. Vale ressaltar que, além dos incêndios, as baterias desses veículos, na combustão, emitem gases tóxicos, prejudiciais à saúde e por isso surge mais um alerta para que, todos, estejam preparados quando ocasionar este tipo de ocorrência.

1.4 FUNDAMENTAÇÃO METODOLÓGICA

Para atingir os objetivos propostos, realizou-se uma pesquisa bibliográfica, com o intuito de conhecer melhor os veículos elétricos. A pesquisa bibliográfica é feita a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, páginas de web sites. Foi utilizado também manuais técnicos dos fabricantes desses veículos, tais como Tesla, Toyota, Ford, Nissan e outras.

Qualquer trabalho científico inicia-se com uma pesquisa bibliográfica, que permite ao pesquisador conhecer o que já se estudou sobre o assunto. Existem, porém, pesquisas científicas que se baseiam unicamente na pesquisa bibliográfica, procurando referências teóricas publicadas com o objetivo de recolher informações ou conhecimentos prévios sobre o problema a respeito do qual se procura a resposta (FONSECA, 2002, p. 32)

Acompanhada a essa pesquisa, foi utilizado a pesquisa de natureza aplicada, visando gerar conhecimentos para que quando surgir ocorrências dessa característica, o CBMSC esteja preparado para atuar com eficiência e em conformidade com o problema exposto.

A fim de corroborar com o assunto abordado, foi realizado uma pesquisa exploratória e descritiva, através da descrição dos veículos elétricos e a exploração de manuais, normas e artigos relacionados. O problema foi abordado de forma qualitativa, avaliando as informações

técnicas das montadoras somando-se com normas americanas e procedimentos utilizados mundialmente.

Todas as pesquisas e informações envolveram-se no assunto proposto, relatando sobre os veículos híbrido e elétricos. A grande maioria das literaturas e pesquisas abordam o assunto relacionando esses dois tipos de veículos.

2 VEÍCULOS ELÉTRICOS

Os veículos elétricos (VE) estão se tornando cada vez mais populares em todo o mundo como uma boa alternativa aos veículos tradicionais movidos a gasolina. Os VE usam uma tecnologia automotiva diferente em comparação aos usados pelos veículos convencionais. Seu desempenho depende muito de seus motores e baterias.

Os VE se assemelham a um veículo movido a gasolina, porém cerca de 70% dos componentes dos VE podem ser diferentes de um movido a gasolina. Os VE possuem vários componentes que servem da mesma função que os componentes mais comuns em veículos a gasolina.

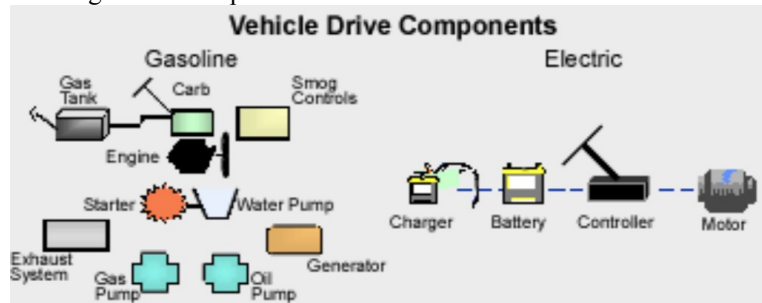
Um ponto importante na diferenciação desses veículos é em relação à parte que se movimenta. O veículo elétrico possui uma parte que é móvel, o motor, enquanto que o veículo a gasolina possui centenas de partes que se movimentam. Poucas partes movimentando proporciona, para os veículos elétricos, uma importante diferença: requerem menos manutenções periódicas e conseqüentemente tornam-se mais confiáveis. Fazendo uma analogia em relação às partes em comum desses veículos, encontra-se o que está descrito no quadro 1.

Quadro 1 - Comparativo veículo a gasolina com veículo elétrico.

Veículo à Gasolina	Funcionalidade	Veículo Elétrico
Tanque de Gasolina	Armazena energia para o veículo andar	Bateria
Bomba de Gasolina	Reabastece a energia para o veículo andar	Carregador
Motor à Gasolina	Fornece a força para o veículo mover	Motor elétrico
Carburador	Controla a aceleração e velocidade	Controlador
Alternador	Fornece energia para os acessórios	Conversor CC/CC
	Converte CC para CA para ligar motores AC	Conversor CC/AC
Controles de Fumaça	Diminui a toxicidade dos gases exalados	

Fonte: Idho *National Laboratory*, 20__?

Figura 1 - Componentes dos veículos a combustão e elétrico.



Fonte: Idaho National Laboratory, 20__?

Os veículos elétricos podem ser classificados de acordo com que estes utilizam a energia elétrica, ou seja, da forma como é disponibilizada. Segundo INEE (2016) são classificados, portanto, em:

- **VE à bateria (VEB)** - A energia é fornecida por um conjunto de baterias que são recarregadas na rede elétrica. Muitos modelos são competitivos para determinados nichos de mercado, estão disponíveis em diversos países e são fabricados tanto por indústrias tradicionais como novas tais como a Tesla Motors.
- **VE Híbrido (VEH)** - A energia é fornecida por um gerador a bordo que é acionado por um MCI (Motor à Combustão Interna). Estes veículos também usam sistemas de bateria e capacitores para acumular energia elétrica, permitindo que o MCI só opere nas condições ótimas ou fique desligado. Destacam-se dois tipos básicos de VEH: o VEH serial onde as rodas são acionadas apenas pelo(s) motor(es) elétrico(s) e o VEH paralelo onde as rodas podem ser acionadas pelo MCI em paralelo com o motor elétrico. Recentemente surgiu o conceito de veículos “*plug in*”, isto é, veículos que podem ser ligados à rede elétrica para carga de baterias e dispõem de motor/gerador a bordo para carga das baterias, o que ajuda na extensão da autonomia e adição de potência em ladeiras e arrancadas mais fortes.
- **VE de Célula à Combustível (VECC)** - A energia vem da transformação da energia do hidrogênio em eletricidade, dada por um equipamento eletroquímico. Esta tecnologia é objeto de muita pesquisa na atualidade e diversos fabricantes apostam nela como o futuro dos veículos. O hidrogênio poderá ser distribuído diretamente ou produzido a partir

do metano (gás natural), metanol ou etanol. O VECC também usa a bordo importantes sistemas de acumulação de energia, sejam baterias ou capacitores.

- **VE ligado a rede troleibus** - Nestes VE a energia é fornecida pela rede elétrica. Trata-se do tipo mais presente no Brasil (Estado de São Paulo).
- **VE solar (VES)** - A energia é recebida e distribuída por placas fotovoltaicas (FV). Restrito ao ambiente das universidades que trabalham com as FV, é pouco provável que o VES venha a se transformar em um veículo de uso prático pelas restrições de tamanho dos veículos que limitam a dimensão dos painéis e conseqüentemente sua potência.

Para o referido estudo, o foco se dirigiu aos VE. Os componentes importantes que constituem os veículos elétricos, portanto, são: motor elétrico, bateria, bateria auxiliar, conversor CC/CC, entrada para carga de energia, regulador de potência, transmissão, unidade de controle e o sistema de resfriamento.

2.1 MOTOR ELÉTRICO

O sistema de propulsão é o coração de um VE e o motor elétrico fica bem no centro do sistema. O motor converte a energia elétrica que recebe da bateria em energia mecânica que permite que o veículo se locomova. Também age como um gerador durante a ação regenerativa que envia energia de volta para a fonte de energia. Com base em suas necessidades, os VE podem ter diferentes quantidades de motores: o Toyota Prius tem um, o Acura NSX tem três, a escolha depende do tipo de veículo e as funções que deve fornecer. Os requisitos para um motor para uso em VE inclui alta potência, alto torque, ampla faixa de velocidade, alta eficiência, confiabilidade, robustez, custo razoável, baixo ruído e pequeno tamanho (SAPONARA, 2017).

Os motores se dividem em dois tipos: motores de corrente contínua e motores de corrente alternada. Uma corrente é considerada contínua quando não altera seu sentido de movimento, é sempre positiva ou sempre negativa. Já a corrente alternada hora é positiva, hora negativa fazendo com que os elétrons alternem seu movimento (CASTRO E FERREIRA, 2010).

2.1.1 Motores de Corrente Alternada (AC)

Um motor AC, do inglês *Alternating Current*, é alimentado por corrente alternada e provavelmente se configura como um motor trifásico que pode funcionar a 240 volts. O recurso regenerativo dos motores AC também pode funcionar como um gerador que devolve a energia à bateria de um veículo elétrico. Quando se trata de desempenho na estrada, os carros elétricos com motores AC podem funcionar mais suavemente em terrenos mais acidentados, além de oferecer mais aceleração. Embora os motores AC sejam mais caros que os motores CC, eles são muito populares entre os fabricantes de carros elétricos, especialmente quando se trata de veículos de alto desempenho (PRIMECOM TECH, 2019).

A operação fundamental desses motores depende dos princípios do magnetismo. O motor é composto basicamente de estator, rotor, enrolamentos, veio, chumaceiras e a carcaça. Segundo Manuel Bolotinha (2017), a circulação de corrente nos enrolamentos do estator cria um campo magnético girante (campo girante), que por sua vez induz no rotor uma corrente no rotor, a qual, por sua vez, induz um campo magnético que tende a opor-se ao campo girante (Lei de Lenz). Uma vez que campos opostos se atraem e sendo o campo do estator rotativo, o rotor tende a acompanhar a rotação deste campo, desenvolvendo-se nele um binário que o faz girar e acionar a carga. O campo magnético produzido no estator varia no tempo, dependendo do valor instantâneo da corrente elétrica. Quando o valor da corrente elétrica é zero, o campo girante também é zero, e no instante em que o valor da corrente elétrica é máximo, o valor do campo girante também é máximo.

Os motores AC podem ser divididos em duas categorias principais: motor assíncrono (motor de indução) e motor síncrono (PRIMECOM TECH, 2019).

2.1.1.1 Motor de Indução

O sistema do motor assíncrono (motor de indução) possui um funcionamento baseado na indutância, pois utiliza o campo magnético e é constituído principalmente por duas partes: um rotor e um estator. Funciona normalmente com velocidade constante, que varia ligeiramente com a carga mecânica aplicada ao eixo.

O motor assíncrono é constituído basicamente pelos seguintes elementos: um circuito magnético estático, constituído por chapas ferromagnéticas empilhadas e isoladas entre si, ao qual se dá o nome de estator; por bobinas localizadas em cavidades abertas no estator e alimentadas pela rede de corrente alternada; por um rotor constituído por um núcleo ferromagnético, também laminado, sobre o qual se encontra um enrolamento ou um conjunto de condutores paralelos, nos quais são induzidas correntes provocadas pela corrente alternada das bobinas do estator.

A partir do momento que os enrolamentos localizados nas cavidades do estator são sujeitos a uma corrente alternada, gera-se um campo magnético no estator, conseqüentemente, no rotor surge uma força eletromotriz induzida devido ao fluxo magnético variável que atravessa o rotor. A força eletromotriz induzida dá origem a uma corrente induzida no rotor que tende a opor-se à causa que lhe deu origem, criando assim um movimento giratório no rotor (CARDOSO et al., 2012).

Os motores de indução são eficientes e poderosos, sendo os mais utilizados no mundo. São usados em trens a diesel, bombas, compressores etc. São de simples construção, baixa manutenção, confiáveis e de baixo custo, porém, o que os torna caro são seus controladores. Veículos da Tesla utilizam este tipo de motor (SOUZA, 2019).

2.1.1.2 Motor Síncrono

Este motor utiliza o mesmo princípio do motor de indução, porém, ele se move com frequência de linha, o rotor gira na mesma velocidade que o campo magnético rotativo, ao contrário de um motor de indução, onde ele gira a uma velocidade menor que a do campo. O termo síncrono tem sua origem no Grego, onde o prefixo SIN significa “com” e CRONOS é uma palavra que denota “tempo”. Um motor síncrono literalmente opera “em tempo com” ou “em sincronismo com” o sistema de alimentação (CARDOSO et al., 2012).

Ele fornece uma velocidade estável que é determinada pelo número de polos e pela frequência de alimentação da corrente alternada fornecida. Oferece uma série de vantagens, incluindo maior eficiência, alto torque e densidade de potência, alto torque em baixa velocidade e baixo peso. Este tipo de motor é utilizado no Nissan Leaf.

2.1.2 Motores de Corrente Contínua (CC)

Motores de corrente contínua são alimentados por tensões contínuas, que podem ser provenientes de pilhas ou baterias caso o motor seja de pequeno porte ou de rede alternada após retificação, normalmente em motores grandes (JORGE et al., 2012). Os motores de corrente contínua podem ser classificados basicamente em duas categorias, ou seja, motor CC escovado e motor CC sem escova.

2.1.2.1 Motor escovado

Os motores escovados são amplamente utilizados em veículos elétricos para retração, posicionamento e extensão de janelas laterais elétricas. Estes motores são adequados para muitos usos devido ao seu baixo custo. No entanto, os comutadores e escovas tendem a se desgastar com relativa rapidez devido ao contato contínuo, o que leva à manutenção periódica e à troca frequente. Ele pode ser usado em diversas finalidades, tem controle de velocidade fácil usando o nível de tensão para controlar (SOUZA, 2019).

2.1.2.2 Motor sem escova

Conforme Spartano 2006, o motor CC sem escovas é um tipo de motor síncrono, ou seja, ele recebe energia trifásica no estator e fornece energia mecânica ao eixo. Isto significa que o campo magnético gerado pelo estator e o campo magnético gerado pelo rotor possuem a mesma frequência, ou seja, giram em sincronia e não é observado o escorregamento normalmente visto em motores a indução. O motor sem escovas é ligado em uma fonte CC e uma eletrônica é responsável por comutar as fases no estator e fazer o motor girar.

Como o nome indica, não usa escovas e emprega um comutador eletrônico, o que aumenta sua eficiência e confiabilidade, eliminando a fonte de energia e perda de desgaste. Além disso, esses motores apresentam algumas vantagens significativas sobre motores de indução e motores CC de escova, como faixas de velocidade mais altas, operação silenciosa, resposta dinâmica mais rápida, melhor velocidade versus características de torque, etc. Além

disso, a relação entre o torque fornecido e o tamanho do motor é maior, o que o torna uma boa escolha para veículos elétricos, onde alta potência é necessária mas a leveza e a compactação também são fatores críticos (SOUZA, 2019).

O Toyota Prius e o Honda Insight são equipados com esses motores.

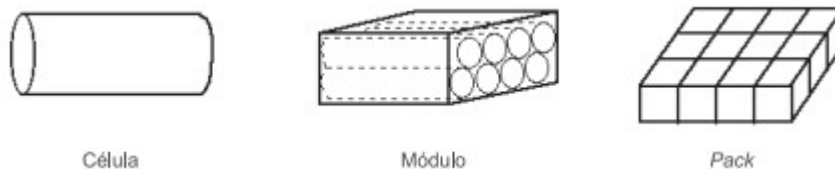
2.2 SISTEMA DE FRENAGEM REGENERATIVA

O sistema de frenagem regenerativa é um componente comumente utilizado em veículos elétricos. Segundo a definição da Associação Brasileira do Veículo Elétrico (2010), este componente permite recuperar e armazenar parte da energia cinética que seria convertida em calor durante a frenagem. Quando há o acionamento dos freios para reduzir a velocidade, o motor elétrico de tração é chaveado para atuar como gerador de eletricidade acionado pelas rodas ou eixo das rodas. A energia gerada é armazenada nas baterias.

2.3 BATERIA

Conforme explica Castro e Ferreira (2010), a bateria é o componente central dos veículos elétricos, pois possui a função de armazenagem de energia. As baterias são destinadas principalmente para gerar a tração do veículo. São dispostas em módulos (mais de uma célula de bateria) ou em *packs* (mais de um módulo).

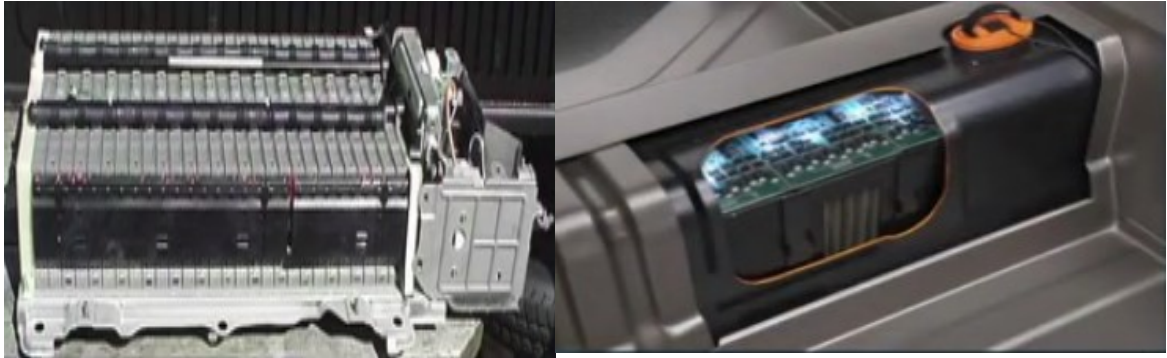
Figura 2 - Disposição das baterias em célula, módulo e *pack*.



Fonte: Gaines e Couenca apud Calstart (2010).

Não há um padrão na utilização do tipo de bateria, pois existem diversos tipos de baterias. Os tipos baterias utilizadas em veículos elétricos são: Íons de Lítio, Polímero de Lítio, Lítio de fosfato de ferro e Níquel-hidreto metálico (BATTERY UNIVERSITY, 2012).

Figura 3 - Bateria de níquel-hidreto metálico e de íons de lítio, respectivamente.



Fonte: NFPA *Course*, 2019.

As baterias constituem de um cátodo (+) e um ânodo (-). O cátodo é o maior determinante da energia, da segurança, da vida útil e do custo de uma bateria. Assim, as principais diferenças das famílias de baterias residem nos cátodos. Os anodos são feitos, usualmente, de grafite, embora haja experiências utilizando outros materiais, como titanato de lítio (LTO), grafite com superfície modificada ou carbono (CASTRO E FERREIRA, 2010).

2.4 BATERIA AUXILIAR

Segundo Souza (2019), é a responsável por fornecer energia para a partida do motor, pois antes da partida, as baterias principais ainda não estão em funcionamento. Além de prover energia para a partida, essa bateria também é a fonte que liga os acessórios, como rádio e carregadores de celular. A bateria auxiliar pode possuir 12 ou 24 volts, dependendo do porte do veículo. Automóveis pequenos possuem bateria auxiliar de 12 volts enquanto ônibus e caminhões podem utilizar baterias de 24 volts.

2.5 CONVERSOR CC/CC

O conversor de energia é usado para fornecer à máquina elétrica tensão e corrente em condições adequadas (PAREDES, 2013). Esse componente é utilizado para converter a corrente contínua (CC) de alta tensão da bateria de tração para uma tensão mais baixa, para que a bateria auxiliar possa ser carregada e os acessórios do carro possam continuar funcionando. De acordo com Kaiser (2012), a finalidade de um conversor CC/CC é gerar uma tensão (ou corrente) contínua regulada a partir de uma fonte CC primária. A fonte primária pode ser não regulada e apresentar uma tensão significativamente acima ou abaixo do valor obtido na saída do conversor.

A seleção da topologia mais adequada para o circuito de potência é realizada com base nas especificações de isolamento elétrico e levando em conta a relação entre os níveis de tensão de saída do conversor e da fonte primária.

2.6 ENTRADA PARA CARGA DE ENERGIA

Este componente é o que permite que um *plug* seja conectado ao veículo, ou seja, permite a conexão com uma fonte externa, possibilitando a eletricidade entrar no veículo e ir direto para as baterias principais.

Figura 4: Plug para carregamento.



Fonte: NFPA Course, 2019.

2.7 REGULADOR DE POTÊNCIA

É um conversor eletrônico de energia CA-CC (geralmente chamado de retificador) que recebe a eletricidade (corrente alternada) recebida via porta de carga e a converte em energia (corrente contínua) para carregar a bateria principal. Usando o sistema de gerenciamento de bateria, ele regula as características da bateria, como tensão, corrente, temperatura e estado da carga. Ele é necessário se o carro for carregado a partir da rede de eletricidade convencional (SOUZA, 2019).

2.8 TRANSMISSÃO

A transmissão transfere a potência mecânica do motor elétrico de tração para acionar as rodas. Para um carro elétrico, geralmente uma única transmissão de engrenagem com diferencial é usada para transferir energia mecânica do motor para as rodas.

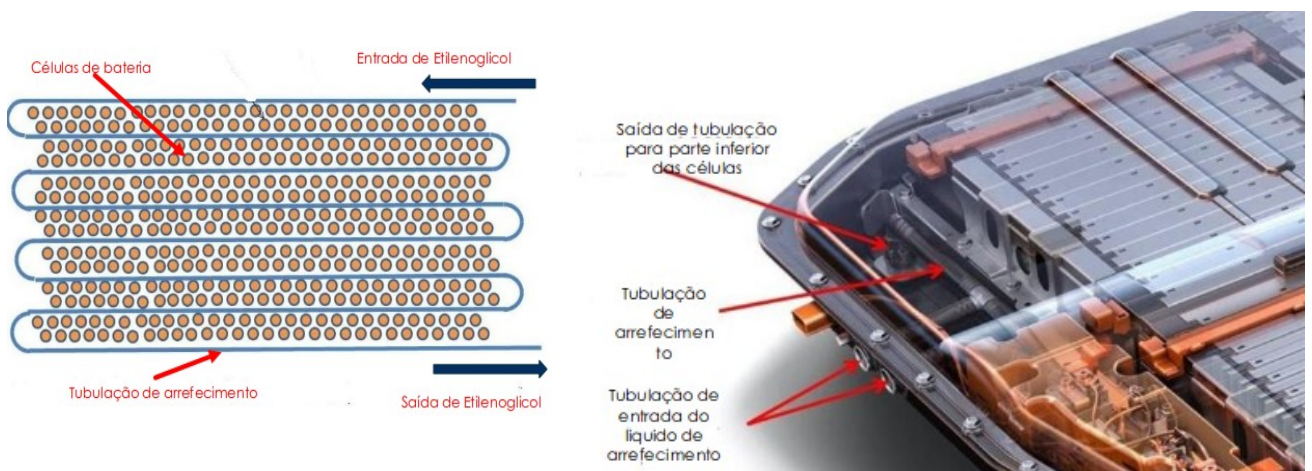
2.9 UNIDADE DE CONTROLE

Esta unidade gerencia o fluxo de energia elétrica entregue pela bateria principal, controlando a velocidade do motor de tração elétrica e o torque que produz. O controlador de carga realiza a ligação entre a bateria e o motor, ditando a quantidade de energia do motor a ser transmitida para as rodas. À medida que o motorista acelera, o controlador envia mais energia da bateria para o motor aumentando o torque do mesmo e a velocidade do veículo. Assim que o condutor retira o pé do acelerador, o controlador comanda a redução do envio de energia e o carro deixa de acelerar. O controlador de carga de um VE pode funcionar com corrente alternada (CA) ou corrente contínua (CC) (BRASIL ESCOLA, 2016).

2.10 SISTEMA DE RESFRIAMENTO

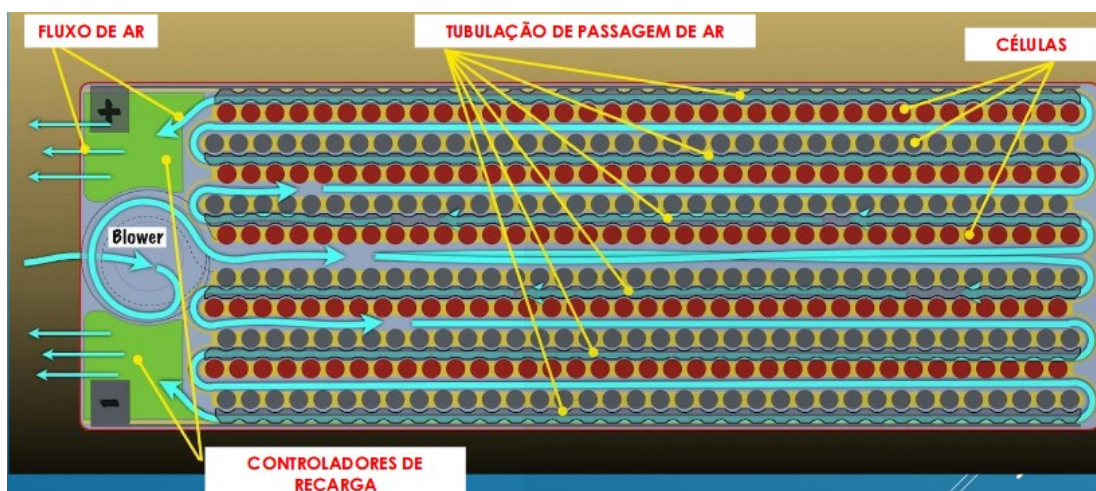
Este sistema mantém uma faixa adequada de temperatura operacional do motor, do motor elétrico, dos equipamentos eletrônicos e de outros componentes. Está presente também nas baterias de alta tensão, sendo duas formas de resfriamento: através de um líquido (Figura 5) e pelo ar (Figura 6). As baterias de alta tensão que utilizam um líquido são resfriadas por líquido com um refrigerante automotivo típico à base de Etilenoglicol.

Figura 5 - Resfriamento da bateria utilizando líquido refrigerante a base de Etilenoglicol.



Fonte: Promob-e, 2019.

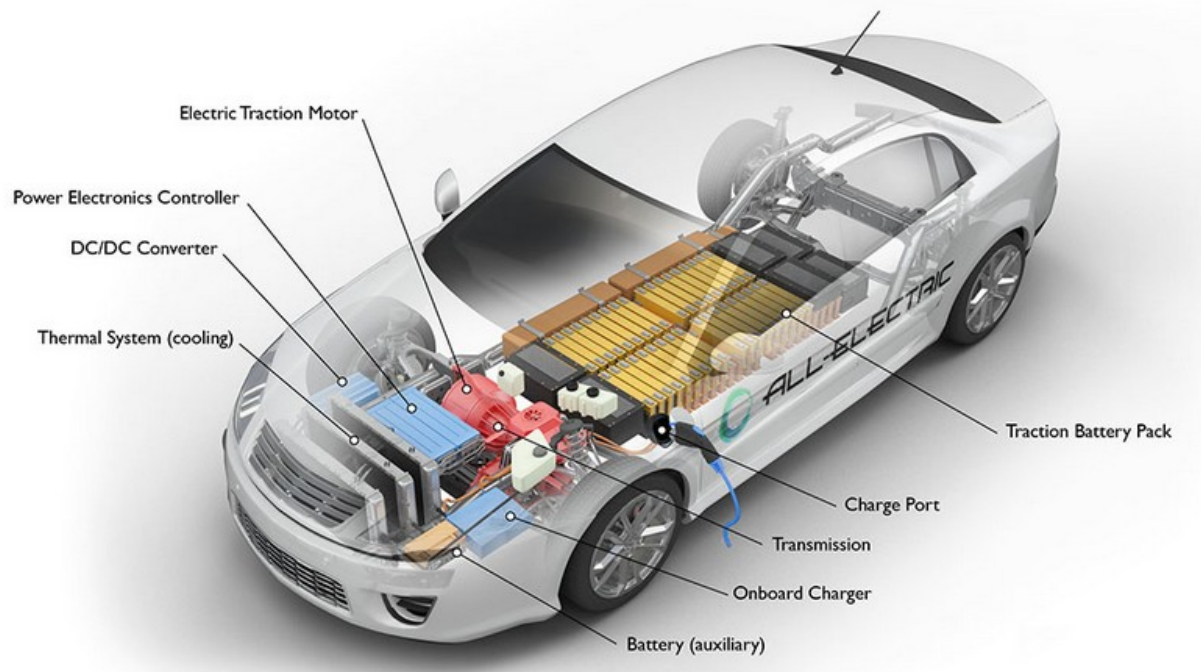
Figura 6 - Baterias que utilizam o ar como meio de resfriamento.



Fonte: Promob-e, 2019.

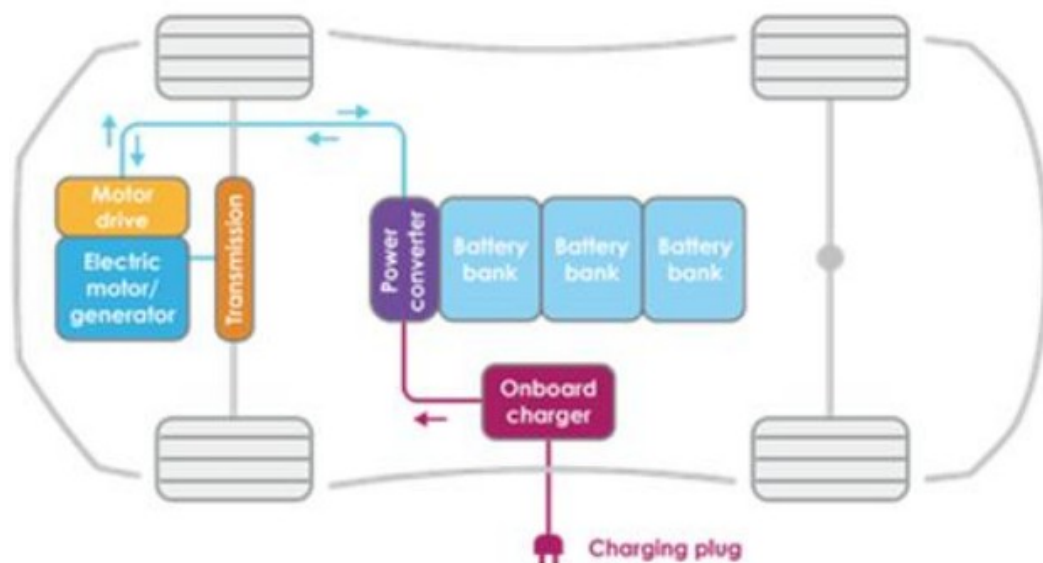
Todos esses componentes são de extrema importância para o bom funcionamento do veículo elétrico. A identificação e localização destes encontra-se na figura abaixo.

Figura 7 - Identificação e localização dos componentes dos veículos elétricos.



Fonte: Afdc Energy 20__?)

Figura 8 - Plug-in e direção da corrente elétrica.



Fonte: TU Delft 2018.

3 RISCOS ENVOLVENDO VEÍCULOS HÍBRIDOS E ELÉTRICOS

Por ser uma novidade, os veículos híbridos e elétricos necessitam de maior atenção quando se fala de acidentes. Um relatório da Sociedade de Engenheiros Automotivos (SAE) destacou os riscos para os bombeiros, socorristas contra possíveis choques elétricos causados por sistemas danificados que não sejam desativados durante ou imediatamente após um acidente (SPERRY, 2012). Os choques elétricos podem variar com correntes de 1 mA(miliampere) à correntes maiores que 1 A, onde a partir de 9 mA já é tido como risco de morte, conforme mostra o quadro 2:

Quadro 2 - Riscos da eletricidade para o ser humano.

INTENSIDADE DA CA 60 HZ	EFEITO NO CORPO	ESTADO APARENTE DA PESSOA	SALVAMENTO	RESULTADO
1 mA	Nenhum	Normal	Desnecessário	Normal
1 a 9 mA	Sensação desagradável, espasmos musculares com elevação da corrente	Normal	Desnecessário	Normal
9 a 20 mA	Dor, contrações violentas, asfixia, anoxia, anoxemia, perturbação circulatória	Morte aparente	Respiração artificial	Restabelecimento
20 a 100 mA	Dor insuportável, contrações violentas, anoxia, anoxemia, fibrilação ventricular	Morte aparente	Respiração artificial	Salvamento difícil, morte pode ocorrer em minutos
Acima de 100 mA	Asfixia imediata, fibrilação ventricular, alterações musculares, queimaduras.	Morte posterior ou imediata	Muito difícil	Morte
Acima de 1 A	Asfixia imediata, queimaduras graves	Morte posterior ou imediata	Praticamente impossível	Morte

Fonte: Cuidados com eletricidade,(20__?).

De acordo com a SAE, os VE podem utilizar baterias que variam de 100 a 400 volts, chamadas de baterias de alta tensão. Futuramente, veículos híbridos e elétricos terão tensões

maiores que as mencionadas. Em ônibus e caminhões, essa tensão chega a 800 volts ou mais (SAE, 1999).

É importante salientar que não é somente risco elétrico que as equipes de resposta sofrem, elas concorrem também com o risco de incêndio, os gases gerados pelas baterias e os líquidos derramados por estas. Para Todd Mackintosh (2012), presidente do comitê técnico da SAE:

“Como os veículos elétricos entram no mercado em maior número, é um momento apropriado para reconhecer as melhores práticas que facilitam uma resposta segura quando esses veículos estão em um acidente”.

Os VE são diferentes dos veículos tradicionais e apresentam novos problemas. Atualmente as equipes de emergência estão enfrentando desafios inesperados à medida que novas alternativas de energia surgem. Essas fontes renováveis de energia economizam o uso de combustíveis convencionais, como petróleo e outros combustíveis fósseis, mas também introduzem riscos que exigem estratégias e procedimentos de combate a incêndios.

A segurança dos bombeiros e outros socorristas de emergência depende de compreender e lidar adequadamente com os perigos gerados por essa nova tecnologia por meio de treinamentos e preparação adequada.

Analisando o cenário mundial, os bombeiros identificaram diversas áreas de preocupação com respeito a mitigação e resposta a emergências envolvendo VE. Como o uso de energia alternativa aumenta, isso introduz ao ambiente bomberil novos e inesperados perigos que confrontam e desafiam as equipes de resposta.

Os riscos mais relevantes que envolvem os veículos elétricos são os choques elétricos, o movimento repentino do veículo, gases tóxicos ou inflamáveis, incêndios e reignição. Para o combatente/socorrista realizar um trabalho seguro, é necessário utilizar o Equipamento de Proteção Individual (EPI) que o proteja de maneira eficaz, devendo utilizar o equipamento apropriado. Os equipamentos utilizados em operações envolvendo VE são:

1. Luvas para alta tensão de 1000 V a 1500 V;
2. Macacão antichamas;
3. Alicates para cortar os cabos;

4. Bota para trabalho em alta tensão (isolação 35kV);
5. *Hot Sticks*;
6. Equipamento de Proteção Respiratório (EPR).

Figura 9 - EPI's utilizados em operações envolvendo veículos elétricos.



Fonte: Promob-e, 2019.

Hot stick é um bastão de material feito em fibra de vidro que impede a passagem de corrente. Ele não apenas isola eletricamente o combatente do condutor energizado, mas também proporciona uma separação física do dispositivo que está sendo operado, para reduzir as chances de queimaduras que podem resultar de arco elétrico se houver um mau funcionamento do dispositivo em operação, neste caso as baterias elétricas.

Para que seja utilizado e facilmente manuseado, o *hot stick* deve estar no palco de ferramentas e caso haja alguma descarga e o bombeiro fique preso à estrutura do veículo, outro militar deve pegá-lo e puxá-lo.

3.1 MEDIDAS INICIAIS

É importante, neste momento, salientar que os procedimentos realizados pelas equipes especializadas são os mesmos tanto para os veículos elétricos como para veículos híbridos.

Quando há um acidente envolvendo um veículo desta natureza é de suma importância que a informação sobre o acidente e suas características sejam as mais claras possíveis, pois isso facilitará e direcionará para uma correta ação dos bombeiros acionados. Segundo o Manual de Melhores Práticas envolvendo veículos elétricos, a identificação do veículo definirá a estratégia a ser seguida. Portanto o primeiro passo é realizar a correta identificação do veículo.

Após identificado o veículo, a medida secundária é imobilizar (estabilizar), para que não haja nenhum movimento que possa prejudicar e até mesmo ocasionar outro acidente com os bombeiros envolvidos.

Para finalizar as medidas iniciais, após identificar, imobilizar, é necessário desarmar (desenergizar) a bateria para que não ocorram choques elétricos e também para neutralizar os equipamentos eletrônicos utilizados nos veículos.

Portanto, as primeiras ações são:

IDENTIFICAR → IMOBILIZAR → DESARMAR

3.1.1 Identificação

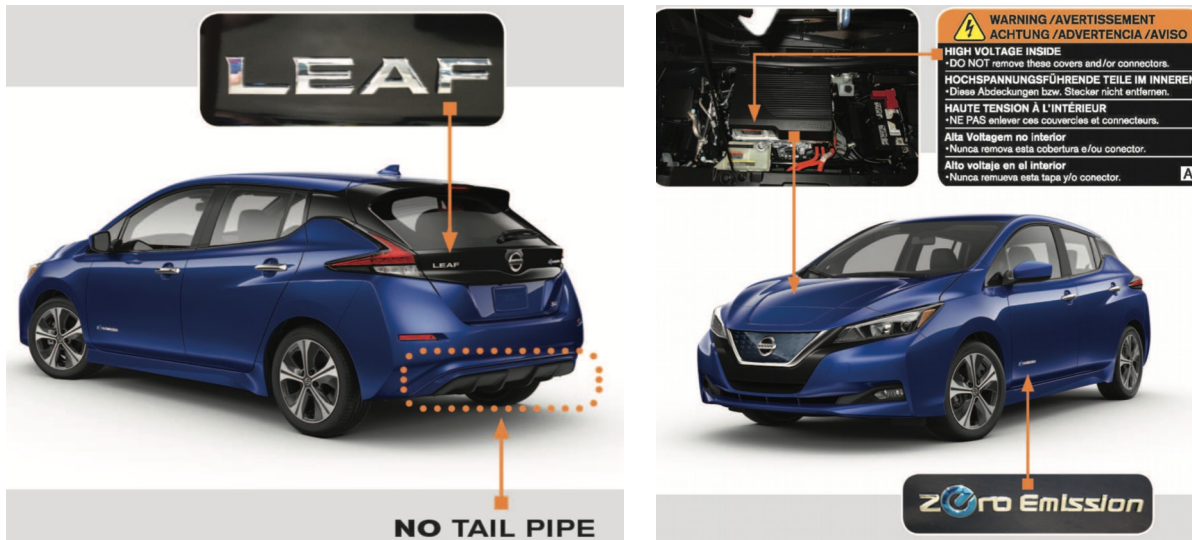
O processo de identificação inicia-se com a informação que chega à autoridade competente, ou seja, com a correta coleta de dados e identificações necessárias para classificar o acidente e assim poder transmitir a informação para a equipe de bombeiros.

Assim que a equipe de resposta chega ao local do incêndio envolvendo um veículo, é necessário tratá-lo como se nesse incêndio esteja presente um veículo elétrico ou híbrido, até provar que não há o envolvimento destes.

A equipe de resposta poderá utilizar de diversas formas de identificação do VE, dentre elas, através das seguintes informações:

1. Parte externa do porta-malas indicando o combustível alternativo;
2. Na lateral do veículo, na parte superior ou inferior da porta dianteira;
3. Marca interior no compartimento do motorista, perto do botão de ignição (liga/desliga);
4. Nos motores elétricos.

Figura 10 - Identificação de veículos híbridos e elétricos.



Fonte: Manual Nissan LEAF, 2019.

Figura 11 - Identificação veículo híbrido e elétrico.



Fonte: *Potencial Hazards of Electric Vehicles*, 2019.

Essas identificações são as que as montadoras especializadas de veículos elétricos realizam. Caso não haja nenhuma dessas identificações, das características que auxiliam o reconhecimento do veículo, há outra opção, que é a identificação dos cabos, geralmente na cor laranja, identificando a alta tensão; e azul e amarelo para voltagens intermediárias. Isso permite categorizar o veículo envolvido.

Figura 12 - Identificação do cabo laranja (alta tensão).



Fonte: Top Gear, 2018.

Outras características que permitem identificar o veículo elétrico são os adesivos espalhados pelo veículo alertando a alta tensão e a porta do *pulg in* para carregar o veículo.

Todas essas identificações podem ser realizadas em carros, ônibus, caminhões e outros veículos que utilizem essa fonte de energia. Vale ressaltar que essa identificação pode ser prejudicada se o veículo estiver bastante danificado devido ao acidente ou até mesmo envolvido nas chamas de um incêndio.

3.1.2 Imobilização

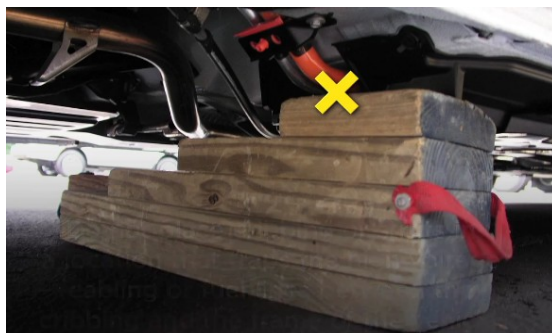
A imobilização é primordial para que a operação seja segura e que, caso haja vítimas no acidente, garanta para a equipe médica acesso com rapidez e segurança. Existem duas formas de estabilização: convencional (primária e secundária) e a emergencial (manual) (MANUAL DE CAPACITAÇÃO EM RESGATE VEICULAR, 2017).

A estabilização primária consiste em cessar o movimento do veículo. Veículos híbridos e veículos elétricos aparentam estar desligados mesmo estando ligados, devido à falta de ruídos do motor elétrico. Esta estabilização deve ser realizada com a devida atenção, utilizando estabilizadores corretos para determinados veículos como ônibus, caminhões e veículos menores. Utiliza-se para a estabilização as seguintes ferramentas: os calços de madeira tipo escada (*step*), calços de madeira simples (bloco), hastes metálicas, fitas com catracas, cabos estáticos, correntes, almofadas pneumáticas, guinchos, multiplicadores de força e macacos (MANUAL DE CAPACITAÇÃO EM RESGATE VEICULAR, 2017).

Feita a imobilização externa, é necessário verificar se o veículo está desligado, acionar o freio de mão e posicionar o câmbio na posição P (*Park*) para finalizar a operação de estabilização.

É importante destacar que o posicionamento dos calços e hastes possuem grande relevância, pois não é permitido colocar os mesmos em regiões que possam afetar o sistema de alta tensão, como os cabos elétricos.

Figura 13 - Posição incorreta do calço, podendo danificar o cabo de alta tensão.



Fonte: NFPA Course, 2019.

Figura 14 - Imobilização de veículos com calços e hastes.



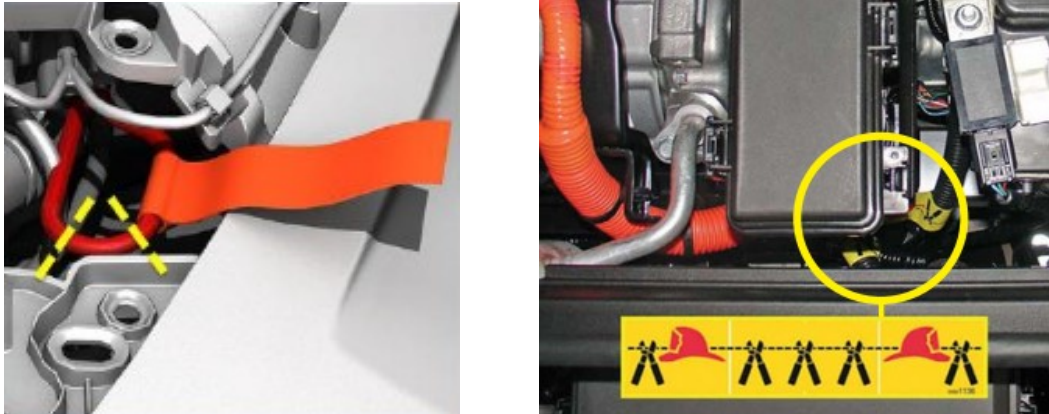
Fonte: CBMSC, 2017.

3.1.3 Desarme

Desarmar ou desconectar refere-se ao ato de desconectar a bateria, cortando os cabos de ligação ou desconectando a chave principal. Quando se trata de veículos elétricos, foi convencionado cores para os fios que conduzem a alta tensão. Atualmente os fios de cor laranja são para identificar veículos que utilizam a alta tensão. Em alguns modelos recentes, há cabos identificados nas cores azul e amarelo, que alertam o risco de choque, apesar de não serem de alta tensão (FIRE PROTECTION RESEARCH FOUNDATION, 2013).

Nos manuais dos veículos elétricos há a localização e identificação de onde se encontram os locais corretos para o corte do cabo/fio (Figura 15) para interromper a passagem eletricidade. É de extrema importância para o bombeiro saber identificar o correto local para cessar a passagem da corrente. Outro fato relevante é que este corte é realizado em dois pontos, garantindo assim que não haverá a união do cabo novamente. Esta ação deve ser feita com muita cautela pelo bombeiro que estiver em ação, pois nunca se deve cortar, violar ou tocar em componentes e cabos de alta tensão, pois pode resultar em graves acidentes e até morte.

Figura 15 - Identificação para corte do fio de baixa tensão (12 volts).



Fonte: EVFG, 2018.

O desarme manual da alta tensão é diferenciado para cada modelo de veículo elétrico, conforme montadora, e basicamente remete a desconectar o conector do fio de alta tensão (Figura 16), que estará identificado.

Figura 16 - Identificação do Conector de Segurança - Alta tensão.



Fonte: EVFG, 2018.

De acordo com o Guia de Emergência da NFPA, existem duas formas de inabilitar a passagem de corrente, através do desarme principal e desarme secundário.

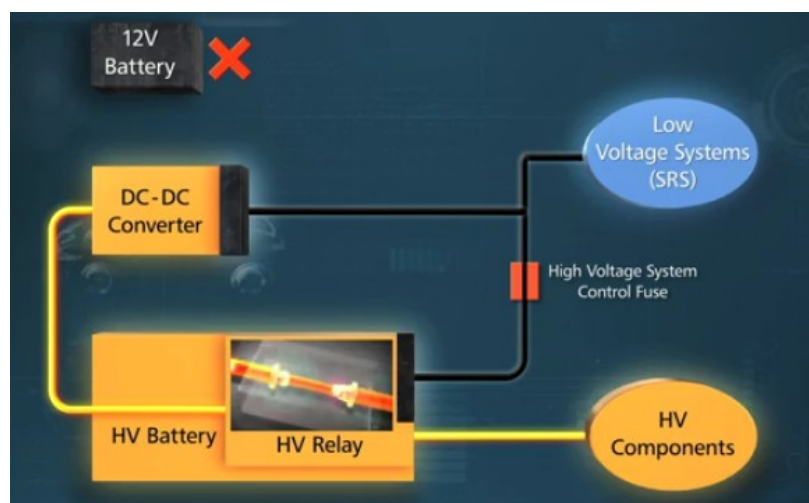
Antes de realizar o desarme, é importante salientar que os veículos elétricos possuem mecanismos de desarmar/desconectar a bateria de alta tensão quando esses se envolvem em

um acidente. Há o desligamento automático da alta tensão com base na detecção do nível de acidente em que o veículo está envolvido (FIRE PROTECTION RESEARCH FOUNDATION, 2013).

No método primário, o qual abrange a maioria dos veículos, o desarme é realizado com o desligamento do motor através do botão de acionamento e posteriormente é desconectada a bateria de 12/24 volts. Este procedimento assegura o não funcionamento do motor e seus sistemas eletrônicos, como o acionamento dos *airbags*. Caso não seja possível desligar o motor do veículo, é utilizado o método secundário. Neste método, primeiramente é desconectada a bateria de 12/24 volts e posteriormente localiza-se o fusível que controla o sistema de alta tensão, removendo o fusível que bloqueia a passagem de eletricidade. Caso não seja identificado, é necessário remover todos os fusíveis.

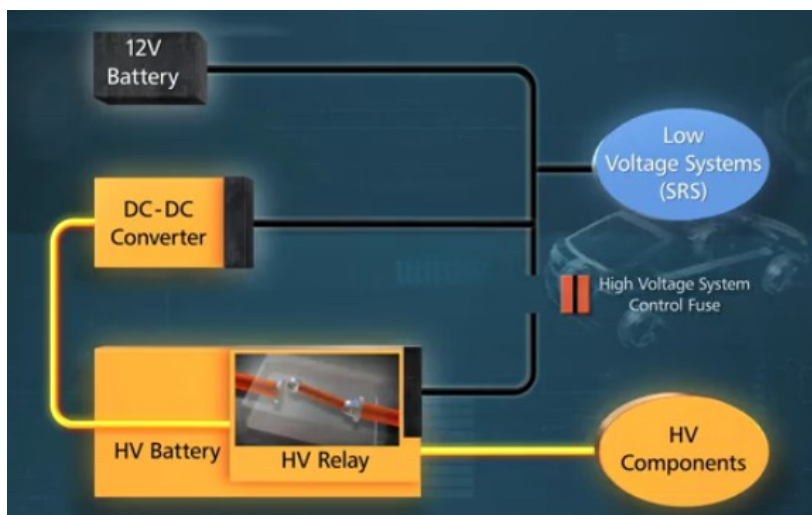
Simplesmente desconectar a bateria de baixa tensão (12/24 volts) não é suficiente para cessar a passagem de corrente (Figura 17), pois o conversor de energia (CC/CC) ainda habilita a passagem, possibilitando que ocorra a passagem de eletricidade pelos cabos condutores. Se retirar somente o fusível (Figura 18), a bateria de baixa tensão ainda estará conectada aos sistemas eletrônicos, pois o fusível está conectado após o sistema da bateria auxiliar, ou seja, ainda possibilitando a passagem de corrente entre a bateria auxiliar e os sistemas eletrônicos permitindo, assim, o acionamento dos *airbags*. Portanto, só estará seguro quando ambos estiverem desarmados (EVFG, 2018).

Figura 17 - Desconectando somente a bateria de baixa tensão (12 volts).



Fonte: NFPA Course, 2019.

Figura 18 - Retirando somente o fusível que controla o Sistema de Alta tensão.




Fonte: NFPA Course, 2019.

Mesmo estando ambos desarmados, o veículo elétrico ainda poderá estar energizado, pois possui capacitores que retêm energia elétrica. O capacitador pode manter o circuito de alta tensão entre o conversor e o motor elétrico ativo mesmo após a desconexão da bateria auxiliar. Essa retenção pode durar até 10 minutos, tempo necessário para que estes capacitores descarreguem toda sua energia acumulada. Após esse período o veículo estará seguro para realizar os procedimentos necessários.

Alguns veículos utilizam de chaves de aproximação e se esta for localizada, é necessário que a chave esteja a pelo menos 5 metros do veículo. Caso não seja localizada a chave, o procedimento é feito da forma convencional descrita primeiramente. Somente quando o veículo estiver desligado e com a bateria desconectada é que o veículo estará definitivamente desligado (EVFG, 2018).

Abaixo segue um manual básico de identificação de um veículo elétrico, neste exemplo o BMW i3, utilizado nos Estados Unidos. Ter um manual identificando os veículos elétricos vendidos no Brasil seria de grande valia para o conhecimento do bombeiro responsável pela ocorrência, facilitando e garantindo maior segurança para seu trabalho.

Figura 19 - Identificação do veículo elétrico BMW i3.



2014-15 

Li-ion
See pages 15, 22.

VEHICLE INFORMATION

IMMOBILIZE VEHICLE

1. Chock the wheels.	2. Set parking brake. (pull the "P" switch, center console)	3. Place vehicle into park. (push-button on top of gear lever, steering column)
----------------------	--	--

DISABLE VEHICLE

Determine if vehicle is ON by presence of READY indicator near the tachometer.

PRIMARY PROCEDURE

1. If ON, turn the vehicle's ignition off by pressing the Start/Stop button.
2. Remove proximity key and keep it at least 16 feet from the vehicle.
3. Disconnect the 12V battery (underneath cover in engine compartment, passenger side) by slackening the nut (1) and pulling off the battery earth lead (2) in the upwards direction.
4. Access the HV disconnect (underneath cover in engine compartment, driver's side) and unlock the connector for the HV emergency separation point (1). Pull apart in direction of arrow.



12V Battery Disconnect




HV Disconnect



HV Disconnect in OFF Position

WARNINGS

 NEVER cut, breach, or touch high voltage components or cabling (orange coating). Doing so could result in serious injury or death.

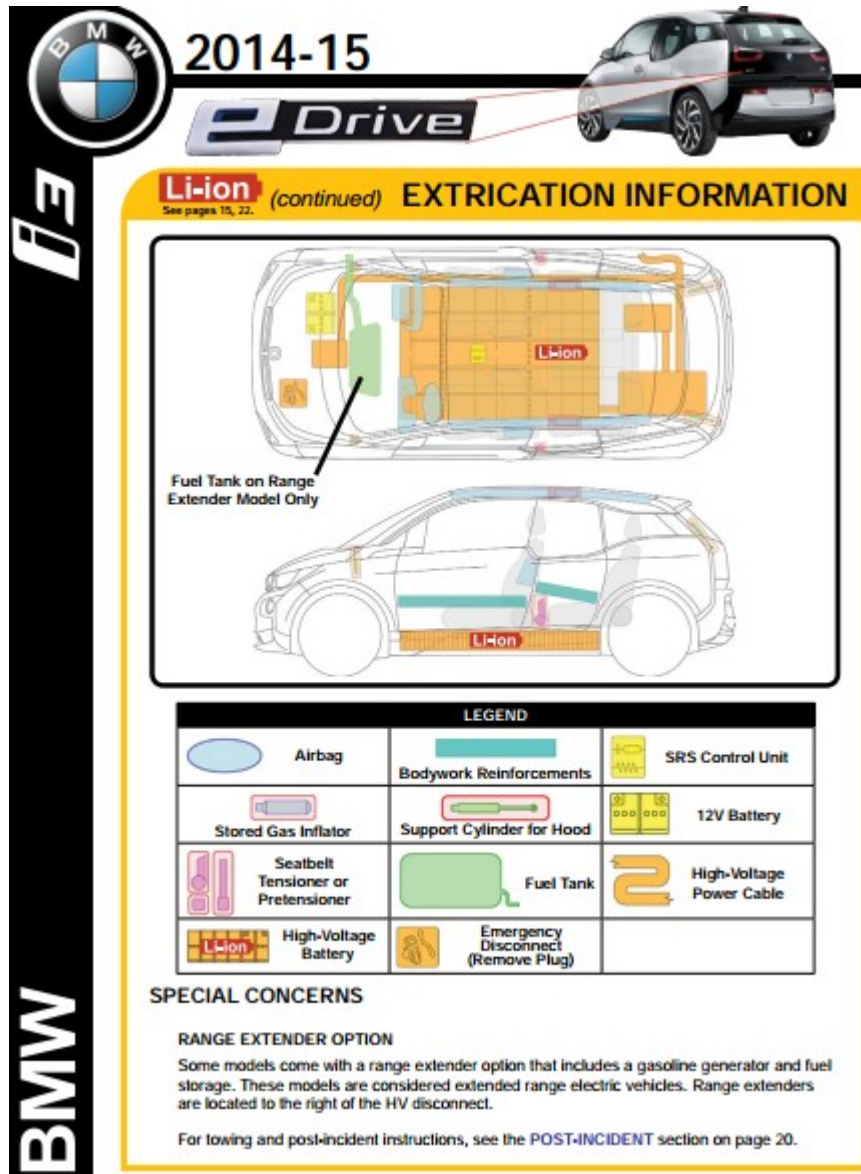
 This vehicle does not have an internal combustion engine. Lack of engine noise does not mean vehicle is OFF. Silent movement capability exists until vehicle is fully shut down.

BMW

i3

Fonte: EVFG, 2018.

Figura 20 - Identificação do veículo elétrico BMW i3.



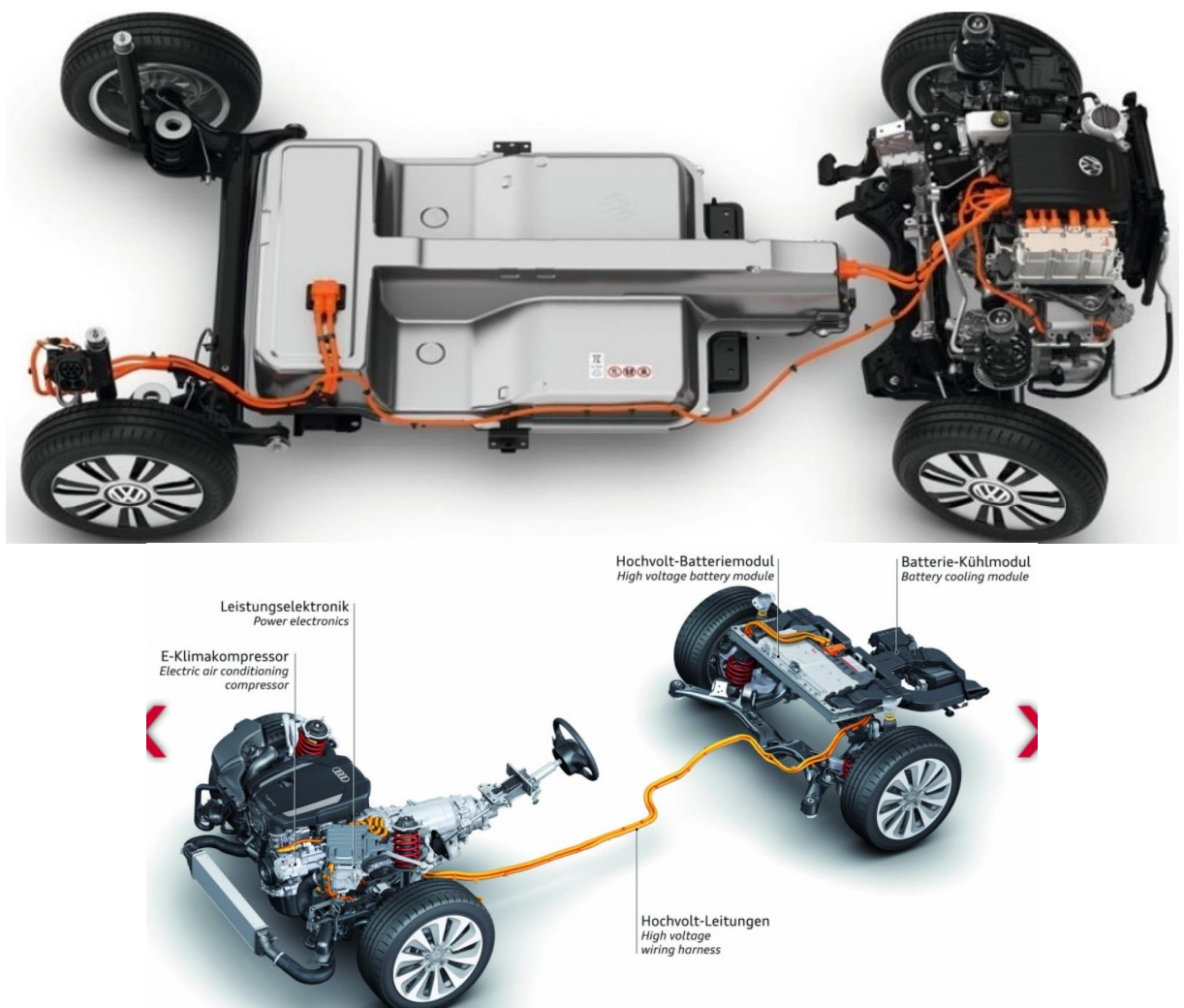
Fonte: EVFG, 2018.

3.2 EXTRAÇÃO

Quando há o envolvimento de um veículo elétrico em um acidente, primeiramente é necessário proceder conforme descrito anteriormente: identificar, imobilizar (estabilizar) e desarmar(desenergizar) o veículo.

De acordo com o Guia de Respostas às Emergências (2018), os cabos de alta tensão são fixados no assoalho do veículo, se estendendo da bateria de alta tensão ao motor elétrico, não sendo encontrados nas áreas normalmente definidas para o corte do veículo. Vale destacar que essas características valem tanto para veículos híbridos quanto elétricos. A figura 21 exemplifica a localização dos cabos de alta tensão. Mas, antes de realizar o corte do veículo, é preciso verificar a localização dos componentes do sistema de alta tensão e também dos airbags (EVFG, 2018).

Figura 21 - Localização dos cabos de alta tensão em veículos híbridos e elétricos.



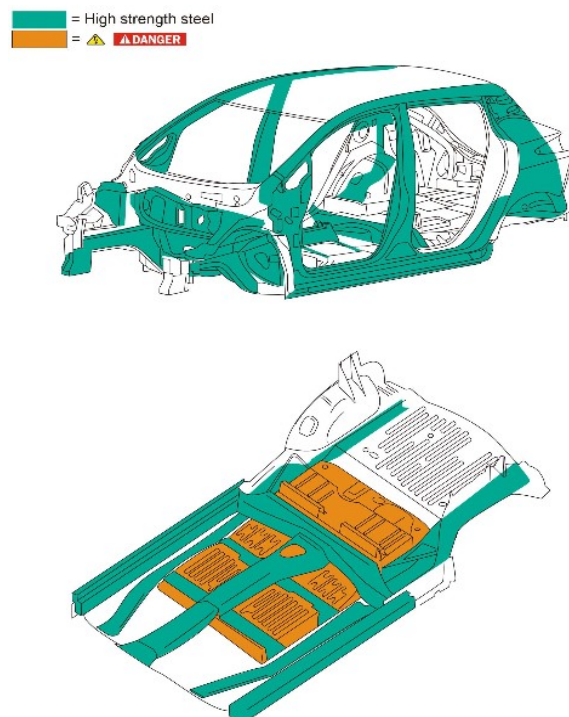
Fonte: EVW AUDI e VOLKSWAGEN, 2019.

Durante a extração é proibido cortar o cabo de alta tensão ou penetrar algum componente do sistema de alta tensão com as ferramentas de corte. Desarmar a passagem de

corrente não significa que não há energia elétrica armazenada nas baterias, estas continuarão energizadas. Ao remover peças, nunca tocar nas partes de alta tensão ou no interior dos cabos de alta tensão (cor laranja) expostos para evitar ferimentos graves. Equipamentos de proteção individual (EPI) sempre devem ser usados ao tocar ou trabalhar em componentes de alta tensão (EMERGENCY RESPONDER'S, 2018).

Se pelo menos 10 minutos se passaram desde que o bombeiro/socorrista tenha desligado o sistema de alta tensão (tempo necessário para o descarregamento total dos capacitores que ainda possuíam energia armazenada) então ele poderá cortar o veículo, exceto o sistema de alta tensão. Se o mesmo não puder esperar 10 minutos completos ou desligar o sistema de alta tensão, deve-se tomar uma precaução para evitar o corte de peças de alta tensão e sempre deve ser usado o equipamento de proteção individual (EPI) apropriado. O corte das peças de alta tensão possibilita o risco de choques elétricos e vazamento da solução eletrolítica presente nas baterias (EMERGENCY RESPONDER'S, 2018). A figura 22 exemplifica a localização do Sistema de Alta Tensão (SAV) e a posição da estrutura metálica passível de corte do carro elétrico (NISSAN LEAF 2018).

Figura 22 - NISSAN LEAF - Estrutura metálica e posição do SAV.



Fonte: NISSAN, 2018.

Seguindo essas orientações e tomando o devido cuidado, após o bombeiro/socorrista identificar o veículo elétrico e proceder conforme descrito anteriormente, a extração seguirá nos padrões atuais de Resgate Veicular, sempre atentando à posição dos *airbags* e o desligamento do SAV.

3.3 INCÊNDIO

Outro possível incidente para os bombeiros é um incêndio no veículo. Isso pode ser o resultado de uma colisão ou pode ser um incêndio independente de qualquer colisão, como no caso de um veículo estacionado. Um fator de preocupação primordial para os bombeiros é se a queima do veículo está em uma área aberta sem exposições (ou seja, estrada ou rodovia), ou se está dentro ou perto uma estrutura com sérias preocupações de exposição (por exemplo, dentro de uma garagem residencial). Outra questão é a alta tensão, se a bateria sofre danos diretos por fogo e calor e como esse fogo é controlado e mitigado (FIRE FIGHTER SAFETY AND EMERGENCY RESPONSE FOR ELECTRIC DRIVE AND HYBRID ELECTRIC VEHICLE, 2010).

De acordo com a *U.S Fire Administration*, os incêndios em veículos elétricos podem exceder os 2.760 °C, o que significa uma grande quantidade de calor envolvido, oferecendo risco aos bombeiros atuantes. Estão presentes diversos riscos aos bombeiros associados aos veículos elétricos, dentre eles:

- a) Choque elétrico (tensão de mais de 400 volts);
- b) Temperaturas extremamente altas;
- c) Fumaças tóxicas;
- d) Queimaduras de lítio (reações respiratórias e cutâneas);
- e) Escoamento tóxico e
- f) Reignição após 24 horas da extinção do primeiro incêndio.

Assim como na extração e resgate, o incêndio em veículos também envolve passos importantes para estabilizar e desligar o veículo. Embora aparenta estar desligado, o silêncio do veículo pode apresentar um perigo para o bombeiro que atuará no incêndio.

As baterias de alta tensão geralmente possuem uma carcaça de metal, mas há outras que podem incluir o plástico em seu revestimento, criando mais desafios para o controle do incêndio e adicionam um problema a mais ao incêndio quando estas estão diretamente envolvidas. Extinguir um incêndio envolvendo baterias depende de diversos fatores como o tipo de bateria, o envolvimento das chamas, configuração das baterias, dano físico nas unidades da bateria. Elas podem estar localizadas no porta-malas ou no assoalho dos veículos. Caso estejam envolvidas no incêndio, será necessário aplicar água diretamente nas mesmas, a fim de resfriá-las.

Figura 23 - Combate ao incêndio através do porta-mala.



Fonte: NFPA *Course*, 2019.

Para saber se a bateria está ou não envolvida no incêndio, câmeras térmicas têm se mostrado muito eficientes para esta ocasião. Elas auxiliam o bombeiro a verificar se a bateria está aquecida e assim poder decidir qual mecanismo de combate atuará. Se estiverem superaquecidas, grande quantidade de água será necessária para que possa esfriá-las. Dependendo da localização, faz-se necessário içar o veículo, para que o socorrista possa aplicar a água diretamente na bateria, conforme figura 24.

Figura 24 - Aplicação de água diretamente na bateria e a verificação térmica da mesma.



Fonte: Brock Archer, 2019.

Quando se trata de utilizar água para o combate é necessário estar atento à quantidade utilizada. Testes indicaram que pode ser preciso cerca de 10.000 litros de água para extinguir totalmente um incêndio envolvendo a bateria dos VE, dependendo do tipo e tamanho da bateria. É importante ter conhecimento de que se há um VE envolvido no incêndio, unidades auxiliares deverão estar em prontidão para ofertar a água necessária para o controle e extinção do fogo.

Para controlar e apagar um incêndio envolvendo o VE, pode-se utilizar pó seco, CO₂, spray de água ou espuma, isso para baixa quantidade de chamas (fogo inicial). É aconselhado, em incêndios maiores, utilizar água devido a grande quantidade de energia envolvida. O uso de água não representa um risco de choque elétrico para o bombeiro. Utilizar pouca quantidade de água poderá liberar gases tóxicos (SPEAKING OF FIRE, 2017).

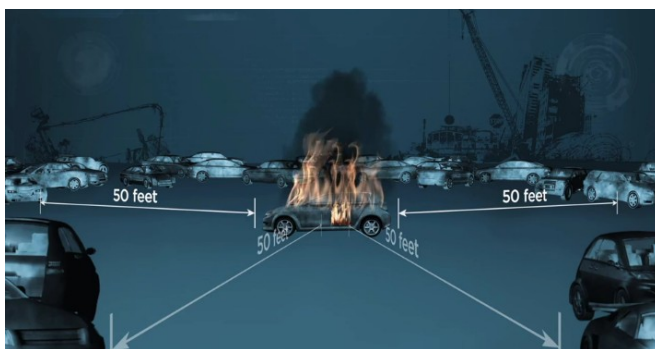
Riscos respiratórios existem. A fumaça branca que é gerada no incêndio envolvendo VE pode conter, observando trabalhos recentes, CO₂, óxidos de nitrogênio (NO_x), cianeto de hidrogênio (HCN), Cl, CO e HF (INERIS, 2012). A utilização do EPI completo, com o Equipamento de Proteção Respiratório (EPR) já protege o bombeiro no combate ao incêndio.

Incêndios envolvendo baterias de alta tensão podem ter risco futuros. Isto porque poderá acontecer a reigniçãõ do incêndio, pois mesmo tendo as chamas controladas e apagadas, se não realizar o total resfriamento da bateria, pode acontecer um novo aquecimento interno e posteriormente reacender as chamas. Por isso é necessária a utilização de câmeras térmicas nesse tipo de ocorrência.

Alguns indícios são identificados quando há sinais de que a bateria ainda está aquecendo, ou seja, ainda possui riscos para um novo incêndio. Esses sinais são: barulhos do tipo estralo, fumaça branca saindo diretamente do local e vazamento de líquido (WILSON, 2015). O bombeiro deverá ater aos sinais para continuar o combate.

Realizado o controle e combate do incêndio, outra medida é de grande importância, o armazenamento desse veículo. Geralmente após um incêndio, uma empresa responsável pelo veículo irá removê-lo e irá armazená-lo em algum lugar. Essa empresa deverá atentar que o veículo ainda corre risco de reignição. Estudos mostraram que a reignição pode acontecer após minutos, horas ou até dias. Portanto é orientado para que esse veículo fique a pelo menos 15 metros (50 *feet*) distante de qualquer objeto, para que um incêndio de maiores proporções não possa ocorrer.

Figura 25 - Armazenagem do VE após incêndio.



Fonte: NFPA *Course*, 2019.

Além dos incêndios em veículos, há também chances de acontecer o mesmo em estações de carregamento, lugar onde os veículos são carregados. Estas estações podem ser classificadas em três níveis, definidos pela Electric Power Research Institute:

1. **Nível de Carga 1** = É chamado de modo lento, geralmente efetuado em áreas residenciais por meio de uma tomada típica de uma instalação de uso final ou à rede de baixa tensão que faz parte da rede de distribuição. Neste modo de carregamento, é usada uma tensão padrão de 120 volts, com corrente de 15A ou 20A e taxa de potência máxima de 3,44 kW, o que tem como consequência um aumento no tempo de

carregamento da bateria, que fica em torno de 8 a 10 horas para atingir 100% da capacidade;

2. **Nível de Carga 2** = Modo de carga mais apropriado para o carregamento dos VEs, pois encontra-se em instalações públicas e privadas, possuindo uma tensão de 240 volts com uma tomada monofásica e corrente de 40A, podendo fornecer uma taxa de carregamento ou potência de carga de até 3,3kW. Tem um tempo de carregamento estimado em 7 horas, para que se alcance o nível de 100% da bateria.
3. **Nível de Carga 3** = O modo de carga nível 3 é também chamado de modo de carga rápida. Foi desenvolvido para carregar a bateria dos VEs com uma taxa de carregamento maior do que 60 kW. Desta forma, a bateria pode ser carregada até atingir 80% de sua capacidade em menos de uma hora. Este modo de carga rápida tem sua instalação destinada para estações de serviço com aplicações comerciais e públicas, semelhante aos postos de combustíveis. Utiliza uma tensão de 480 volts com circuito trifásico. Dependendo da aplicação, o fornecimento da taxa de carregamento varia de 60 até 150 kW.

Portanto, inicialmente é necessário localizar a estação central de energia e desligá-la e até que esta energia seja desligada, o socorrista deverá lidar com o incêndio como se estivesse energizado. Se um veículo estiver conectado na estação de carregamento, deverá ser desconectado o mais breve possível e, se possível, desligar primeiramente a estação de carregamento (EVFG, 2018).

O bombeiro envolvido deverá estar sempre atento se há ou não energia elétrica envolvida. Para isso há duas estratégias de ataque, a ofensiva e a defensiva. O ataque ofensivo é indicado quando o foco do incêndio está exposto ou a bateria de alta tensão não esteja presente. Já o defensivo deve ser utilizado quando a bateria está envolvida no incêndio, o foco não está exposto e a quantidade disponível de água é pequena. Devido à dificuldade de atingir as células da bateria que está em chamas, e conseqüentemente extinguir o incêndio, o comandante da operação poderá optar por deixar queimar. Sem a ação da água, o fogo poderá demorar 90 minutos ou mais para se autoextinguir.

Portanto, quando se trata de veículos híbridos ou elétricos envolvidos em um incêndio as medidas a serem realizadas são:

Quadro 3 - Medidas a serem realizadas em um incêndio envolvendo em VH ou VE.

Medidas ao se deparar com um incêndio envolvendo VH ou VE
1. Identificar corretamente o VE
2. Estabilizar
3. Desenergizar
4. Se o fogo for inicial, poderá aplicar extintores, espuma e água
5. Para fogo desenvolvido, aplicar água diretamente no foco e caso a bateria esteja envolvida, aplicar diretamente na bateria
6. Monitorar o aquecimento da bateria através da utilização de câmara térmica
7. Orientar o armazenamento do veículo pós incêndio

Fonte: Autor.

3.4 SUBMERSÃO

Um VE ou híbrido submerso na água também levanta questões sobre eletrocussão ao tocar no veículo. Estes veículos são construídos para ser seguros na presença de água, mesmo totalmente submerso.

O sistema de alta tensão é isolado do chassi e é projetado para não gerar problemas com o choque elétrico através do toque com o veículo assim como é projetado para não energizar a água ao redor do veículo. O SAV é equipado com pequenos circuitos detectores, programados para desligar o circuito, caso este evento ocorra (EV INSTITUTE, 20__?).

É importante evitar ter qualquer contato com o SAV. Geralmente cada veículo possui uma estratégia já definida pelo fabricante e por isso deve-se atentar aos procedimentos que as montadoras exigem. Antes de desconectar o SAV, é necessário aguardar a drenagem completa do veículo e utilizar corretamente o EPI, a fim de evitar qualquer choque elétrico (NISSAN LEAF 2018).

Conforme o Guia de Resposta às Emergências (2018), microbolhamento pode ocorrer quando o VE está submerso. Microbolhamento é uma efervescência, borbulhas que saem da bateria de alta tensão que está submersa. Isso não indica um risco de choque elétrico, pois isso é um processo interno da bateria e não energiza a água ao redor (NFPA, 2017). Quando não há mais esta efervescência, isso significa que a bateria de alta tensão descarregou-se.

O microbolhamento é o resultado da eletrólise, onde a corrente elétrica passa entre o polo positivo e o negativo da bateria, ocasionando a quebra da molécula da água, gerando os

gases oxigênio e hidrogênio. Estes gases podem ser potencialmente explosivos em espaços confinados e, portanto, ventilar o compartimento dos passageiros poderá ser necessário para reduzir o acúmulo de gás (NFPA, 2017).

3.5 VAZAMENTOS

Com ou sem um incêndio, o *design* das baterias de alta tensão de hoje torna improvável que elas sejam comprometidas até o ponto de ocorrer um vazamento. Se isso ocorrer, como resultado de um acidente grave de um VE ou híbrido, geralmente não é necessário solicitar um apoio a materiais perigosos. As baterias de níquel-hidreto metálicos usados como baterias de alta tensão em quase todos os VE e híbridos de hoje não contêm eletrólitos, fluidos suficientes nos módulos individuais. Esses módulos são compostos por baterias efetivamente secas, pois os fluidos são absorvidos dentro do material de fibra entre as placas de metal. Normalmente, os derramamentos podem ser manipulados com um absorvente adequado. À medida que novos designs de bateria e melhorias tecnológicas forem introduzidos nos próximos anos, essa abordagem básica precisará ser reavaliada (EMERGENCY RESPONDER'S, 2018).

Como dito anteriormente, a bateria de alta tensão consiste em um agrupamento de células. Essas células são consideradas células secas e em caso de ruptura de uma célula apenas, uma pequena quantidade de fluido pode vazar. A coloração do líquido das baterias de íons de lítio possuem cor clara (PROMOB-E, 2019).

De acordo com o Guia de Resposta às Emergências da Nissan (2018), as baterias de íons de lítio e hidreto metálico de níquel contêm uma solução eletrolítica. Se a célula da bateria for violada, o vazamento desta solução poderá ocorrer. Devido ao fato de a bateria de íon de lítio ser feita de vários pequenos módulos de bateria selados, o vazamento não deve ocorrer em grandes quantidades. O eletrólito tem as seguintes características:

1. Cor clara;
2. Odor doce;
3. Viscosidade semelhante à água;
4. Irritante para a pele e os olhos;

5. Altamente inflamável;
6. O contato com vapores de água no ar cria uma substância oxidada que também irrita a pele e os olhos.

Além dos problemas de vazamento, quando a bateria está envolvida no incêndio, estando aquecida ou incendiada, pode gerar vapores tóxicos, como vapores compostos de orgânicos voláteis, gás hidrogênio, dióxido de carbono, monóxido de carbono, fuligem, partículas contendo óxidos de níquel, alumínio, lítio, cobre, cobalto e fluoreto de hidrogênio.

Os socorristas devem estar sempre utilizando o EPI completo, incluindo o EPR. No combate a essas dificuldades, é necessário tomar medidas para que outras pessoas não sejam atingidas, colocando-as contra o vento. O uso de fluxo de névoas ou ventiladores de pressão positiva direcionam a fumaça e os vapores.

4 CONCLUSÃO

Atualmente o número de veículos que circulam nas estradas e rodovias catarinenses é elevado. Incorporado a esta elevada composição da frota brasileira encontram-se os veículos híbridos e elétricos. Esses automóveis podem ter origem de outros estados e até mesmo de países vizinhos, somando-se as unidades catarinense. Diante disso, é de suma importância que o Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC) esteja preparado para acidentes envolvendo esse tipo de veículos.

O presente trabalho teve o propósito de identificar os riscos relacionados a acidentes envolvendo veículos híbridos e elétricos. Diante desta temática, foi possível abordar a composição de um veículo elétrico, abordando desde os motores utilizados, tipo de baterias que os compõem até os procedimentos necessários para ocorrências que envolvem estes veículos. O conteúdo apresenta grande relevância, haja vista ser um problema relativamente novo presente no cenário mundial.

Através de incentivos e acompanhado das coordenadorias de ensino, o CBMSC busca estimular os alunos a se aperfeiçoarem e assim melhorar o atendimento à sociedade catarinense. O Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do Curso de Formação de Oficiais vem a somar com o propósito da instituição.

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou identificar os sistemas nos carros elétricos. Vale destacar que as características presente nos veículos elétricos são as mesmas em veículos híbridos, distinguindo os híbridos pela presença de um motor a combustão. Identificar os componentes faz com que a equipe de resposta consiga reconhecer e distinguir dos demais veículos, possibilitando assim, uma ação ágil para a solução do acidente envolvendo esses tipos de veículos.

Dessa forma, estudando sobre o que é e como são compostos os veículos elétricos, pode-se avançar para a análise dos riscos e consequências de um acidente envolvendo-os. Dentre os riscos, os mais relevantes foram nos seguintes casos: extração, incêndio, submersão e vazamento.

Primeiramente antes de iniciar qualquer operação, foi abordado que deve-se desenergizar o veículo, através do corte do fornecimento de energia da bateria auxiliar e a

retirada do fusível que alimenta a alta tensão, ou através da retirada da chave de segurança da bateria de alta tensão, identificada na cor laranja.

Em se tratando de extração, pôde-se identificar que a ação primordial para esta etapa é a correta identificação do veículo, pois a partir dessa conduta, o bombeiro saberá qual é o tipo e marca do veículo, realizando assim a correta estabilização e o corte preciso, sem danificar as partes do Sistema de Alta Tensão.

No caso dos incêndios, para que a operação tenha sucesso, é fundamental o bombeiro saber previamente que atenderá uma ocorrência envolvendo um veículo elétrico, pois para incêndios em que esses estão envolvidos, pode ser que haja a necessidade de grande quantidade de água, cerca de 10.000 litros, e por isso o apoio de um Auto Tanque (AT) será indispensável para a ocorrência. A utilização de câmera térmica para esse tipo de ocorrência mostrou-se fundamental, pois o monitoramento térmico da bateria poderá fazer a diferença no sucesso da ocorrência. Através desse monitoramento o bombeiro saberá qual o local correto de aplicação da água, tomando as medidas necessárias para o melhor acesso de aplicação do jato de água. Foi abordado também que os incêndios podem ocorrer nas estações de carregamento e os procedimentos se assemelham aos dos veículos elétricos, necessitando desenergizar primeiramente e posteriormente realizar o combate ao incêndio.

Para os casos de submersão, o bombeiro poderá encostar na estrutura do veículo, pois a bateria de alta tensão está isolada e não há o contato com a estrutura metálica do veículo. Após a retirada do veículo do meio que estiver submerso, é necessário aguardar o esvaziamento da água presente no veículo e posteriormente a isso, realizar a desenergização do mesmo.

Quando se trata de vazamento, há o risco de vazamento de líquido e vapores das baterias e devido a esses problemas, enfatiza-se a utilização do EPI e EPR nos casos em que essas condições estejam envolvidas, para que evite a exposição e consequentemente o contato com o material exposto. É importante que o socorrista atuante na cena saiba do risco e trabalhe contra o fluxo do vento, evitando futuro contato com a substância exposta.

Dessa forma, analisando cada situação descrita anteriormente, pôde-se identificar e analisar as características dos acidentes envolvendo veículos elétricos. Salienta-se que, as mesmas orientações são feitas para veículos híbridos, os quais possuem mecanismos semelhantes na parte elétrica do automóvel. Conclui-se que estes tipos de veículos possuem

peculiaridades que os distinguem dos veículos tradicionais a combustão no tratamento da ocorrência, sendo necessário sua correta identificação, para que as próximas ações dos bombeiros militares sejam corretas e principalmente seguras para todos os envolvidos.

Para melhor capacitar os bombeiros, sugere-se que todos façam o curso disponibilizado no site pela NFPA, curso online e gratuito, com o seguinte nome: *NFPA's Alternative Fuel Vehicles - Online Training – Online*.

O CBMSC ainda não se deparou com uma ocorrência envolvendo este veículo, porém, está sempre estudando e treinando sua tropa para que possa atender com eficiência e qualidade o cidadão catarinense. Este trabalho vem a somar com a instituição, a fim de engrandecer e acrescentar conhecimento no que se refere ao atendimento a ocorrências.

5 REFERÊNCIAS

ABVE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO VEÍCULO ELÉTRICO. **O que é frenagem regenerativa?** Disponível em: <<http://www.abve.org.br/PF/ExibePF.asp?codigo=0009>>. Acesso em: 03 de jul. de 2019.

ADOLFO; CARDOSO, Alex; GILMAR; LUCAS; MARTINS, Alex, 2012. **Motores Síncronos e Assíncronos**. Disponível em: <https://docplayer.com.br/3014244-Motores-sincronos-e-assincronos.html>. Acesso em 15 de out. de 2019.

ALTERNATIVE FUEL VEHICLES. **Submerged Hybrid/Electric Vehicles..** National Fire Protection Association. September 2017.

Battery University, **Basics about Discharging**. Disponível em http://batteryuniversity.com/learn/article/discharge_methods). Acesso em 10 de ago. 2019.

BOLOTINHA, Manuel. **Motores de Corrente Alternada – Conceitos Gerais**. Disponível em <https://www.linkedin.com/pulse/motores-de-corrente-alternada-conceitos-gerais-manuel-bolotinha>. Acesso em 15 de out. 2019.

BRASIL ESCOLA, 2016. **Infraestrutura para carregamento dos veículos elétricos da América da Norte, Ásia e Europa implantado na realidade brasileira: utopia ou realidade?**. Disponível em: <https://monografias.brasilecola.uol.com.br/imprimir/15555#sdfootnote3sym>. Acesso em 15 de out. de 2019.

CASTRO, Bernardo Hauch Ribeiro de; FERREIRA, Tiago Toledo. **Veículos elétricos: aspectos básicos, perspectivas e oportunidades**. BNDES Setorial, n. 32, set. 2010, p. 267-310, 2010. Disponível em <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1764/2/BS%2032%20Ve%c3%adculos%20el%c3%a9tricos%20aspectos%20b%c3%a1sicos%2c%20perspectivas_P.pdf> Acessado em 3 de jul. de 2019.

Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. **Manual de Capacitação em Resgate Veicular** / Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. Organizado por Diogo Bahia Losso. -- 1. ed. -- Florianópolis, 2017. 141 p. : il. Color

EDUARDO, Paulo, 2017. **Notícia Alternativa**. Disponível em: <https://noticiaalternativa.com.br/carro-eletrico/> . Acesso em 24 out. 2018.

ENOSHITA, Evandro, 2018. **Motor Show**. Disponível em: <https://motorshow.com.br/gurgel-itaipu-e-400-o-primeiro-carro-eletrico-produzido-em-serie-no-brasil/>. Acesso em 28 nov. 2018.

ESTADÃO CONTEÚDO. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/agencia-estado/2015/09/14/isencao-de-rodizio-vai-beneficiar-387-carros-eletricos-e-hibridos-em-sp.htm> . Acesso em 24 out. 2018.

EV-INSTITUTE. http://www.ev-institute.com/images/first_responder_poster.pdf. Acesso em 2 de set. de 2019.

Fire Protection Research Foundation report: **“Best Practices for Emergency Response to Incidents Involving Electric Vehicles Battery Hazards: A Report on Full-Scale Testing Results”** Authors: R. Thomas Long Jr., Andrew F. Blum, Thomas J. Bress, and Benjamin R.T. Cotts - Exponent, Inc. Date of issue: July 2013

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

GIL, A. C.. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

Hybrid Vehicle Cautio, Infogram, U.S. Fire Administration, 30 Nov 2006,. www.usfa.dhs.gov/fireservice/subjects/emr-isac/infograms/ig2006/113006.shtm, Acesso 31 de ago. de 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (Rio de Janeiro). **Sobre veículos elétricos**. Disponível em: <http://www.inee.org.br/veh_sobre.asp?Cat=veh>. Acesso em: 12 out. 2019

JORGE, Fábio Lepre; ANDOLPHO, Gustavo Squilino; DIAS, Richard Renan Hollen; ROSA, Victor Pimentel; ANDRADE, Diovany Corsi de. **Motores Elétricos: Como funcionam e sugestões de possíveis modificações para melhora de rendimento**. Curitiba, 2012.

JORNAL DA NOTÍCIA, 2017. Disponível em: <https://www.jn.pt/mundo/interior/bombeiros-mostram-que-combater-incendio-num-tesla-nao-e-facil-8857880.html>. Acesso em: 24 out. 2018.

KAISER, Walter. PEA2502 Laboratório de Eletrônica de Potência. **Conversor CC/CC**. 2009. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/482982/mod_resource/content/1/PEA2502_Lab_Eletr%C3%B4nica_Pot%C3%Aancia-EXPERI%C3%80ANCIA-6-Vers%C3%A3o_02-2009.pdf. Acesso em 5 de out. 2019.

Lecocq, A, et al., “**Comparison of the fire consequences of an electric vehicle and an internal combustion engine vehicle**.” INERIS, International Conference FIVE – Fires in Vehicles, Chicago, IL, September 27-28, 2012.

PRIMECOM TECH, **What Types Of Motors Are Used In Electric Vehicles?**. Disponível em: <https://www.primecom.tech/blogs/news/what-types-of-motors-are-used-in-electric-vehicles/> Acesso em 4 de jul. 2019.

PROMOB-E. **Segurança em Veículos Elétricos e Híbridos. Manutenção e Prevenção de Acidentes**. Disponível em: http://www.promobe.com.br/wpcontent/uploads/2019/04/Getrotech_2203_Alberto-Meyer.pdf. Acesso em 4 de setembro de 2019.

QUICKY REFERENCE GUIDE, **Emergency Responder's**, NISSAN LEAF, 2018.
RIELAGE, Robert. **Speaking of Fire.**
<https://www.firerescue1.com/firefighter-training/articles/197589018-What-firefighters-need-to-know-about-electric-car-batteries/>. Acesso em 31 de ago. de 2019.

SAE International. **Vehicle System Voltage—Initial Recommendations**. June 14, 1999 by SAE International in United States.

SAPONARA, Sergio. **A Comprehensive Study of Key Electric Vehicle (EV) Components, Technologies, Challenges, Impacts, and Future Direction of Development**. 2017.

SOUZA, Gustavo. **Elétricos no Brasil**. Disponível em:
<https://carroeletrico.com.br/blog/carro-eletrico/>. Acesso em 05 de jul. 2019.

SPARTANO, Mateus Azevedo. **Motores DC Brushless: Princípios e Aplicações**. 2006. Disponível em: <<http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/625.pdf>>. Acesso em: 16 dez. 2006.

SPERRY, Todd. **Electric car crashes could pose new risk for first responders**. Disponível em: <https://edition.cnn.com/2012/12/28/us/electric-car-safety/index.html>. Acesso em 12 de jul. de 2019.

U.S. Fire Administration, **Know the threats before you attack an electric vehicle fire**. Disponível em: https://www.usfa.fema.gov/training/coffee_break/061819.html. Acesso 31 de ago. 2019.

WENZEL, Karine, 2018. **Diário Catarinense**. Disponível em:
<http://dc.clicrbs.com.br/sc/noticias/noticia/2018/10/frota-de-carros-eletricos-e-hibridos-em-sc-aumenta-mais-de-50-em-quase-dois-anos-10622760.html>. Acesso em 28 nov. 2018.

WILSON, Keith. SAE J2990 **HYBRID & EV FIRST AND SECOND RESPONDER RECOMMENDED PRACTICE OVERVIEW**. SAE International, 2015.