REVISTA TÓPICOS
ISSN 2965-6672 | Qualis A2

ANÁLISE TEÓRICA DE FALHAS E MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM SISTEMAS DE RECARGA VEICULAR

THEORETICAL ANALYSIS OF FAILURES AND PREVENTIVE MAINTENANCE IN VEHICLE CHARGING SYSTEMS

Engenharias • 24/11/2026

REGISTRO DOI: 10.70773/revistatopicos/795463105

Luciano José dos Santos Pereira[1]

Fábio Leite[2]

RESUMO

Este artigo aborda a importância da manutenção preventiva e das práticas adequadas de instalação de carregadores veiculares, considerando a expansão da mobilidade elétrica no Brasil. A pesquisa fundamenta-se em normas técnicas aplicáveis às instalações elétricas de baixa tensão e aos sistemas de recarga condutiva de veículos elétricos. Inicialmente, são apresentados os principais tipos de carregadores — portáteis, wallbox e estações de recarga rápida — e os dispositivos de proteção relevantes, como disjuntores termomagnéticos, dispositivos de proteção contra surtos (DPS) e interruptores diferenciais residuais (IDR). Em seguida, são discutidas falhas associadas ao dimensionamento inadequado de condutores, à queda de tensão, às conexões elétricas e ao aterramento. Por fim, propõe-se um checklist técnico de inspeção preventiva, abrangendo verificações visuais, elétricas, funcionais e documentais. Conclui-se que a adoção de procedimentos sistemáticos de inspeção, aliados ao cumprimento das normas e às orientações dos fabricantes, contribui para reduzir riscos e melhorar a confiabilidade dos sistemas de recarga.

Palavras-chave: carregadores veiculares; manutenção preventiva; instalações elétricas; segurança elétrica; normas técnicas.

ABSTRACT

This article discusses the importance of preventive maintenance and proper installation practices for electric vehicle charging systems, considering the expansion of electric mobility in Brazil. The study is based on technical standards applicable to low-voltage electrical installations and conductive charging systems for electric vehicles. It presents portable chargers, wallbox units and fast-charging stations, as well as relevant protective devices, including circuit breakers, surge protective devices (SPDs) and residual current devices (RCDs).

It then discusses failures related to conductor sizing, voltage drop, electrical connections and grounding. Finally, a technical preventive-maintenance checklist is proposed, covering visual, electrical, functional and documentary inspections. The study concludes that systematic inspections, compliance with applicable standards and adherence to manufacturers' instructions can help reduce risks and improve charging-system reliability.
Keywords: electric vehicle chargers; preventive maintenance; electrical installations; electrical safety; technical standards.

1. INTRODUÇÃO

A sustentabilidade ambiental impulsiona a busca por alternativas capazes de reduzir os impactos associados ao uso de combustíveis fósseis. Nesse contexto, a mobilidade elétrica vem ganhando espaço em diversos países, inclusive no Brasil, e está relacionada à eletrificação dos transportes e aos esforços de redução das emissões. A expansão dessa modalidade exige infraestrutura de recarga compatível com as características dos veículos e com as condições das instalações elétricas.

O crescimento do mercado nacional de veículos elétricos e híbridos reforça a necessidade de ampliar a infraestrutura de recarga. A fonte Trading Economics foi citada no levantamento inicial como referência para um aumento de 58% nas vendas em julho de 2025, em comparação com o mesmo mês do ano anterior (Trading Economics, 2025).

Além da expansão da infraestrutura, a segurança operacional é um aspecto central. Instalações inadequadas podem ocasionar aquecimento de conexões, atuação indevida de proteções, danos

aos equipamentos e riscos de choque elétrico ou incêndio. A manutenção preventiva, por sua vez, permite identificar não conformidades antes que evoluam para falhas graves.

O objetivo deste artigo é discutir falhas recorrentes em sistemas de recarga veicular e apresentar um checklist de inspeção preventiva que auxilie profissionais na avaliação das condições de instalação, operação e conservação dos equipamentos.

1.1. Metodologia

A pesquisa possui caráter bibliográfico e documental. Foram consideradas normas aplicáveis às instalações elétricas de baixa tensão e aos sistemas de recarga condutiva, além de literatura técnica sobre proteção elétrica e materiais de orientação relacionados aos equipamentos. A análise foi organizada por temas: tipos de carregadores, dispositivos de proteção, falhas de instalação, queda de tensão, aterramento e dimensionamento. Com base nessa organização, foi elaborado um checklist qualitativo de manutenção preventiva. Não foram realizados ensaios laboratoriais ou medições de campo; por isso, os exemplos de cálculo apresentados são ilustrativos e não substituem o projeto elétrico específico de cada instalação.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Carregadores Veiculares

Os sistemas de recarga veicular fornecem energia à bateria do veículo por meio de equipamentos e circuitos específicos. Na recarga em corrente alternada (CA), o carregador embarcado no veículo realiza a conversão para corrente contínua (CC); em sistemas

de recarga rápida em corrente contínua, a conversão é realizada, em geral, pela própria estação. Assim, a arquitetura do sistema influencia a potência, a instalação e os requisitos de proteção.

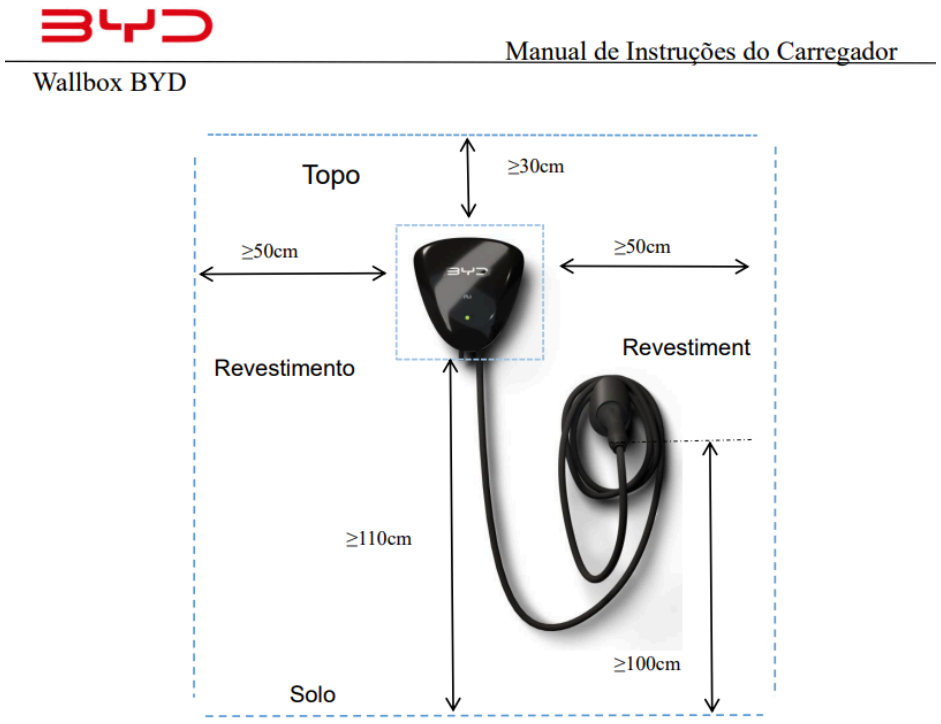
Quanto à aplicação, destacam-se três categorias. Os carregadores portáteis costumam operar em potências próximas de 3,5 kW e correntes da ordem de 16 A, quando compatíveis com a alimentação disponível. Devem ser conectados a ponto de tomada e circuito adequadamente dimensionados, observando-se as instruções do fabricante. Os equipamentos wallbox podem alcançar cerca de 7 kW e 32 A em instalações monofásicas de 220 V, devendo dispor de circuito dedicado e proteções compatíveis. Já as estações de recarga rápida são destinadas, frequentemente, a aplicações públicas ou comerciais e operam com potências superiores. Para estações de recarga em corrente contínua, também é pertinente considerar os requisitos específicos da IEC 61851-23 (International Electrotechnical Commission, 2022).

A tensão de alimentação, o número de fases, a corrente máxima, o regime de uso e as exigências do fabricante devem ser verificados antes do dimensionamento. A instalação deve observar, entre outras referências pertinentes, a ABNT NBR 5410, a ABNT NBR IEC 61851-1 e os requisitos específicos para alimentação de veículos elétricos previstos na ABNT NBR IEC 60364-7-722.

Além dos dimensionamentos de condutores e proteções que serão explorados na seção 2, é necessário se atentar a outros critérios físicos de instalação. Critérios estes relacionados ao ambiente em que o aparelho vai ser instalado. A Figura 1 demonstra algumas distâncias mínimas exigidas para instalação por exemplo de um Wallbox da marca BYD. Esses espaços livres são necessários para

garantir uma ventilação adequada, dissipação de calor e segurança na operação. Além disso, essas distâncias também facilitam o acesso ao equipamento para instalação, manutenção e possíveis reparos, evitando superaquecimento, danos aos componentes e dificuldades de utilização.

Figura 1. Esquema de instalação e dimensões do carregador Wallbox BYD



Fonte: BYD (2026, p. 10).

2.2. Dispositivos de Proteção

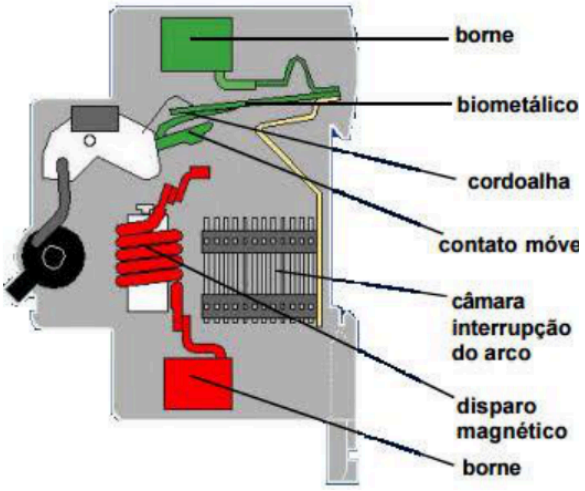
2.2.1. Disjuntores Termomagnéticos

O disjuntor termomagnético protege o circuito contra sobrecorrentes. O disparador térmico atua principalmente em situações de sobrecarga, enquanto o disparador magnético responde a correntes elevadas associadas a curtos-circuitos. A seleção deve considerar a corrente de projeto, a capacidade de condução dos condutores, a corrente de curto-circuito presumida, a

capacidade de interrupção do dispositivo e as características da carga (Cotrim, 2009).

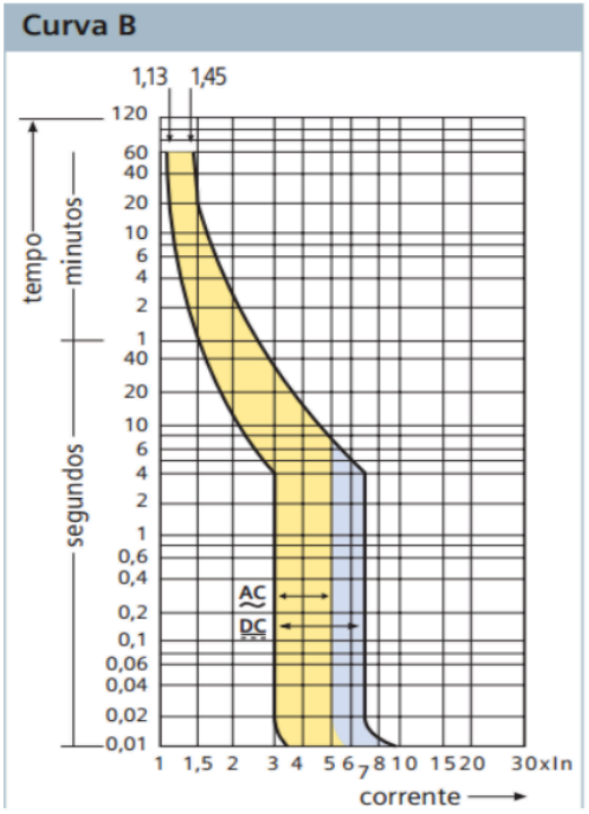
A Figura 2 apresenta a estrutura interna de um disjuntor termomagnético. A curva tempo-corrente presente na Figura 3 permite compreender a relação entre a magnitude da corrente e o tempo de atuação. As curvas B, C e D possuem faixas de disparo magnético distintas, e a escolha deve ser compatível com a corrente de partida e com as recomendações de projeto.

Figura 2. Estrutura interna de um disjuntor termomagnético



Fonte: Farias et al. (2016).

Figura 3. Curva tempo-corrente característica de disjuntor curva B



Fonte: Farias et al. (2016).

2.2.2. Dispositivo de Proteção Contra Surtos (DPS)

O DPS limita sobretensões transitórias e conduz a corrente de surto para o sistema de proteção, reduzindo a probabilidade de danos aos equipamentos. Sua efetividade depende da seleção adequada do dispositivo, da coordenação com os demais elementos de proteção, do comprimento e encaminhamento das conexões e da qualidade do sistema de aterramento (Heinisch, 2019). Surtos podem estar associados a descargas atmosféricas e a manobras na rede elétrica.

Em muitos DPS de baixa tensão, um varistor apresenta comportamento não linear: sua impedância diminui quando a tensão ultrapassa determinada faixa, permitindo conduzir a corrente de surto. A Figura 4 ilustra componentes associados ao dispositivo. O DPS não substitui o aterramento, o disjuntor ou a proteção diferencial; cada elemento desempenha função distinta.

Figura 4. Componentes internos ilustrativos de um dispositivo de proteção contra surtos



Fonte: Drago ([s.d.]).

2.2.3. Interruptor Diferencial Residual (IDR)

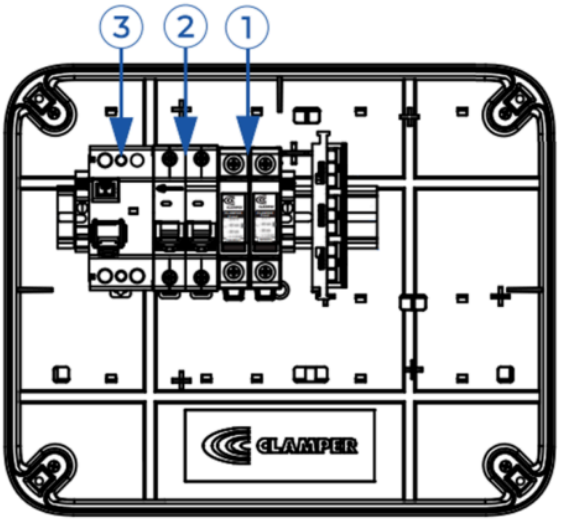
O IDR detecta correntes diferenciais residuais e desliga o circuito quando as condições de atuação do dispositivo são atingidas, contribuindo para a proteção contra choques elétricos. Ele não substitui o disjuntor termomagnético, pois não desempenha a mesma função de proteção contra sobrecargas e curtos-circuitos. A seleção deve considerar a instalação, o equipamento de recarga e as orientações normativas e do fabricante (Cotrim, 2009).

Em sistemas de recarga veicular, a proteção diferencial deve ser definida considerando a possibilidade de correntes residuais com componentes contínuas. O tipo A detecta correntes residuais alternadas senoidais e contínuas pulsantes; entretanto, a escolha final não deve ser generalizada sem verificar os requisitos do carregador. Alguns equipamentos incorporam detecção de corrente contínua residual, enquanto outros exigem dispositivo específico, conforme as instruções do fabricante e as normas aplicáveis.

A Figura 5 mostra um quadro de proteção com elementos identificados no como DPS, disjuntor e IDR. A ordem e a

configuração dos dispositivos devem ser definidas no projeto elétrico e verificadas conforme o modelo efetivamente instalado.

Figura 5. Exemplo de quadro com dispositivos de proteção para circuito de recarga



Fonte: CLAMPER ([s.d.]).

2.3. Falhas Comuns em Instalações de Carregadores Veiculares

Entre as não conformidades possíveis estão conexões com aperto inadequado, terminais incompatíveis com os condutores, danos no isolamento, dimensionamento insuficiente e ausência de coordenação entre as proteções. Conexões frouxas podem aumentar a resistência de contato e gerar aquecimento localizado, conhecido como ponto quente, favorecendo a degradação do isolamento e, em casos graves, incêndios.

Em condomínios, a instalação de carregadores também pode exigir avaliação da capacidade da entrada de energia, dos alimentadores e do transformador que atende à edificação. A disponibilidade de potência deve ser verificada por estudo de carga, considerando a demanda existente, a simultaneidade provável e a expansão futura. Regras locais de segurança contra incêndio e exigências

documentais variam conforme a jurisdição e devem ser verificadas no caso concreto.

Projetos, responsabilidade técnica e eventuais adequações de infraestrutura devem ser definidos por profissional legalmente habilitado, conforme a natureza do serviço e a regulamentação aplicável. A escolha de wallbox em vez de carregador portátil não elimina a necessidade de dimensionamento e proteção adequados.

2.4. Queda de Tensão

A corrente elétrica que percorre os condutores provoca queda de tensão em razão da impedância do circuito. A magnitude depende, entre outros fatores, do comprimento, da seção e do material dos condutores, da corrente e da temperatura. Quedas excessivas podem comprometer o desempenho do carregador e aumentar as perdas por efeito Joule.

Para uma estimativa simplificada de circuito monofásico em corrente contínua ou considerando apenas a resistência dos condutores em circuito monofásico de CA, pode-se utilizar $\Delta V \approx 2 \times \rho \times L \times I / S$, em que ΔV é a queda de tensão (V), ρ é a resistividade do material ($\Omega \cdot mm^2/m$), L é o comprimento de ida (m), I é a corrente (A) e S é a seção do condutor (mm^2). Em corrente alternada, o cálculo completo pode exigir considerar reatância, fator de potência e condições específicas da instalação.

Exemplo ilustrativo: para um carregador de 7 kW em 220 V, a corrente aproximada é $I = P/V = 7.000/220 \approx 31,8$ A. Considerando condutor de cobre, $\rho \approx 0,0175\ \Omega \cdot mm^2/m$, comprimento de ida de 20 m e seção de 6 mm^2, obtém-se $\Delta V \approx 2 \times 0,0175 \times 20 \times 31,8 / 6 \approx 3,71$ V, correspondente a aproximadamente 1,69% de 220 V. Esse resultado é

apenas uma estimativa de queda de tensão; não comprova, isoladamente, que a seção atende a todos os critérios normativos.

2.5. Falhas de Aterramento

O sistema de aterramento e o condutor de proteção (PE) contribuem para a segurança das pessoas e para a atuação dos dispositivos de proteção. Entre as falhas possíveis estão descontinuidade do PE, conexões corroídas, terminais frouxos e ligações incompatíveis com o esquema de aterramento da instalação. A inspeção deve verificar a continuidade do condutor de proteção e a integridade das conexões, além de realizar ensaios adequados quando necessários.

Não se deve adotar um valor único de resistência de aterramento, como 10 Ω, como critério universal de conformidade com a ABNT NBR 5410. A segurança depende do esquema de aterramento, das medidas de proteção adotadas e dos parâmetros aplicáveis ao projeto. Os ensaios e critérios de aceitação devem ser definidos por profissional habilitado conforme a norma, o sistema instalado e os requisitos do fabricante.

2.6. Dimensionamento de Condutores

O dimensionamento dos condutores deve considerar, de forma coordenada, a capacidade de condução de corrente, a queda de tensão, a proteção contra sobrecargas e curtos-circuitos, os efeitos térmicos, o método de instalação, a temperatura ambiente, o agrupamento de circuitos e o material do condutor.

A corrente de projeto pode ser estimada por I = P/V em sistemas monofásicos quando o fator de potência e as perdas são

desconsiderados. Para 3,5 kW em 220 V, I ≈ 15,9 A; para 7 kW em 220 V, I ≈ 31,8 A. Esses valores permitem uma estimativa inicial, mas a seção final deve ser determinada pelas tabelas e fatores de correção aplicáveis da ABNT NBR 5410, além dos limites de queda de tensão e das instruções do fabricante.

2.7. Dimensionamento das Proteções

A coordenação entre condutores e disjuntores deve atender ao critério geral Ib ≤ In ≤ Iz, em que Ib é a corrente de projeto da carga, In é a corrente nominal do dispositivo de proteção e Iz é a capacidade de condução de corrente do condutor nas condições reais de instalação. Também devem ser verificadas as condições de atuação contra sobrecarga, a capacidade de interrupção e a proteção contra curto-circuito.

Exemplo preliminar: para um carregador de 7 kW alimentado em 220 V, a corrente estimada é de 31,8 A. Um disjuntor de 40 A só pode ser considerado se a capacidade corrigida do condutor, a coordenação das proteções, a corrente máxima indicada pelo fabricante, a capacidade de interrupção e os demais requisitos forem atendidos. A escolha não deve ser feita apenas arredondando a corrente calculada para o valor comercial seguinte.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Checklist de Manutenção Preventiva para Carregadores Veiculares

O checklist a seguir reúne verificações recomendadas para inspeção preventiva. Intervenções em partes energizadas, medições elétricas e abertura de equipamentos devem ser realizadas somente por

profissional qualificado e autorizado, com procedimentos de segurança apropriados e observância das orientações do fabricante.

3.1.1. Inspeção Visual

- Verificar a integridade do equipamento, procurando trincas, oxidação, deformações e outros danos.
- Conferir a fixação mecânica do equipamento à parede ou ao pedestal.
- Inspecionar cabos e conectores quanto a cortes, desgaste, trincas, escurecimento ou sinais de aquecimento.
- Verificar o encaixe e o travamento do conector de recarga.
- Conferir a legibilidade das etiquetas de identificação e dos avisos de segurança.

3.1.2. Inspeção Elétrica

- Medição das tensões de alimentação e comparação com os dados da placa e os limites do fabricante.
- Inspeção do dimensionamento e do estado dos condutores, conforme o projeto e a ABNT NBR 5410.
- Verificação do torque dos terminais com ferramenta adequada, respeitando o valor especificado pelo fabricante e aplicando procedimento seguro de desenergização.

- Verificação e ensaio dos dispositivos de proteção, incluindo disjuntor, DPS e IDR, conforme aplicável.

- Medição da corrente durante a recarga e comparação com os parâmetros de operação.

- Verificação da continuidade do condutor de proteção (PE) e inspeção das conexões do sistema de aterramento.

- Realização dos ensaios necessários para avaliar a segurança elétrica, adotando critérios de aceitação compatíveis com o esquema de aterramento e o projeto; não utilizar um limite fixo de resistência de aterramento sem justificativa técnica.

3.1.3. Testes de Funcionalidade e Comunicação

- Verificar os comandos de início e término da recarga.

- Observar indicadores luminosos, sonoros e o display, quando existentes.

- Testar Wi-Fi, Ethernet, Bluetooth ou outras funções de conectividade, quando disponíveis.

3.1.4. Limpeza e Conservação

- Remover poeira e resíduos das entradas e saídas de ventilação, quando existentes.

- Inspecionar e limpar componentes internos somente quando o fabricante permitir e após adoção dos procedimentos de segurança necessários.

3.1.5. Registro e Documentação

- Registrar a data da inspeção, identificação do equipamento e do responsável técnico.
- Anotar valores medidos de tensão e corrente, resultados dos ensaios e condições observadas.
- Descrever as não conformidades encontradas, as ações corretivas e a necessidade de acompanhamento.
- Arquivar relatórios, registros fotográficos e documentos técnicos em meio físico ou digital.

3.1.6. Periodicidade Recomendada

A periodicidade deve ser definida conforme criticidade, ambiente, intensidade de uso, histórico de falhas e recomendações do fabricante. Como proposta inicial, pode-se realizar inspeção visual simplificada mensalmente; inspeções elétricas e testes funcionais em intervalos trimestrais ou semestrais; e avaliação técnica completa anualmente. Esses intervalos são sugestões para planejamento, não substituem exigências normativas, contratuais ou do fabricante.

4. CONCLUSÃO

A análise evidencia que a segurança e a confiabilidade dos sistemas de recarga veicular dependem da correta especificação dos equipamentos, do dimensionamento dos condutores, da coordenação das proteções, da integridade do aterramento e da manutenção periódica. Falhas em conexões, condutores ou

dispositivos de proteção podem comprometer o desempenho e elevar o risco de danos e acidentes.

Foi possível identificar também que grande parte dos problemas associados aos sistemas de recarga veicular está relacionada a falhas que podem ser evitadas ainda na etapa de instalação ou detectadas por meio de inspeções periódicas. Dessa forma, evidencia-se que a segurança de uma instalação não depende exclusivamente da qualidade do carregador, mas também das condições da infraestrutura elétrica que o alimenta.

Considerando o crescimento da utilização de veículos elétricos e a consequente ampliação da infraestrutura de recarga, torna-se cada vez mais importante investir em instalações tecnicamente adequadas e em profissionais capacitados para executar inspeções e manutenções. Assim, o estudo reforça que a manutenção preventiva não deve ser vista apenas como uma atividade corretiva antecipada, mas como uma estratégia fundamental de segurança, eficiência e continuidade operacional dos sistemas de recarga veicular.

O checklist proposto organiza as principais verificações visuais, elétricas, funcionais e documentais e pode apoiar a criação de rotinas de manutenção. Entretanto, sua aplicação deve considerar as características de cada instalação e as orientações do fabricante. Os cálculos apresentados são exemplos didáticos e não substituem projeto, inspeção ou ensaios técnicos.

Como limitação, o estudo é bibliográfico e não apresenta resultados de ensaios de campo. Pesquisas futuras podem aplicar o checklist em instalações reais, registrar as não conformidades encontradas e

avaliar se a rotina proposta contribui para reduzir falhas ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5410: instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR IEC 60364-7-722: instalações elétricas de baixa tensão — Parte 7-722: requisitos para locais e usos especiais — alimentação de veículos elétricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR IEC 61851-1: sistema de carregamento condutivo para veículos elétricos — Parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

CLAMPER. Segurança completa (IDR, Disjuntor e DPS). Blog CLAMPER, [s.d.]. Disponível em: https://clamper.com.br/fique-ligado/seguranca_completa/. Acesso em: 16 nov. 2026.

COTRIM, A. A. M. B. Instalações elétricas. 5. ed. São Paulo: Pearson, 2009.

DRAGO, Antonio. O que são os DPSs, e como eles funcionam? Fotus Distribuidora Solar, [s.d.]. Disponível em: https://fotus.com.br/blog/o-que-sao-os-dpss-e-como-eles-funcionam/. Acesso em: 16 nov. 2026.

FARIAS, Ewerton S. et al. Desenvolvimento de um sistema de proteção utilizando disjuntor residual monofásico controlado por Arduino. 2016.

HEINISCH, C. 1752: Benjamin Franklin inventa o para-raios. Deutsche Welle, 2019. Disponível em: https://www.dw.com/pt-br/1752-benjamin-franklin-inventa-o-para-raios/a314478. Acesso em: 19 out. 2026.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Informações sobre descargas atmosféricas. Disponível em: https://www.gov.br/inpe/pt-br.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. IEC 61851-23: electric vehicle conductive charging system — Part 23: DC electric vehicle charging station. Geneva: IEC, 2022.

TRADING ECONOMICS. Brazil — vehicle sales. Disponível em: https://tradingeconomics.com/brazil/vehicle-sales.

---

[1] Graduando em Engenharia Elétrica.

[2] Orientador.