

ESTUDO NORMATIVO DE SISTEMAS DE RECARGA CONDUTIVA MODO 2 PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS

Fernando Grassi
Centro de Tecnologia (CT)
Universidade Federal de Santa Maria, UFSM
Santa Maria, Brasil
Email: grassi.enge@gmail.com

Cassiano Rech
Centro de Tecnologia (CT)
Universidade Federal de Santa Maria, UFSM
Santa Maria, Brasil
Email: rech.cassiano@gmail.com

Resumo—Como os veículos elétricos abrangem uma tecnologia relativamente nova, muitas instituições normativas que representam regiões do mundo, buscam criar seus padrões em relação aos carregadores dos veículos elétricos, cabos, soquetes, plugues, entre outros. No Brasil, temos a adoção dos padrões definidos pela IEC (*International Electrotechnical Commission*), com algumas modificações para atender aos padrões das redes elétricas locais. Existem diferentes modos de carga, com potências e arquiteturas distintas, as quais foram discutidas neste trabalho. Considerando o modo 2, que é o modo utilizado principalmente nas residências, e considerado uma forma de carga lenta, este trabalho apresentou seu modo de funcionamento e arquitetura, juntamente com algumas determinações normativas do IC-CPD (*In-Cable Control and Protecting Device*), que é o dispositivo encarregado de conectar o veículo à rede e fornecer energia elétrica para a carga das baterias com segurança.

Palavras-chave – Electric vehicle. IC-CPD. Modo 2. Normatização.

I. INTRODUÇÃO

Muito se fala a respeito de desenvolvimento sustentável, políticas de redução da emissão de gases de efeito estufa, fontes renováveis de energia, redução na queima de combustíveis fósseis, etc. Isso se dá devido à preocupação pública acerca de assuntos relacionados à mudança climática, poluição do ar e decadência de combustíveis fósseis, sendo o sistema de transportes o principal setor contribuinte para as altas taxas de emissão de CO₂ em áreas urbanas [1]. Em amplitude global, o setor de transportes atingiu cerca de um quarto do total de emissões de CO₂ em 2016, sendo que os EUA contribuíram com a maior parcela de todas as regiões da América (69%). O Brasil contribuiu com 8%, mais que dobrando suas emissões em relação a 1990 [2].

Em busca de tentar amenizar as emissões de CO₂ pelo sistema de transporte, os veículos elétricos aparecem como uma opção interessante e, apesar de ser uma tecnologia por muitos considerada inovadora, é importante salientar que a história dos veículos elétricos não é nada recente [5], tendo os primeiros protótipos surgido no século XIX. Mas, por motivos principalmente voltados para a tecnologia ineficiente das baterias, os veículos elétricos acabaram ficando para trás. A primeira bateria de Li-ion foi introduzida no mercado pela *Sony* e *Sony Energytec* em 1991 [6], reabrindo então as portas para que os veículos elétricos pudessem ser novamente cogitados, onde diversas montadoras vêm desenvolvendo modelos elétricos e disponibilizando-os no mercado.

Os veículos elétricos ainda se apresentam com preço elevado se comparados a modelos semelhantes a combustão, sendo necessários incentivos governamentais para que a tecnologia ganhe espaço. As principais iniciativas de incentivo aos veículos elétricos vêm por meio de subsídios governamentais aos compradores e montadoras. A Noruega possui um dos mais impressionantes programas de incentivo, planejando reduzir a zero as vendas de veículos não-elétricos até 2025, tendo em 2017 atingido 39,24% de todas as vendas de veículos composta por modelos puro elétricos e híbridos. Além de isenção de alguns impostos de compra, pedágios, entre outros [8]. Outros países com bons incentivos são a Islândia, China (líder mundial em vendas de veículos elétricos), Japão, Estados Unidos, Reino Unido e Canadá. [9].

Se tratando de incentivos locais, o Brasil não apresenta bons programas, tomando a questão dos veículos elétricos de maneira ainda muito tímida, apesar da isenção de imposto de importação dos modelos a célula combustível e puro elétricos com autonomia maior que 80 km, já para os modelos híbridos este valor varia entre 0 e 7%, de acordo com o peso e autonomia do modelo [10]. A falta de incentivos governamentais contribui para que montadoras não se interessem em implantar metas de vendas de veículos elétricos no país, e ainda poucos modelos sejam importados, devido às altas taxas de IPI (Imposto sobre Produtos Industrializados), onde os puro elétricos pagam 25% de IPI, e os modelos híbridos variando de 7% a 20% com o Rota 2030, uma pequena redução em comparação com o programa anterior, o Inovar Auto, que era de 7% a 25%) [11]. No entanto, há de se destacar alguns incentivos para setores privados, como por exemplo, programas de incentivo à mobilidade elétrica pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), onde a agência vêm apoiando projetos de pesquisa e desenvolvimento, além de ter estabelecido a Resolução Normativa n° 819/2018, que incentiva concessionárias a comercializar a energia elétrica por meio de estações de recarga para os veículos elétricos, algo que tende substancialmente a aumentar o número de estações de recarga pelo país.

II. RECARGA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS

De fábrica, os veículos elétricos possuem um carregador de baterias interno, denominado de carregador *on-board*, sendo com ele fornecido o equipamento *plug* para que o veículo seja recarregado em uma tomada comum, da residência por exemplo. Este é um método lento e normalmente é viável se o veículo for recarregado durante a madrugada, mas se uma recarga mais rápida é necessária, algumas opções de carga com maior potência são necessárias, assim como o equipamento de conexão entre a rede e o veículo, denominado EVSE (*Electric Vehicle Supply Equipment*).

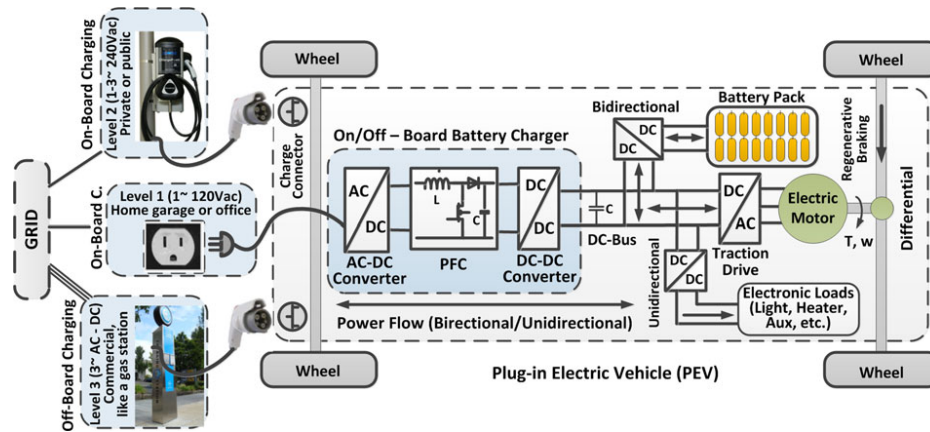


Figura 1. Sistema típico de carga e potência de um veículo elétrico (Fonte: [16]).

O carregador interno dos veículos elétricos permite que os mesmos sejam recarregados em qualquer lugar que possua uma tomada adequada, mas por ser internos ao veículo, possuem limitações de potência, tendo em vista que carregadores de grandes potências implicam em maiores custos, espaço e peso. Desta forma, para maiores potências, em alguns veículos, as montadoras permitem recargas rápidas a partir de carregadores externos (*off-board*) com altas potências, que fornecem corrente contínua diretamente para a bateria, sendo esta prática chamada de carga rápida CC [17]. De forma complementar, os carregadores podem ser unidirecionais, sendo de engenharia mais simples e barata, ou bidirecionais, mais complexos e que permitem o fluxo de potência direto e inverso, permitindo assim que a bateria seja recarregada, mas haja a opção da mesma devolver energia para a rede elétrica, conceito este conhecido como V2G (*vehicle to grid*) [18].

De forma ilustrativa, a Fig. 1 demonstra de forma detalhada como é um sistema de carga e potência de um veículo elétrico, no qual a energia provinda da rede é entregue ao carregador *on-board* do veículo por meio de tomadas comuns, estações de recarga, ou diretamente para a bateria do veículo por meio de estações de carga rápida CC. O carregador *on-board* é composto por um estágio de retificação com correção de fator de potência, outro conversor CC para adequação da tensão do barramento CC, um conversor CC-CC unidirecional/bidirecional com objetivo de carregar/descarregar o banco de baterias, um conversor CC-CC para alimentar outras funções do veículo (cargas eletrônicas, luz, aquecedor, etc.) e um inversor que converte a energia provinda da bateria de CC para trifásica CA com o objetivo de alimentar o motor elétrico acoplado ao eixo das rodas do veículo, o mesmo utilizado como caminho reverso da corrente regenerada pelos freios para a bateria [16].

III. NORMATIVAS ENVOLVENDO RECARGA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS

O sucesso, expansão e correto funcionamento dos veículos elétricos depende diretamente do estabelecimento de normas e padrões internacionais relacionados a equipamentos, infraestrutura adequada, códigos de recarga e *softwares* públicos e privados de interfaces amigáveis. Como se trata de uma tecnologia relativamente em ascensão, e cada região global, demonstrada na Fig. 2, busca sua maneira própria de estabelecer certificados e padrões, fica complicado existir apenas uma norma para cada assunto específico, isto porque mesmo havendo uma norma internacional, esta sempre acaba sendo adequada para as especificidades de cada país [19]. De maneira geral, instituições internacionais e grupos de trabalho pelo mundo trabalham

para criar normativas para os veículos elétricos [20], sendo algumas delas:

- ❖ SAE J1772: Métodos de recarga/plugues para veículos elétricos.
- ❖ SAE J1773: Recarga indutivamente acoplada para veículos elétricos.
- ❖ SAE J2293: Sistemas de transferência de energia para veículos elétricos e EVSE.
- ❖ IEEE 2030.1.1: Especificações técnicas para recarga rápida de veículos elétricos.
- ❖ IEEE P2690: Protocolo de gerenciamento de redes de recarga para veículos elétricos.
- ❖ IEEE 2030: Interoperabilidade de redes inteligentes.
- ❖ IEC 61851-1: Sistema de recarga condutiva para veículos elétricos.
- ❖ IEC 61851-21: Requerimentos de EMF para conexão condutiva de veículos elétricos em redes CA/CC.
- ❖ IEC 61851-22: Estações de recarga CA para veículos elétricos.
- ❖ IEC 61851-23: Estações de recarga CC para veículos elétricos.
- ❖ IEC 61851-24: Comunicação digital entre veículos elétricos e estações de recarga CC.
- ❖ IEC 62196: Plugues, soquetes e conectores para recarga de veículos elétricos.
- ❖ IEC 62752: Controle e proteção de recarga modo 2 de veículos elétricos por meio de IC-CPDs (In-Cable Control and Protection Device).
- ❖ IEC TC 21: Gerenciamento de baterias.
- ❖ UL 2594: *Electric Vehicle Supply Equipment* (EVSE).
- ❖ UL 2231: Sistemas de proteção pessoal para EVSEs.
- ❖ UL 2251: Plugues, receptáculos e acopladores para veículos elétricos.
- ❖ DIN 43538: Baterias para veículos elétricos.
- ❖ ISO 6469-1: Sistemas recarregável de armazenamento de energia (ESS) para veículos de propulsão elétrica.
- ❖ ISO 6469-2: Segurança operacional de veículos de propulsão elétrica.
- ❖ ISO 6469-3: Segurança elétrica de veículos de propulsão elétrica.
- ❖ ABNT NBR 16567 Veículos rodoviários híbridos elétricos leves - Medição de emissão de escapamento e consumo de combustível e energia - Métodos de ensaio.
- ❖ ABNT NBR IEC 61851-1: Sistema de recarga condutiva para veículos elétricos.
- ❖ ABNT NBR IEC 62196-2: Plugues, tomadas, tomadas móveis para veículo elétrico e plugues fixos de veículo elétrico - Recarga condutiva para veículo elétrico.



Figura 2. Certificações regionais para estabelecimento de normativas pelo mundo [19].

❖ NBR IEC 61851-1 de 06/2013: Sistema de recarga condutiva para veículos elétricos.

❖ Resolução Normativa N° 819, de 19/06/2018: Estabelece os procedimentos e as condições para a realização de atividades de recarga de veículos elétricos.

Como pode ser verificado, o Brasil dispõe de um comitê de normativas para veículos elétricos, que, para este propósito, baseia-se na tradução e adequação de normas internacionais, neste caso da IEC, a partir da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Desta forma, o enfoque deste trabalho se dará considerando as normativas IEC. A norma IEC 61851-1-2017 estabelece os modos de recarga de veículos elétricos, resumidos na Tabela I.

1) *Modo 1*: Modo 1 se refere à conexão de um veículo elétrico a um soquete padrão de uma rede de alimentação CA, utilizando um cabo e um plugue, ambos não comportando nenhum tipo de função piloto suplementar ou contatos auxiliares. O EVSE para Modo 1 precisa fornecer um condutor de aterramento entre o plugue padrão e o veículo. Por não oferecer as condições de segurança adequadas estabelecidas em vários países, este modo de carga é amplamente desencorajado e inclusive proibido em diversos países.

2) *Modo 2*: Modo 2 se refere à conexão de um veículo elétrico a um soquete padrão de uma rede de alimentação CA, utilizando um

cabo e um plugue, contendo função piloto suplementar e sistema para proteção pessoal contra choques elétricos localizada entre o veículo e o plugue padrão. O EVSE para Modo 2 precisa fornecer um condutor de aterramento entre o plugue padrão e o veículo. O equipamento de Modo 2 que for destinado a ser montado em uma parede, mas puder ser desafixado pelo usuário, ou ser utilizado em um encapsulamento resistente a choque elétrico, deverá utilizar equipamento de proteção como requerido na IEC 62752.

O EVSE de modo 2 já contém a função piloto, que é um sinal de controle PWM que visa comunicar o EVSE com o EV, indicando estados tal como se o veículo está pronto para receber energia, se ele requisita energia, se requisita ventilação, se a bateria está recarregada, entre outras funções que são lidas pela amplitude equivalente que o sinal piloto assume após estar em contato com o circuito de controle de carga do veículo. Além de delimitar o valor máximo de corrente que pode ser enviada ao veículo por meio da largura de pulso do sinal PWM.

3) *Modo 3*: O Modo 3 é um método para conexão de um EV a um EVSE permanentemente conectado a uma rede e alimentação CA, com função piloto que se estende do EVSE até o EV. O EVSE destinado para Modo 3 precisa fornecer um condutor de aterramento para o soquete do veículo.

Tabela I
DESCRIÇÃO DOS MODOS DE CARGA PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS DE ACORDO COM A IEC 61851-1-2017.

| | |
|---------------|---|
| Modo 1 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Conexão direta com a rede, sem função piloto ou proteções auxiliares; ➤ Carregador <i>on-board</i>; ➤ Máximo 16A, 250V / 480V (monofásico / trifásico); ➤ <i>Proibido e descontinuado por muitos países e montadoras.</i> |
| Modo 2 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Conexão a rede por meio de um EVSE com plugues, com função piloto e proteções contra choque elétrico (IC-CPD); ➤ Carregador <i>on-board</i>; ➤ Máximo 32A / 63A, 250V / 480V (monofásico / trifásico), mas normalmente limitado pelo ponto de conexão; ➤ Tipicamente limitado em 10A (2,4 kW); |
| Modo 3 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Conexão permanente com a rede por meio de um EVSE, com função piloto e proteções contra choque elétrico; ➤ Requer uma caixa montada na parede ou similares, para entregar mais potência e com as proteções e circuitos de comando e controle necessários; ➤ Carregador <i>on-board</i>; ➤ Máximo 32A / 63A, 250V / 480V (monofásico / trifásico); ➤ Valores típicos de 3,7kW / 7kW para conexões monofásicas e 11kW / 22kW e até 43kW para conexões trifásicas; |
| Modo 4 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Popularmente referido como carga rápida CC (<i>DC Fast Charge</i>), é o modo de recarga por meio de uma rede CC; ➤ A energia é transferida diretamente da estação de recarga para a bateria do veículo, por meio de um carregador <i>off-board</i>; ➤ Valores típicos estende-se até 50kW (CHAdeMO), 120kW (Tesla), 150kW (CCS), e futuramente 350kW e 400kW; |

4) *Modo 4*: O Modo 4 é um método para conexão de um EV a uma rede de alimentação CA ou CC, utilizando- de um EVSE com função piloto que se estende do CC EVSE até o EV. O equipamento de Modo 4 pode ser permanentemente conectado ou conectado por meio de um cabo/plugue com a rede de alimentação. O EVSE destinado para Modo 4 precisa fornecer um condutor de aterramento para o soquete do veículo. Requerimentos adicionais para CC EVSE são descritos na IEC 61851-23.

A. Plugues e tomadas para recarga de veículos elétricos

Se tratando de plugues, existem diferentes padrões, sendo utilizados em diferentes regiões, dentre eles o padrão SAE J1772 e IEC 62196, tipo 1 e tipo 2 respectivamente, o padrão CCS (*Combined Charging System*) combo 1 e 2, que combinam, respectivamente o padrão tipos 1 e 2 com a recarga CA e CC em um único plugue, o padrão chinês GB-T 20234, o padrão CHAdeMO para carga rápida, além do padrão GB/T utilizado na China e o Tesla que a montadora utiliza em seus veículos.

O padrão SAE J1772, demonstrado na Fig. 3, utilizado nos USA, define o protocolo para EVSEs com recargas nível 1 e 2 [21], [22]. O padrão IEC 62196, baseado na norma SAE (*Society of Automobile*

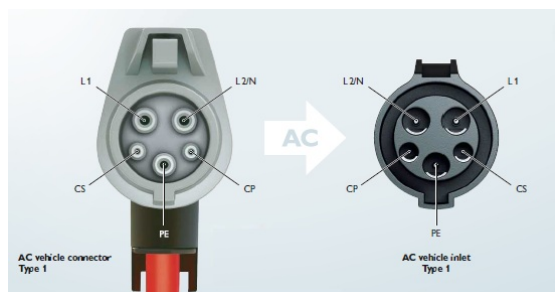


Figura 3. Conector tipo 1 (esquerda) e entrada do veículo (direita), para recargas de nível 1 e 2, monofásica (Fonte: Electric Vehicle Charging Solutions Australia, 2019).

Engineers) J1772, e com o mesmo protocolo, demonstrado na Fig. 4, é utilizado para EVSEs com recargas modo 2 e 3. Este conector é chamado de Mennekes, comporta o mesmo protocolo do tipo 1 (portanto adaptadores podem ser utilizados entre o tipo 1 e tipo 2). Possui contatos a mais que permite a recarga também a partir de redes trifásicas, consequentemente possibilitando recargas mais rápidas [21].

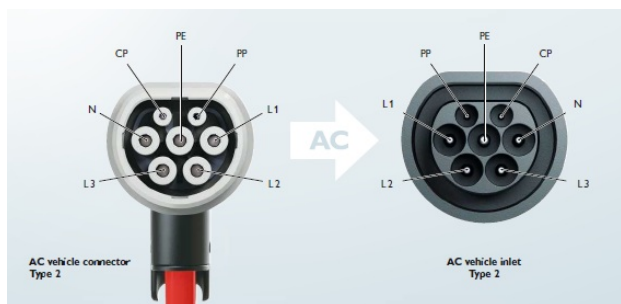


Figura 4. Conector tipo 2, Mennekes (esquerda) e entrada do veículo (direita) para recargas de nível 1 e 2, monofásica ou trifásica (Fonte: Electric Vehicle Charging Solutions Australia, 2019).

IV. RECARGA MODO 2 PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS

O equipamento de fornecimento de energia do veículo elétrico (EVSE) deve ser construído de tal forma que o EV possa se conectar

com o mesmo, de maneira que, em condições normais de uso, a transferência de energia seja feita de forma segura, com performance adequada e minimize riscos para o usuário ou arredores [23].

O EVSE possui um circuito piloto que faz a comunicação com o veículo, sua função é verificar se o veículo se encontra devidamente conectado ao EVSE, para que as ações de recarga sejam feitas de maneira segura. Este circuito, conduz sinais em corrente contínua para verificar os estados de conexão do veículo com o EVSE, e também um sinal de controle PWM (com valores de pico-a-pico de $\pm 12V$) que indica a máxima corrente que pode ser transmitida ao veículo [23].

O EVSE de modo 2 consiste em um arranjo com um dispositivo localizado entre a conexão com a rede de alimentação e a entrada do veículo elétrico, chamado de IC-CPD (*In-Cable Control and Protection Device*) e é tratado na norma IEC 62752:2016 [24]. Esse dispositivo, mostrado na Fig. 5, consiste no arranjo do cabo, conector e plugue, assim como uma caixa montada entre as extremidades, chamada de caixa de função, responsável por realizar a carga da bateria do veículo de forma segura. Esta caixa de função compõe as proteções necessárias, e também o circuito e controle piloto, responsável por realizar a comunicação entre o EV e o EVSE. De acordo com a norma

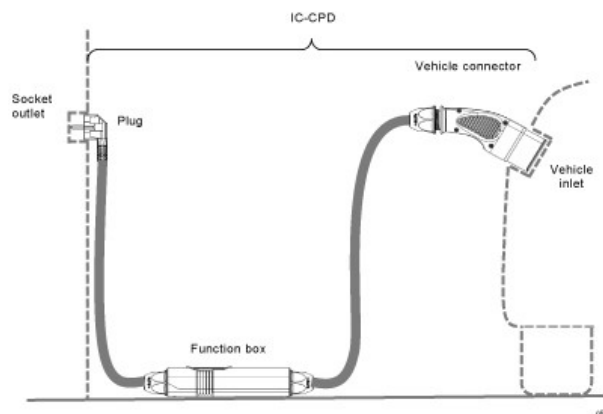


Figura 5. Uso do IC-CPD (Fonte: IEC e-tech, 2019) [25].

IEC 62752 [24], IC-CPDs são providos de chaves que promovem a conexão/desconexão com a rede (linha/neutro) e com o condutor de proteção, estes chaveamentos são de acordo com a necessidade do veículo em ser recarregado ou não. A função de operação de corrente residual promove segurança contra choques elétricos quando o veículo estiver conectado, em caso de falha das proteções básicas e/ou proteção contra faltas, de acordo com a IEC 61851-1. A proteção contra correntes residuais compõe a capacidade de interromper a alimentação caso haja correntes residuais acima de 6 mA (pulsada ou contínua). O IC-CPD se comunica com o EV, por meio do circuito de controle piloto. Para fins de verificação da conformidade dos IC-CPDs com a norma IEC 62752, a mesma estabelece alguns testes pelos quais os IC-CPDs devem ser submetidos, como a verificação do aumento de temperatura do IC-CPD, verificação do auto teste da função de corrente residual, entre outros, que serão parcialmente aqui abordados. A norma compreende um total de 36 testes típicos, envolvendo verificações elétricas e mecânicas do IC-CPD, estes testes, classificados em elétricos, mecânicos e complementares, podem ser vistos na Fig 6.

A. Teste de aumento de temperatura

Como especifica a norma IEC 62752 [24], a proteção do IC-CPD contra choque elétrico é verificada considerando uma amostra fornecida pelo fabricante, nas condições a qual foi fornecida. Os plugs necessários para o teste devem ter pinos de latão, com as dimensões mínimas especificadas.

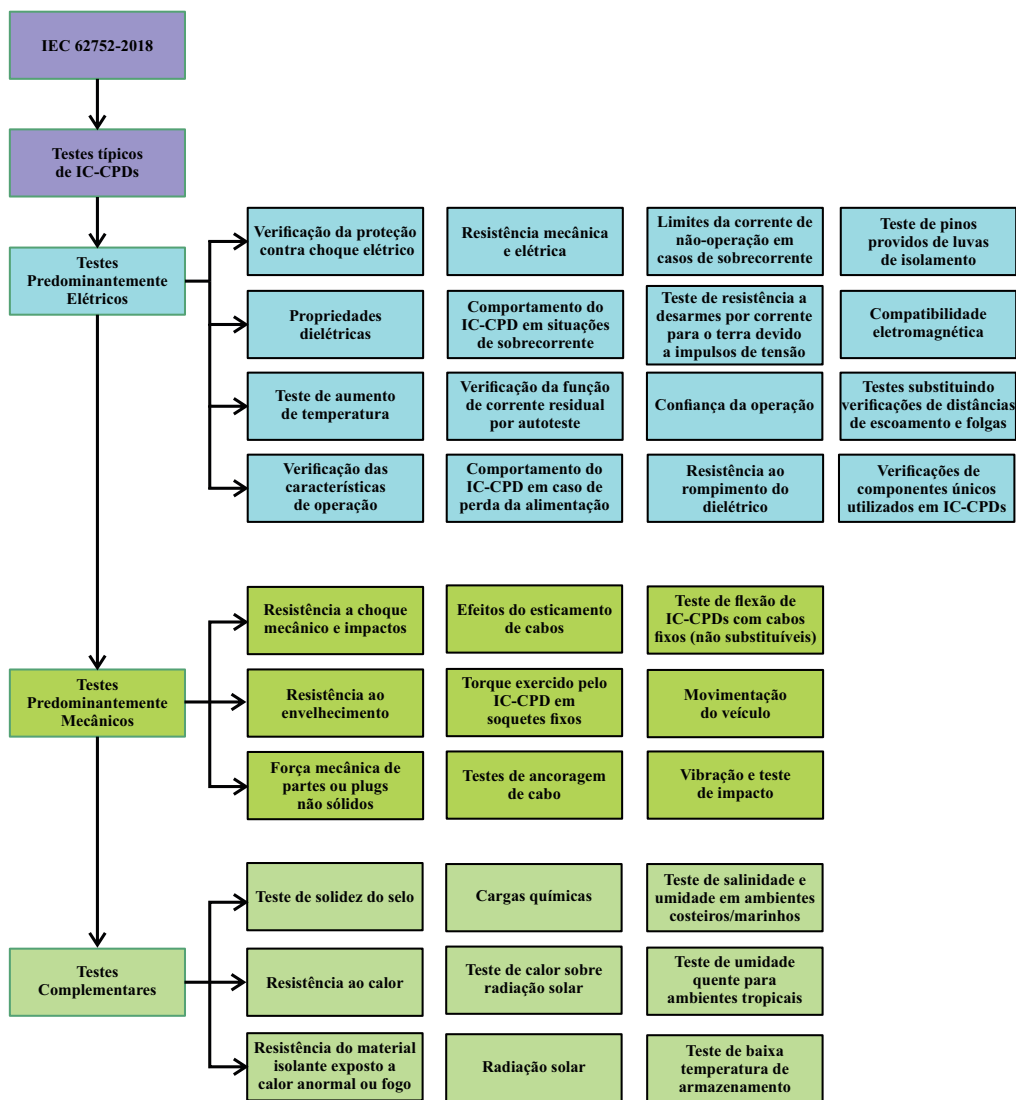


Figura 6. Fluxograma de testes de IC-CPDs.

A corrente nominal do IC-CPD é passada simultaneamente pelos dois polos do IC-CPD (LLSE e LNSE), ou pelos três polos do IC-CPD (LLLNE e LLLNSE) durante um tempo que permita a temperatura se elevar a atingir um valor constante (não variando mais de 1 K/h).

O teste é repetido aplicando-se a corrente pelo condutor de proteção unicamente e com 105% da tensão nominal aplicada entre linha e neutro. Durante os testes, o aumento de temperatura não deve exceder:

- 50 K para contatos ou terminais para conexão externa;
- 30 K para partes metálicas possíveis de serem tocadas;
- 50 K para partes não-metálicas possíveis de serem tocadas;

As temperaturas de diferentes partes devem ser medidas por meio de termocopladores ou equivalentes, na posição acessível mais próxima do ponto mais quente. Boa condutividade de calor entre termocopladores e a superfície da parte sob teste deve ser garantida.

B. Verificação da função de corrente residual por autoteste

Para este teste, a norma IEC 62752 [24], especifica que o IC-CPD é inicialmente alimentado com tensão nominal, como se em

uso normal. Durante o processo de autoteste, o condutor de proteção não deve ficar vivo, e os contatos no lado da carga não devem ser fechados. O IC-CPD deverá desarmar de acordo com as especificações da Tab. II.

Não deve ser possível armar o IC-CPD sem proceder o autoteste. Antes de qualquer início de recarga, o IC-CPD deve ser testado por um autoteste automático. A correta operação do IC-CPD deve resultar no início da recarga. Uma amostra de IC-CPD deve ser preparada curto-circuitando os contatos fase e neutro. O IC-CPD é então alimentado em tensão nominal, o processo de carga deve ser iniciado. O resultado deve ser que a falta é indicada por um sinal visual ou audível, o sinal piloto deve desabilitar a carga e o condutor de proteção, se existir, deve estar na posição fechada.

C. Comportamento do IC-CPD em caso de perda da alimentação

Este teste da norma IEC 62752 [24], faz a verificação da correta operação na mínima tensão especificada pelo IC-CPD. Tensão nominal é aplicada em cada dois caminhos de corrente do IC-CPD escolhido aleatoriamente, e a tensão é gradativamente reduzida para

seu valor mínimo especificado, após isso, esta é então gradativamente reduzida 5 V/s até que a abertura automática ocorra. A tensão é então medida. Cinco medidas são colhidas de cada amostra, e estas não devem exceder 0,85 vezes o menor valor da faixa de tensão e ser maior que a mínima tensão especificada, se aplicável. No final dessas medições a tensão é setada para seu valor nominal e então reduzida a um valor 5% acima da máxima tensão de abertura medida. Nesta condição, o IC-CPD deve se comportar de acordo com a Tab. II.

Se qualquer das tensões de abertura medidas for maior de 85 V, o teste acima, de acordo com a Tab. II para 6 mA é repetido com tensão de alimentação logo acima da menor tensão de abertura medida.

Tabela II

VALORES DE TEMPO (S) LIMITE PARA CORRENTE RESIDUAL ALTERNADA EM IC-CPDs [24].

| Corrente (mA) | Tempo (s) |
|---------------|-----------|
| 6 mA | 0,3 s |
| 12 mA | 0,15 s |
| 30 mA ou mais | 0,04 s |

► Verificação da abertura automática em caso de perda de alimentação.

O IC-CPD é alimentado com sua tensão nominal e então esta é removida, os contatos do IC-CPD devem abrir em um tempo menor ou igual a 1 s, cinco medidas são colhidas.

► Verificação da função de restabelecimento do contato.

O IC-CPD encontra-se aberto, uma tensão então é lentamente aumentada até seu valor nominal, ou a menor tensão dentro da faixa estabelecida, dentro de 30 s. O IC-CPD deve reiniciar a carga antes ou no momento em que a tensão atingir 85 % da faixa de tensão indicada.

Na tensão nominal ou 85 V, qual for a maior, deverá ser verificado que o IC-CPD opere de acordo com a Tab. II em 6 mA. A tensão de alimentação é então removida e reaplicada após 30 s e o IC-CPD não deverá fechar automaticamente contanto que algum meio de contato manual seja utilizado. Se o reinício manual for precedido removendo-se o IC-CPD do soquete/outlet, o IC-CPD pode fechar novamente.

V. CONCLUSÃO

Muito se fala sobre a inovação tecnológica dos veículos elétricos, assim como seu grande potencial em melhorar a qualidade do meio ambiente ao substituir os modelos a combustão. Portanto, os governos aos poucos vão aderindo a esta ideia e incentivando a substituição dos modelos a combustão por elétricos. Em paralelo a isso, instituições no mundo todo trabalham para definir normas e padrões para os veículos elétricos, garantindo que onde quer que o veículo esteja, seja possível encontrar um ponto de recarga. Este trabalho focou nas especificações do modo 2 de recarga (nomenclatura da IEC), como suas especificações de potência, padrões de soquetes, plugues, cabos, e principalmente no IC-CPD, que é o dispositivo responsável por conectar o veículo à rede elétrica e realizar a transferência de energia de forma segura. A norma IEC foi a escolhida para este trabalho, pois a mesma serve como base para as normas brasileiras. Os testes foram apresentados e alguns detalhados, demonstrando a dedicação na elaboração de testes que garantam a qualidade dos IC-CPDs destinados ao uso para recarga de veículos elétricos.

REFERÊNCIAS

[1] Z. Darabi and M. Ferdowsi, "Aggregated impact of plug-in hybrid electric vehicles on electricity demand profile," *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, vol. 2, no. 4, pp. 501–508, Oct 2011.

[2] International Energy Agency, *CO₂ emissions from fuel combustion: overview*. Statistics, IEA, 2018.

[3] d. C. Observatório, "Emissões de GEE no Brasil (1970-2016) e suas implicações para políticas públicas e a contribuição brasileira para o Acordo de Paris," pp. 19–22, 2018.

[4] M. Guarnieri, "When cars went electric, part one [historical]," *IEEE Industrial Electronics Magazine*, vol. 5, no. 1, pp. 61–62, March 2011.

[5] R. Baran and L. F. L. Legey, "Veículos elétricos: história e perspectivas no brasil," *BNDES Setorial, Rio de Janeiro*, n. 33, p. 207–224, mar., 2011.

[6] Y. Nishi, "The development of lithium ion secondary batteries," in *1996 Symposium on VLSI Circuits. Digest of Technical Papers*, June 1996, pp. 88–89.

[7] G. E. Blomgren, "Current status of lithium ion and lithium polymer secondary batteries," in *Fifteenth Annual Battery Conference on Applications and Advances (Cat. No.00TH8490)*, Jan 2000, pp. 97–100.

[8] P. Cazzola, M. Gerner, S. Scheffer, R. Scuitmaker, and J. Tattini, "Nordic ev outlook 2018," 2018.

[9] R. Gibson, "Which countries have the best incentives for ev purchases?" Mar 2018. [Online]. Available: <https://www.fleetcarma.com/countries-best-incentives-ev-purchases/>

[10] i. S. Paulo, "Os 6 carros elétricos e híbridos disponíveis no brasil - home - ig," May 2018. [Online]. Available: <https://carros.ig.com.br/2018-05-28/carros-eletricos-hibridos.html>

[11] "Carro elétrico ainda espera incentivos para crescer no brasil," Jun 2018. [Online]. Available: <https://www12.senado.leg.br/noticias/especiais/especial-cidadania/carro-eletrico-ainda-espera-incentivos-para-crescer-no-brasil>

[12] C. C. Chan, A. Bouscayrol, and K. Chen, "Electric, hybrid, and fuel-cell vehicles: Architectures and modeling," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 59, no. 2, pp. 589–598, Feb 2010.

[13] C. C. Chan, "The state of the art of electric, hybrid, and fuel cell vehicles," *Proceedings of the IEEE*, vol. 95, no. 4, pp. 704–718, April 2007.

[14] K. Vidyandandan, "Overview of electric and hybrid vehicles," *Energy Scan (A House Journal of Corporate Planning, NTPC Ltd., India)*, vol. III, pp. 7–14, 03 2018.

[15] J. Jefferson Antunes Saldanha, E. Santos, A. Paula Carboni de Mello, and D. Pinheiro Bernardon, *Control Strategies for Smart Charging and Discharging of Plug- In Electric Vehicles*, 12 2016.

[16] M. Yilmaz and P. T. Krein, "Review of battery charger topologies, charging power levels, and infrastructure for plug-in electric and hybrid vehicles," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 28, no. 5, pp. 2151–2169, May 2013.

[17] M. C. Falvo, D. Sbordone, I. S. Bayram, and M. Devetsikiotis, "Ev charging stations and modes: International standards," in *2014 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion*, June 2014, pp. 1134–1139.

[18] U. C. Chukwu and S. M. Mahajan, "Modeling of v2g net energy injection into the grid," in *2017 6th International Conference on Clean Electrical Power (ICCEP)*, June 2017, pp. 437–440.

[19] D. Hanauer, "Mode 2 charging—testing and certification for international market access," *World Electric Vehicle Journal*, vol. 9, p. 26, 07 2018.

[20] S. Habib, M. M. Khan, F. Abbas, L. Sang, M. U. Shahid, and H. Tang, "A comprehensive study of implemented international standards, technical challenges, impacts and prospects for electric vehicles," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 13 866–13 890, 2018.

[21] B. Jar, N. Watson, and A. Miller, "Rapid ev chargers: Implementation of a charger," 06 2016.

[22] SAE. (2010, Jan.) Sae j1772: Electric vehicle and plug in hybrid electric vehicle conductive charge coupler. PA, USA. [Online]. Available: http://standards.sae.org/j1772_201001/

[23] IEC. (2017) Iec 61851-1 ed3.0: Electric vehicle conductive charging system - part 1: General requirements. [Online]. Available: http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/Artnum_PK/44636

[24] *IEC 62752:2018 - In-cable control and protection device for mode 2 charging of electric road vehicles (IC-CPD)*, IEC Std., Sep. 2018. [Online]. Available: <https://webstore.iec.ch/publication/63862>

[25] "Charging evs at home safely and reliably: Iec e-tech: Issue' 03/2016," Apr 2016. [Online]. Available: <https://ieccetech.org/issue/2016-03/Charging-EVs-at-home-safely-and-reliably>