



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA**  
**CAMPUS PATOS**  
**CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM SEGURANÇA NO TRABALHO**

JOSÉ RENAN ALEXANDRE DA NÓBREGA  
JOSÉ AUGUSTO FREIRE NUNES

**SEGURANÇA NO TRABALHO EM ATIVIDADES COM ENERGIA ELÉTRICA: UMA**  
**REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Patos - PB  
2025

JOSÉ RENAN ALEXANDRE DA NÓBREGA  
JOSÉ AUGUSTO FREIRE NUNES

**SEGURANÇA NO TRABALHO EM ATIVIDADES COM ENERGIA ELÉTRICA: UMA  
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Tecnologia em Segurança no Trabalho do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – *Campus Patos*, como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Segurança no Trabalho.

**Orientadora:** Prof.<sup>a</sup> Ms. Érika do Nascimento Fernandes Pinto

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CAMPUS PATOS/IFPB

N754s Nóbrega, José Renan Alexandre da.

Segurança no trabalho em atividades com energia elétrica:  
uma revisão bibliográfica / José Renan Alexandre da Nóbrega,  
José Augusto Freire Nunes. - Patos, 2026.  
67 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Tecnólogo em  
Segurança no Trabalho)-Instituto Federal da Paraíba, Campus  
Patos-PB, 2026.

Orientador(a): Prof.a Ms. Érika do Nascimento Fernandes  
Pinto.

1. Riscos ocupacionais 2. Segurança do trabalho 3. NR-10 4.  
Eletricidade-Acidentes I.Título II. Nunes, José Augusto Freire III.  
Pinto, Érika do Nascimento Fernandes IV.Instituto Federal da  
Paraíba.

CDU –331.46+621.3

JOSÉ RENAN ALEXANDRE DA NÓBREGA

JOSÉ AUGUSTO FREIRE NUNES

**SEGURANÇA NO TRABALHO EM ATIVIDADES COM ENERGIA ELÉTRICA: UMA  
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Tecnologia em  
Segurança no Trabalho do Instituto  
Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia da Paraíba – *Campus* Patos,  
como requisito parcial à obtenção do título  
de Tecnólogo em Segurança no Trabalho.

**APROVADO EM** \_\_\_\_/\_\_\_\_/2025

**BANCA EXAMINADORA**

*Érika do N. Fernandes Pinto*

---

Prof.<sup>a</sup> Ms. Érika do Nascimento Fernandes Pinto – Orientadora  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba

Documento assinado digitalmente



LAVOISIER MORAIS DE MEDEIROS

Data: 17/03/2026 10:58:03-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Me. Lavoisier Morais de Medeiros – Examinador  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba

Documento assinado digitalmente



KARLA NAYALLE DE SOUZA ROCHA

Data: 14/03/2026 09:17:02-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Karla Nayalle de Souza Rocha – Examinador  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos, primeiramente, a Deus por toda força colocada em nossos corações, por nos guiar e sustentar ao longo desta jornada. Foi por meio da fé que enfrentamos os desafios e aprendemos que, com perseverança e confiança, nenhum sonho é inalcançável. Agradecemos também às nossas famílias, por todo o amor, apoio incondicional, incentivo e compreensão ao longo de nossa caminhada acadêmica. Em cada gesto de carinho, palavra de motivação e presença constante, encontramos forças para seguir em frente e superar os obstáculos.

À nossa orientadora, Prof.<sup>a</sup> Ms. Érika do Nascimento Fernandes Pinto, nosso agradecimento mais sincero pela orientação precisa, pela dedicação, pelo apoio constante e por acreditar em nosso potencial desde o início. Aos colegas de curso e amigos que estiveram ao nosso lado nesta caminhada pela troca de experiências, pelas conversas, pela colaboração nos trabalhos em grupo e pela amizade cultivada ao longo desses anos nosso muito obrigado.

Ao Instituto Federal da Paraíba (IFPB), *Campus Patos*, por nos proporcionar um ambiente acolhedor, repleto de oportunidades de aprendizado e crescimento. A todos os professores do curso de Tecnologia em Segurança no Trabalho, por suas aulas, por sua paciência e por contribuírem não apenas com conhecimento técnico, mas também com valores humanos que levaremos para toda a vida. A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho e para a nossa formação acadêmica e pessoal, nossa eterna gratidão.

Por fim, deixamos registrada nossa homenagem ao nosso colega e amigo Hellielson Pereira Lima (Léo), que nos deixou de forma precoce. Colega de curso, trabalhador e Pai. Léo deixou lembranças valiosas e um legado de amizade e dedicação. Sua memória permanecerá viva em nossos corações e sua ausência jamais será esquecida.

Ninguém ignora tudo. Ninguém sabe tudo.  
Todos nós sabemos alguma coisa. Todos  
nós ignoramos alguma coisa. Por isso  
aprendemos sempre.  
(Freire, 1987, p. 45).

## RESUMO

A segurança do trabalho em atividades envolvendo eletricidade constitui um dos maiores desafios no campo da saúde e segurança ocupacional, em razão do elevado potencial de risco e da gravidade dos acidentes decorrentes de falhas nesse ambiente. Os acidentes elétricos apresentam não apenas impactos físicos severos, como choques, queimaduras e óbitos, mas também consequências organizacionais e econômicas, refletindo diretamente na produtividade e na sustentabilidade das empresas. Nesse contexto, compreender a aplicação da Norma Regulamentadora nº 10 (NR-10), bem como o papel da cultura organizacional, da capacitação profissional e da gestão de riscos, é essencial para fortalecer práticas preventivas consistentes. O objetivo desta revisão foi analisar a contribuição da adoção de medidas preventivas na redução dos riscos ocupacionais inerentes às atividades envolvendo energia elétrica. A metodologia adotada baseou-se em uma revisão de literatura narrativa, realizada em bases de dados nacionais e internacionais, incluindo 30 obras distribuídas entre artigos científicos, livros técnicos, trabalhos acadêmicos e documentos oficiais. Foram utilizados descritores em português e inglês relacionados à eletricidade, segurança do trabalho, NR-10, riscos elétricos, treinamento em segurança e prevenção de acidentes. Foram incluídas publicações do período de 2020 a 2025, que apresentassem relação direta com o tema e contribuíssem para o entendimento do panorama atual da segurança elétrica. Os resultados apontaram convergência entre os autores quanto à necessidade de aplicação efetiva da NR-10 como diretriz central para a prevenção de acidentes. Observou-se também que a mera existência de normas não é suficiente para redução dos riscos, sendo indispensável a construção de uma cultura de segurança integrada ao planejamento organizacional. A literatura revelou a relevância de treinamentos contínuos e personalizados, com uso de metodologias ativas e recursos digitais, além da gestão de ativos e da manutenção preventiva como medidas essenciais para reduzir falhas técnicas. Fatores humanos, como fadiga e pressão na execução, foram identificados como determinantes recorrentes em acidentes. A segurança em eletricidade depende de um tripé fundamental: regulamentação adequada, capacitação permanente e consolidação de uma cultura organizacional preventiva. A integração desses elementos promove ambientes mais seguros, sustentáveis e capazes de proteger vidas e patrimônios.

**Palavras-chave:** Cultura organizacional. Eletricidade. NR-10. Prevenção de acidentes. Segurança do trabalho.

## ABSTRACT

Workplace safety in activities involving electricity represents one of the greatest challenges in the field of occupational health and safety due to the high risk potential and the severity of accidents resulting from failures in this environment. Electrical accidents not only lead to severe physical impacts, such as electric shocks, burns, and fatalities, but also cause organizational and economic consequences, directly affecting the productivity and sustainability of companies. In this context, understanding the application of Regulatory Standard No. 10 (NR-10), as well as the role of organizational culture, professional training, and risk management, is essential for strengthening consistent preventive practices. The aim of this review was to analyze the contribution of adopting preventive measures in reducing occupational risks inherent to activities involving electrical energy. The methodology adopted was based on a narrative literature review conducted in national and international databases, including 30 works comprised of scientific articles, technical books, academic papers, and official documents. Descriptors in both Portuguese and English related to electricity, occupational safety, NR-10, electrical risks, safety training, and accident prevention were used. Publications from 2020 to 2025 were included, as long as they were directly related to the topic and contributed to the understanding of the current landscape of electrical safety. The results showed convergence among authors regarding the need for the effective application of NR-10 as a central guideline for accident prevention. It was also observed that the mere existence of regulations is not sufficient to reduce risks, making it essential to build a safety culture integrated into organizational planning. The literature highlighted the importance of continuous and customized training, using active methodologies and digital resources, as well as asset management and preventive maintenance as key measures to reduce technical failures. Human factors such as fatigue and haste in task execution were identified as recurring determinants in accidents. Electrical safety relies on a fundamental tripod: proper regulation, ongoing training, and the consolidation of a preventive organizational culture. The integration of these elements promotes safer, more sustainable environments capable of protecting lives and assets.

**Keywords:** Accident prevention. Electricity. NR-10. Organizational culture. Occupational safety.



## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CLT – Consolidação das Leis do Trabalho

EPC – Equipamento de Proteção Coletiva

EPI – Equipamento de Proteção Individual

LOTO – *Lockout/Tagout* (bloqueio e etiquetagem de fontes de energia)

NR – Norma Regulamentadora

NR-10 – Norma Regulamentadora nº 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade

NR-12 – Norma Regulamentadora nº 12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos

NR-33 – Norma Regulamentadora nº 33 – Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados

NR-35 – Norma Regulamentadora nº 35 – Trabalho em Altura

PCMSO – Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional

PGR – Programa de Gerenciamento de Riscos

TI – Tecnologia da Informação

## SUMÁRIO

|                                                                                                                     |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                                                                           | <b>11</b> |
| <b>1.1 OBJETIVOS .....</b>                                                                                          | <b>12</b> |
| <b>1.1.1 OBJETIVO GERAL .....</b>                                                                                   | <b>12</b> |
| <b>1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>                                                                            | <b>12</b> |
| <b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>                                                                                | <b>14</b> |
| <b>2.1 CONCEITOS E RISCOS ELÉTRICOS .....</b>                                                                       | <b>14</b> |
| <b>2.1.1 CORRENTE, TENSÃO E RESISTÊNCIA DO CORPO HUMANO .....</b>                                                   | <b>15</b> |
| <b>2.1.2 RISCOS ESPECÍFICOS RELACIONADOS À CORRENTE ELÉTRICA<br/>(CHOQUE, QUEIMADURAS, ARCO ELÉTRICO).....</b>      | <b>17</b> |
| <b>2.2 NORMAS E LEGISLAÇÃO APLICÁVEL.....</b>                                                                       | <b>19</b> |
| <b>2.2.1 ANÁLISE DA NORMA REGULAMENTADORA NR-10 (SEGURANÇA EM<br/>INSTALAÇÕES E SERVIÇOS COM ELETRICIDADE).....</b> | <b>20</b> |
| <b>2.2.2 OUTRAS NORMAS TÉCNICAS E PADRÕES INTERNACIONAIS<br/>RELACIONADOS À SEGURANÇA ELÉTRICA.....</b>             | <b>22</b> |
| <b>2.3 PREVENÇÃO DE ACIDENTES E MEDIDAS DE CONTROLE.....</b>                                                        | <b>24</b> |
| <b>2.3.1 EQUIPAMENTOS E PRÁTICAS DE PROTEÇÃO EM ATIVIDADES<br/>ELÉTRICAS .....</b>                                  | <b>25</b> |
| <b>2.3.2 GESTÃO PREVENTIVA, FATORES HUMANOS E ANÁLISE CRÍTICA DE<br/>INCIDENTES.....</b>                            | <b>27</b> |
| <b>2.4 CAPACITAÇÃO E TREINAMENTO EM SEGURANÇA ELÉTRICA.....</b>                                                     | <b>29</b> |
| <b>2.4.1 METODOLOGIAS DE CAPACITAÇÃO E EFICÁCIA DO TREINAMENTO.....</b>                                             | <b>30</b> |
| <b>2.4.2 TECNOLOGIAS, INOVAÇÃO E ESPECIALIZAÇÃO EM CONTEXTOS<br/>ESPECÍFICOS DA SEGURANÇA ELÉTRICA .....</b>        | <b>32</b> |
| <b>2.5 CULTURA ORGANIZACIONAL E GESTÃO DA SEGURANÇA .....</b>                                                       | <b>35</b> |
| <b>2.5.1 PRÁTICAS DE GESTÃO, PESSOAS E INDICADORES DE DESEMPENHO.....</b>                                           | <b>36</b> |
| <b>2.5.2 AVALIAÇÃO DA CULTURA DE SEGURANÇA, GESTÃO DE ATIVOS<br/>CRÍTICOS E DESAFIOS SETORIAIS .....</b>            | <b>37</b> |
| <b>3 METODOLOGIA.....</b>                                                                                           | <b>40</b> |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>                                                                               | <b>43</b> |
| <b>4.1 RESULTADOS .....</b>                                                                                         | <b>43</b> |
| <b>6.1.1 NORMAS E REGULAMENTAÇÕES .....</b>                                                                         | <b>44</b> |

|                                                                  |           |
|------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>4.1.2 INTEGRAÇÃO E CONTEXTOS .....</b>                        | <b>45</b> |
| <b>4.1.3 TREINAMENTO E TECNOLOGIAS .....</b>                     | <b>47</b> |
| <b>4.1.4 CULTURA ORGANIZACIONAL E FATORES HUMANOS .....</b>      | <b>48</b> |
| <b>4.1.5 GESTÃO DE RISCOS, DADOS E MANUTENÇÃO .....</b>          | <b>50</b> |
| <b>4.1.6 FUNDAMENTOS TÉCNICOS E DIFUSÃO DO CONHECIMENTO.....</b> | <b>50</b> |
| <b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>                              | <b>60</b> |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>                          | <b>62</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A segurança no trabalho em atividades com energia elétrica é temática central na engenharia de segurança e na saúde ocupacional porque, embora a eletricidade seja indispensável à produção moderna, seus perigos inerentes (choque, arco elétrico e queimaduras) exigem protocolos técnicos consistentes e aderência normativa (Mattza, 2024). Partindo desse entendimento, o texto avança da caracterização geral do risco para o papel das normas, pois é justamente a regulação que traduz o conhecimento técnico em práticas cotidianas.

No Brasil, a (NR-10) estrutura requisitos de capacitação, organização do trabalho e medidas de proteção coletiva e individual, orientando desde o planejamento das intervenções até a documentação e a permissão de trabalho (Amaral *et al.*, 2023). Essa base normativa conecta-se diretamente à prevenção, que por sua vez, quando implementada através de procedimentos escritos, análise de risco e auditoria de campo, se associa à redução de incidentes e afastamentos, preparando o terreno para discutir como as mudanças tecnológicas recentes tensionam tais exigências.

Com a expansão da indústria 4.0, a automação, a integração digital e novos modelos de manutenção elevaram a complexidade das instalações, introduzindo riscos emergentes que pedem atualização contínua de competências e revisão dos modos de controle de energia (Freitas *et al.*, 2020). Nessa direção, a capacitação periódica integra teoria e prática, inclusive simulações, para sustentar a execução segura de tarefas em sistemas sofisticados, o que nos leva à dimensão específica dos perigos e suas condições de agravamento.

Os principais eventos adversos, como choque, arco elétrico e incêndios por sobrecarga, tendem a se intensificar quando falham inspeções, quando há uso inadequado de EPC (Equipamentos de Proteção Coletiva) / EPI (Equipamentos de Proteção Individual) ou quando se opera sem bloqueio e etiquetagem, ampliando a probabilidade de desfechos graves (Rodrigues, Neto, 2021). Em ambientes confinados, essas vulnerabilidades se somam a limitações de mobilidade e de resgate, exigindo procedimentos adicionais de ventilação, aterramento e verificação de ausência de tensão (Júnior, Fonseca, Ferreira, 2025). Mesmo em baixa tensão, predominante em contextos residenciais e comerciais, persistem ocorrências relevantes ligadas a contatos acidentais e técnicas inadequadas, o que reforça que “tensão menor” não equivale a “risco desprezível” (Santana, Alves, Pinheiro, 2022).

Para que tais controles sejam efetivos, o conhecimento técnico deve ir além do domínio de ferramentas: compreender a circulação da corrente no corpo humano, a influência da umidade, a importância do aterramento e a seleção correta de EPC/EPI sustenta decisões críticas no campo (Mattza, 2024). Quando essas decisões se articulam com sistemas de gestão, qualidade e meio ambiente, por meio de manutenção preditiva, inspeções e registros, as organizações fortalecem confiabilidade operacional e reduzem custos de acidentes (Freitas *et al.*, 2020). A literatura converge, ainda, quanto ao papel da formação continuada e do engajamento da força de trabalho na elaboração e revisão de procedimentos, favorecendo adesão e monitoramento (Amaral *et al.*, 2023).

Nesse contexto, coloca-se a seguinte problemática: quais são as principais contribuições da literatura científica recente sobre segurança no trabalho em atividades com energia elétrica, considerando riscos, legislação, práticas de prevenção, capacitação de profissionais e modelos de gestão aplicados às distintas configurações de instalações elétricas? Diante desse quadro, justifica-se uma revisão bibliográfica que sistematize evidências sobre normas, práticas preventivas, riscos específicos e modelos de gestão em diferentes realidades de instalações elétricas.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 OBJETIVO GERAL**

Analisar a contribuição da adoção de medidas preventivas na redução dos riscos ocupacionais inerentes às atividades envolvendo energia elétrica.

### **1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar os principais riscos ocupacionais associados às atividades com eletricidade no ambiente de trabalho.
- Apontar a legislação e normas regulamentadoras aplicáveis à segurança em trabalhos com energia elétrica.
- Descrever práticas e estratégias de prevenção de acidentes em atividades elétricas.
- Discutir a relevância da capacitação e do treinamento de trabalhadores para

a redução de riscos.

- Investigar a contribuição da cultura organizacional e da gestão de segurança no desempenho ocupacional em atividades elétricas.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 CONCEITOS E RISCOS ELÉTRICOS

A segurança em eletricidade exige compreender os conceitos técnicos que fundamentam a análise de risco. A corrente elétrica é definida como o movimento ordenado de elétrons em um condutor, e sua intensidade relaciona-se diretamente ao efeito fisiológico quando há contato humano. Essa característica reforça a importância de estabelecer limites de tolerância e aplicar normas que definam critérios para exposição ocupacional, como previsto na Consolidação das Leis do Trabalho – CLT (Brasil, 1943) e na Lei nº 6.514/1977 (Brasil, 1977; Chapin, Herman, 2023).

A Portaria nº 3.214/1978 regulamentou as Normas Regulamentadoras, estabelecendo obrigações específicas em atividades de eletricidade (Brasil, 1978), dentre elas, a NR-10 que consolida diretrizes de segurança em instalações elétricas (Brasil, 2004), exigindo desde a desenergização até o uso de EPC e EPI. Essa norma se conecta à NR-12, sobre máquinas e equipamentos (Brasil, 2010), e à NR-33, voltada para espaços confinados (Brasil, 2006), ambientes onde os riscos elétricos são potencializados pelo espaço reduzido (Duarte, Minotti, 2021).

A legislação também contempla atividades em altura, normatizadas pela NR-35, pois a combinação de eletricidade e altura eleva a gravidade dos acidentes (Brasil, 2012). Além disso, normas técnicas como a ABNT NBR 5410, sobre instalações de baixa tensão (ABNT, 2004), e a NBR 14039, referente a média tensão (ABNT, 2005), fornecem parâmetros detalhados de dimensionamento e execução. No cenário internacional, a IEC 60364 (International Electrotechnical Commission) (IEC, 2018) estabelece princípios globais, adotados como referência na formulação de padrões nacionais (Blume, 2025).

Os riscos não decorrem apenas do contato direto com a eletricidade, mas também de fenômenos associados, como arco elétrico, explosões e incêndios. O correto dimensionamento de dispositivos de proteção e a aplicação de sistemas de aterramento são medidas mandatórias nas normas técnicas e legais (ABNT, 2004, 2005; IEC, 2018). Essa abordagem, ao integrar conceitos físicos e regulamentação, estrutura a base da prevenção em atividades elétricas (Boopathi, 2022).

Portanto, compreender os conceitos fundamentais de corrente, tensão,

resistência e potenciais efeitos fisiológicos é essencial para articular práticas seguras. A integração entre legislação, normas regulamentadoras e padrões técnicos nacionais e internacionais permite estabelecer uma estrutura de proteção consistente, reduzindo a frequência e gravidade dos acidentes elétricos (Chaves, Oliveira, 2024).

### **2.1.1 CORRENTE, TENSÃO E RESISTÊNCIA DO CORPO HUMANO**

Corrente elétrica ( $I$ ) é o fluxo de cargas que atravessa o corpo quando existe um caminho condutor entre dois pontos com diferença de potencial; mede-se em ampères e é o principal determinante dos efeitos fisiológicos. Tensão/voltagem ( $V$ ) é a diferença de potencial elétrico entre dois pontos; ela “empurra” as cargas e, portanto, cria as condições para que a corrente atravessasse tecidos quando há contato com partes energizadas ou com massa em potencial distinto. Resistência ( $R$ ) é a oposição do corpo à passagem da corrente; resulta, sobretudo, da pele (camada córnea) em série com a impedância dos tecidos internos. Varia com umidade, área e pressão de contato, trajeto mão-mão/mão-pé, integridade da pele e tipo de calçado/isolamento (Chapin, Herman, 2023).

Em corrente alternada, usa-se o termo impedância ( $Z$ ) para incluir componentes capacitivos, mas, para fins práticos de choque ocupacional, a relação  $I = V/R$  descreve adequadamente o risco inicial: de que quanto maior a tensão, menor a resistência efetiva, maior a corrente que pode provocar desde tetanização muscular até arritmias e fibrilação ventricular, conforme intensidade e duração da exposição (Chapin, Herman, 2023).

A análise da segurança elétrica inicia pela compreensão da interação entre corrente elétrica e corpo humano. A passagem de corrente pode causar desde contrações musculares até fibrilação ventricular, dependendo da intensidade, frequência e duração da exposição. O corpo apresenta resistência variável, influenciada pela umidade da pele, área de contato e calçados utilizados. Essa variabilidade justifica os limites estabelecidos em normas técnicas como a ABNT NBR 5410 (ABNT, 2004), que define parâmetros para proteger contra choques em instalações de baixa tensão (Chapin, Herman, 2023).

A legislação brasileira, especialmente a CLT (Brasil, 1943) e a Lei nº 6.514/1977 (Brasil, 1977), prevê que empregadores adotem medidas de proteção



compatíveis com os riscos do ambiente. Essa exigência é detalhada na NR-10 (Brasil, 2004), que obriga a adoção de sistemas de aterramento, dispositivos diferenciais residuais (DR) e dispositivos de proteção contra sobrecorrente. Esses elementos minimizam a possibilidade de correntes perigosas atravessarem o corpo humano, reduzindo significativamente a chance de lesões fatais (Chaves, Oliveira, 2024).

A NR-33 (Brasil, 2006) reforça o controle em ambientes confinados, onde a resistência elétrica do corpo pode ser reduzida pela elevada umidade e pelo contato simultâneo com superfícies metálicas. Nessas condições, a tensão de toque segura é consideravelmente menor, aumentando o risco mesmo em níveis baixos de tensão. Essa realidade obriga à aplicação de procedimentos especiais de bloqueio e monitoramento contínuo da atmosfera (Júnior, Fonseca, Ferreira, 2025).

No âmbito internacional, a IEC 60364 (IEC, 2018) estabelece limites de tempo e corrente para exposição do corpo humano, parâmetros que serviram de base para legislações nacionais. A norma define, por exemplo, que correntes acima de 30 mA podem ser letais, o que fundamenta a exigência de disjuntores diferenciais em sistemas residenciais e industriais. Essa padronização contribui para uniformizar práticas de proteção em diferentes países (Blume, 2025).

A NR-35 (Brasil, 2012), que trata do trabalho em altura, também se relaciona ao efeito da corrente no corpo humano. A contração muscular involuntária durante um choque pode provocar quedas, potencializando os danos. Nesse cenário, a proteção contra quedas não substitui a necessidade de eliminar ou isolar os riscos elétricos. A combinação de medidas de engenharia, proteção individual e procedimentos organizacionais constitui a base para a redução do risco (Duarte, Minotti, 2021).

O dimensionamento de sistemas de proteção exige considerar não apenas os efeitos imediatos da corrente elétrica, mas também consequências tardias, como arritmias cardíacas e queimaduras profundas. Esses riscos justificam a obrigatoriedade de programas de capacitação previstos na NR-10 (Brasil, 2004), que exige treinamento teórico e prático para trabalhadores autorizados. A legislação prevê ainda reciclagens periódicas, reconhecendo que a atualização constante é indispensável para lidar com instalações complexas (Chaves, Oliveira, 2024).

Normas específicas como a NBR 14039 (ABNT, 2005) complementam a proteção ao regulamentar instalações de média tensão, onde os riscos de arco elétrico são mais severos. A combinação entre altas correntes e baixa resistência do corpo humano em tais cenários pode resultar em explosões localizadas, justificando a

exigência de barreiras físicas e sinalizações claras. Esses requisitos técnicos reforçam a necessidade de integração entre normas nacionais e recomendações internacionais (Boopathi, 2022).

Assim, a compreensão da corrente elétrica e seus efeitos no corpo humano transcende o campo físico, tornando-se elemento central da legislação trabalhista e das normas técnicas. A proteção do trabalhador depende da correta aplicação desses conceitos, aliados a dispositivos de segurança e programas de capacitação contínua, que se consolidam como pilares de um sistema eficaz de prevenção (Chapin, Herman, 2023).

### **2.1.2 RISCOS ESPECÍFICOS RELACIONADOS À CORRENTE ELÉTRICA (CHOQUE, QUEIMADURAS, ARCO ELÉTRICO)**

O choque elétrico é o risco mais recorrente em atividades com eletricidade e ocorre quando há passagem de corrente pelo corpo. Os efeitos variam desde sensação de formigamento até fibrilação ventricular, dependendo da intensidade da corrente. Para mitigar esse risco, a NR-10 (Brasil, 2004) estabelece como obrigatória a desenergização das instalações antes de qualquer intervenção, salvo em situações justificadas e controladas. Esse princípio é complementado pela ABNT NBR 5410 (ABNT, 2004), que define limites de tensão de segurança e recomenda dispositivos de proteção contra choques (Chaves, Oliveira, 2024).

As queimaduras elétricas resultam da transformação de energia elétrica em calor nos tecidos biológicos. Essas lesões podem ser superficiais ou profundas, comprometendo músculos e ossos. A legislação prevê que a prevenção dessas ocorrências envolve a utilização de EPI, como luvas isolantes e roupas anti-chama. A NR-12 (Brasil, 2010) reforça a necessidade de dispositivos de proteção em máquinas e equipamentos, reduzindo o contato acidental com partes energizadas (Duarte, Minotti, 2021).

O arco elétrico, por sua vez, ocorre quando há ruptura do dielétrico do ar, permitindo que a corrente flua entre dois condutores próximos. Esse fenômeno gera temperaturas elevadíssimas e projeção de partículas metálicas incandescentes, capazes de provocar queimaduras extensas. Normas como a NBR 14039 (ABNT, 2005) e a IEC 60364 (IEC, 2018) orientam a instalação de barreiras, distâncias

mínimas de segurança e sistemas de seccionamento automático. A NR-10 (Brasil, 2004) incorpora essas recomendações, exigindo análise de risco detalhada (Blume, 2025).

Em espaços confinados, os riscos de choque, queimaduras e arco elétrico são intensificados. A NR-33 (Brasil, 2006) determina que, antes da execução de serviços, deve-se realizar bloqueio de fontes energizadas, ventilação adequada e monitoramento contínuo. Essa abordagem reflete a maior vulnerabilidade do trabalhador, que em ambientes restritos possui mobilidade limitada e maior probabilidade de contato simultâneo com superfícies condutoras (Júnior, Fonseca, Ferreira, 2025).

O trabalho em altura também potencializa os riscos elétricos. Uma descarga elétrica pode causar queda instantânea, ampliando a gravidade do acidente. A NR-35 (Brasil, 2012) prevê sistemas de ancoragem, cintos e linhas de vida, mas ressalta que essas medidas não substituem o controle da energia elétrica. A combinação de normas evidencia a necessidade de abordagem integrada, onde cada risco é analisado em conjunto com outros fatores ocupacionais (Duarte, Minotti, 2021).

O choque elétrico e o arco elétrico não devem ser compreendidos apenas como fenômenos isolados, mas como eventos que podem desencadear incêndios e explosões. A CLT (Brasil, 2024) e a Lei nº 6.514/1977 (Brasil, 1977) impõem que os empregadores implementem medidas para prevenir tais ocorrências, responsabilizando-os civil e criminalmente em caso de negligência. Essa obrigação legal reforça a necessidade de cultura de segurança e de sistemas de gestão que monitorem continuamente o cumprimento das normas (Chaves, Oliveira, 2024).

Queimaduras e arcos elétricos são especialmente críticos em ambientes industriais de média tensão, onde equipamentos de grande porte e painéis elétricos concentram altas correntes. Nesses casos, a NBR 14039 (ABNT, 2005) determina requisitos específicos de isolamento, barreiras físicas e dispositivos de seccionamento remoto. A aplicação desses critérios contribui para limitar a exposição do trabalhador, reduzindo a chance de contato direto com descargas elétricas intensas (Boopathi, 2022).

A análise dos riscos específicos relacionados à eletricidade demonstra a interdependência entre normas regulamentadoras, legislações trabalhistas e padrões técnicos. O choque, as queimaduras e o arco elétrico representam ameaças permanentes, mas que podem ser mitigadas por meio de sistemas de proteção,

capacitação e cumprimento rigoroso das exigências legais e normativas. A prevenção, nesse contexto, não é apenas técnica, mas também jurídica e organizacional, consolidando-se como fundamento essencial da segurança elétrica (Blume, 2025).

## **2.2 NORMAS E LEGISLAÇÃO APLICÁVEL**

A regulamentação da segurança em eletricidade no Brasil consolidou-se por meio de leis, portarias e normas técnicas que estruturam as práticas de proteção ao trabalhador. A CLT, aprovada em 1943, trouxe disposições gerais sobre segurança e saúde no trabalho, estabelecendo obrigações para empregadores e trabalhadores (Brasil, 1943). Posteriormente, a Lei nº 6.514/1977 modificou a CLT, introduzindo dispositivos mais detalhados sobre segurança ocupacional, fortalecendo a responsabilidade empresarial pela prevenção de riscos (Brasil, 1977).

O avanço desse arcabouço normativo ocorreu com a publicação da Portaria nº 3.214/1978, que instituiu as Normas Regulamentadoras. Essa portaria detalhou os requisitos para diferentes áreas de risco e incluiu a NR-10, que passou a ser o marco regulatório das atividades elétricas. A norma tem como objetivo garantir a integridade física dos trabalhadores em serviços que envolvam eletricidade, exigindo procedimentos formais, capacitação e equipamentos adequados (Brasil, 1978; Cruz, 2022).

A NR-10 foi revisada em 2004, incorporando práticas mais modernas de gestão da segurança elétrica. Ela define que todo serviço deve ser precedido de análise de risco, que os trabalhadores devem ser autorizados mediante treinamento específico e que a desenergização deve ser priorizada em qualquer intervenção. Essa revisão também reforçou a obrigatoriedade de registros técnicos, como o Prontuário das Instalações Elétricas (Brasil, 2004; Amaral *et al.*, 2023).

Outras normas se inter-relacionam com a NR-10, criando uma rede integrada de proteção. A NR-12 regula a segurança em máquinas e equipamentos (Brasil, 2010), a NR-33 estabelece regras para espaços confinados (Brasil, 2022) e a NR-35 (Brasil, 2022) define critérios para trabalhos em altura (Brasil, 2012). A aplicação conjunta dessas normas é essencial porque muitas atividades elétricas ocorrem em condições que combinam riscos, como espaços limitados ou estruturas elevadas (Rodrigues *et al.*, 2024).

Além das regulamentações do Ministério do Trabalho, as normas técnicas da ABNT complementam a proteção. A NBR 5410, que trata das instalações elétricas de baixa tensão, estabelece critérios de dimensionamento e manutenção que reduzem falhas operacionais (ABNT, 2004). Já a NBR 14039 regula instalações de média tensão, definindo requisitos para distâncias de segurança, sistemas de proteção e seccionamento (ABNT, 2005). Essas normas são obrigatórias em projetos elétricos e asseguram maior confiabilidade operacional (Brasil *et al.*, 2020).

No âmbito internacional, a IEC 60364 serve como referência para a formulação das normas brasileiras. Ela padroniza requisitos de proteção contra choques, dimensionamento de cabos e dispositivos de proteção em instalações de baixa tensão. Sua adoção parcial pelo Brasil reforça a integração com práticas globais, assegurando maior uniformidade na proteção dos trabalhadores e eficiência nas instalações (IEC, 2018; Barros, Nascimento, 2024).

Outro aspecto fundamental é o adicional de periculosidade previsto na CLT para trabalhadores expostos a eletricidade. Esse direito foi incorporado como forma de compensar o risco constante a que eletricitistas e técnicos estão submetidos. O adicional corresponde a 30% do salário e depende da caracterização legal da atividade como perigosa, reforçando o reconhecimento jurídico da vulnerabilidade desses profissionais (Melo, Santos, Conceição, 2021).

### **2.2.1 ANÁLISE DA NORMA REGULAMENTADORA NR-10 (SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS COM ELETRICIDADE)**

A NR-10 é o principal instrumento normativo para garantir a segurança em instalações e serviços com eletricidade no Brasil. Criada pela Portaria nº 3.214/1978 e revisada pela Portaria nº 598/2004, consolidou requisitos de gestão, medidas técnicas e procedimentos que asseguram a integridade física dos trabalhadores em atividades elétricas (Brasil, 1978; Brasil, 2004). Essa norma se tornou referência nacional, servindo como eixo estruturador de políticas de prevenção e treinamento de profissionais (Cruz, 2022).

O primeiro aspecto de destaque da NR-10 é a obrigatoriedade da capacitação. Todo trabalhador autorizado a intervir em instalações elétricas deve receber treinamento com carga horária mínima definida, abordando riscos, técnicas de

prevenção, primeiros socorros e práticas seguras. Além disso, a norma exige reciclagens periódicas para atualização contínua do conhecimento, considerando a evolução tecnológica dos sistemas elétricos (Brasil, 2004; Chaves, Oliveira, 2024).

A exigência de formação também está vinculada ao conceito de trabalhador autorizado, que só pode atuar após comprovar capacitação, receber autorização formal da empresa e estar ciente dos riscos associados. Essa abordagem evita que pessoas sem preparo assumam tarefas críticas, reduzindo a probabilidade de acidentes por falha humana ou desconhecimento técnico (Brasil, 2004; Amaral *et al.*, 2023).

Outro ponto central é o Prontuário das Instalações Elétricas. Esse documento reúne diagramas, especificações de dispositivos de proteção, registros de inspeções e relatórios de análise de risco. A manutenção atualizada do prontuário é obrigatória em todas as empresas com instalações elétricas de potência, funcionando como ferramenta de gestão e rastreabilidade das condições de segurança (Brasil, 2004; Rodrigues *et al.*, 2024).

A NR-10 prioriza a desenergização como método padrão para a execução de serviços. Trabalhos em instalações energizadas somente podem ocorrer em caráter excepcional, mediante justificativa técnica e autorização expressa. Nesses casos, a norma exige procedimentos rigorosos, como análise de risco, uso de ferramentas isoladas, vestimentas resistentes ao arco elétrico e barreiras de proteção coletiva (Brasil, 2004; Cruz, 2022).

Para reforçar a gestão preventiva, a NR-10 estabelece a obrigatoriedade do Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR), que deve contemplar a identificação de perigos, avaliação de riscos e medidas de controle. O PGR deve estar alinhado ao Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO), garantindo acompanhamento periódico das condições de saúde dos trabalhadores expostos a riscos elétricos (Brasil, 2004; Santos, Figueira, Florian, 2023).

A norma também dialoga com outras regulamentações, como a NR-12 (Brasil, 2019), NR-33 (Brasil, 2022) e NR-35 (Brasil, 2022), quando atividades elétricas ocorrem em contextos de máquinas, espaços confinados ou altura. Essa integração evidencia a visão sistêmica da segurança, em que diferentes fatores de risco podem se somar. A aplicação articulada das normas garante maior abrangência na proteção e fortalece a cultura organizacional voltada à prevenção (Brasil, 2010; Brasil, 2006; Brasil, 2012).

A evolução histórica da NR-10 revela sua construção a partir de acidentes e catástrofes que evidenciaram falhas na legislação anterior. Tragédias em subestações e linhas de transmissão, com mortes de trabalhadores, impulsionaram a revisão da norma em 2004, ampliando suas exigências. Essa evolução demonstra como a experiência prática influencia diretamente a formulação normativa (Barros, Nascimento, 2024).

Além disso, a implantação da NR-10 é fortalecida por ferramentas de gestão que permitem monitorar indicadores de risco, planejar inspeções periódicas e padronizar procedimentos de manutenção. Empresas que adotam sistemas de gestão integrados relatam maior eficácia no cumprimento das exigências normativas e na redução de acidentes, demonstrando a relevância da integração entre gestão e requisitos legais (Rodrigues *et al.*, 2024).

No ambiente acadêmico, estudos têm destacado a NR-10 como instrumento de consolidação da segurança em ambientes de alta tensão. Pesquisas realizadas em laboratórios e subestações mostram que a adequação às exigências da norma aumenta a confiabilidade das instalações e reduz a incidência de falhas operacionais. Isso reforça a ideia de que a aplicação correta da norma é estratégica não apenas para a saúde ocupacional, mas também para a eficiência do sistema elétrico (Brasil *et al.*, 2020).

### **2.2.2 OUTRAS NORMAS TÉCNICAS E PADRÕES INTERNACIONAIS RELACIONADOS À SEGURANÇA ELÉTRICA**

A segurança elétrica não depende apenas da NR-10, mas também de um conjunto normativo complementar que aborda diferentes contextos de risco. A NR-12, por exemplo, concentra-se na segurança de máquinas e equipamentos, incluindo dispositivos de acionamento, barreiras físicas e proteções coletivas. Em ambientes industriais, sua aplicação evita contatos acidentais com partes energizadas de máquinas automatizadas, ampliando a abrangência da proteção além da manutenção elétrica convencional (Brasil, 2010; Rodrigues *et al.*, 2024).

A NR-33, voltada a trabalhos em espaços confinados, tem interface direta com a eletricidade. Nessas áreas, a ventilação limitada e a dificuldade de resgate aumentam a gravidade de acidentes elétricos. A norma exige monitoramento

atmosférico, bloqueio de fontes de energia e equipes de prontidão, tornando-se indispensável em serviços subterrâneos ou em reservatórios metálicos (Brasil, 2006; Júnior, Fonseca, Ferreira, 2025).

Outra norma relevante é a NR-35, que regula atividades em altura. Muitos serviços elétricos são executados em postes, torres de transmissão e fachadas prediais. O risco de queda provocado por descargas elétricas torna imprescindível a aplicação combinada da NR-35 e da NR-10. Essa integração reforça a adoção de cinturões de segurança, sistemas de ancoragem e linhas de vida, reduzindo consequências fatais (Brasil, 2012; Cruz, 2022).

No campo técnico, a ABNT NBR 5410 estabelece diretrizes para instalações elétricas de baixa tensão. Ela define parâmetros de dimensionamento de condutores, seccionamento automático e aterramento de proteção. Sua aplicação garante confiabilidade em sistemas residenciais e comerciais, evitando sobrecargas e curtos-circuitos que poderiam evoluir para incêndios e choques (ABNT, 2004; Amaral *et al.*, 2023).

A ABNT NBR 14039 complementa essa abordagem em instalações de média tensão, incluindo subestações e redes de distribuição. Ela detalha requisitos de distâncias mínimas, proteção contra arco elétrico e critérios de manutenção preventiva. Empresas do setor energético utilizam essa norma para alinhar práticas operacionais aos níveis de risco característicos de tensões mais elevadas (ABNT, 2005; Brasil *et al.*, 2020).

Em âmbito internacional, a IEC 60364 fornece diretrizes para instalações de baixa tensão, influenciando diretamente a formulação da NBR 5410. Essa norma internacional define princípios universais de proteção contra choques e falhas de isolamento. A harmonização com padrões internacionais garante que equipamentos importados e exportados atendam às mesmas exigências de segurança, facilitando a integração global (IEC, 2018; Barros, Nascimento, 2024).

A gestão de riscos também é fortalecida pelo (PGR), previsto em legislações recentes. Embora esteja diretamente associado à NR-10, o PGR é aplicável a qualquer atividade elétrica, permitindo identificar cenários críticos e adotar medidas preventivas antes da execução do serviço. Isso favorece a padronização de rotinas e a integração com sistemas de gestão ocupacional, como a ISO (International Organization for Standardization) 45001 (Santos, Figueira, Florian, 2023).

Pesquisas acadêmicas apontam que a adoção de normas técnicas e



regulamentadoras de forma integrada reduz substancialmente os índices de acidentes. Estudos sobre a adequação de laboratórios de alta tensão às normas nacionais e internacionais evidenciam a diminuição de falhas operacionais e de incidentes com arco elétrico. Isso comprova a eficácia da conformidade normativa como ferramenta de gestão da segurança (Brasil *et al.*, 2020).

A influência dos padrões normativos também se manifesta em processos de certificação e auditoria. Empresas que comprovam adequação às normas nacionais e internacionais elevam seu grau de confiabilidade, o que impacta diretamente na competitividade. A conformidade com a ABNT e a IEC, além de atender requisitos legais, representa diferencial no mercado energético e industrial (Rodrigues *et al.*, 2024).

Portanto, a segurança em eletricidade não pode ser compreendida apenas sob a ótica da NR-10. O conjunto formado por NRs complementares, normas técnicas da ABNT e padrões internacionais constitui uma rede normativa abrangente. Essa rede fortalece a prevenção de riscos, protege trabalhadores e assegura a continuidade operacional das empresas, consolidando a importância da conformidade legal e técnica (Chaves, Oliveira, 2024).

## **2.3 PREVENÇÃO DE ACIDENTES E MEDIDAS DE CONTROLE**

A prevenção de acidentes elétricos depende da integração entre medidas técnicas, administrativas e comportamentais. O ambiente de trabalho em eletricidade é caracterizado por riscos invisíveis, como corrente e arco elétrico, que podem causar consequências fatais em segundos. Por esse motivo, estratégias preventivas não podem se limitar ao uso de equipamentos, mas devem abranger planejamento, capacitação e monitoramento constante (Amaral *et al.*, 2023).

Estudos internacionais apontam que a maioria dos acidentes elétricos poderia ser evitada mediante análise de risco adequada e implementação de barreiras de proteção. A falha em identificar perigos e aplicar controles específicos resulta em choques, queimaduras e explosões, especialmente em tarefas de alta complexidade, como manutenção em cabines primárias e data centers (Anderson, McGaw, Parra, 2021; Fogarty, Flucker, 2023).

A responsabilidade pela prevenção deve ser compartilhada entre gestores e

trabalhadores. O engenheiro eletricista desempenha papel estratégico na elaboração de projetos seguros, especificação de dispositivos de proteção e implementação de sistemas de aterramento confiáveis. Sua atuação permite antecipar falhas e assegurar que as instalações cumpram requisitos técnicos de confiabilidade (Matos, Oliveira, 2022).

A análise crítica de acidentes fornece informações valiosas para aprimorar medidas de prevenção. Casos ocorridos em cabines primárias demonstram como fatores organizacionais, como pressão na execução de tarefas e falhas de comunicação, podem resultar em choques graves. A investigação desses eventos contribui para fortalecer a cultura de segurança, transformando erros em aprendizados institucionais (Ribeiro, Oliveira, Ferreira, 2025).

A literatura também enfatiza que a prevenção não deve ser encarada apenas como cumprimento legal, mas como processo contínuo de gestão. Isso envolve atualização tecnológica, uso de softwares de monitoramento, treinamentos práticos e auditorias regulares. A criação de uma cultura preventiva sólida reduz os índices de acidentes e fortalece a confiança entre trabalhadores e empresas (Casey *et al.*, 2021). Assim, a prevenção de acidentes elétricos deve ser compreendida como sistema integrado que articula tecnologia, gestão e comportamento humano. A combinação entre normas técnicas, capacitação profissional e análise de incidentes passados constrói um cenário mais seguro, em que os riscos são minimizados antes de se converterem em acidentes fatais (Gammon, Jamil, 2020).

### **2.3.1 EQUIPAMENTOS E PRÁTICAS DE PROTEÇÃO EM ATIVIDADES ELÉTRICAS**

A prevenção de acidentes em eletricidade exige medidas que atuem em diferentes níveis de proteção. Os EPI, como luvas isolantes, capacetes, botas dielétricas e vestimentas resistentes a arco elétrico, reduzem a gravidade de lesões em caso de contato acidental. Apesar disso, os EPI são considerados última barreira, devendo ser utilizados em conjunto com controles técnicos e administrativos que eliminem ou isolem os riscos (Amaral *et al.*, 2023).

Os EPC são recursos indispensáveis para limitar a exposição dos trabalhadores. Entre eles estão as barreiras isolantes, os tapetes de borracha, os

dispositivos de bloqueio e os sistemas de sinalização luminosa. Esses elementos reduzem a probabilidade de contato com partes energizadas e garantem maior previsibilidade nas operações, principalmente em ambientes de alta densidade elétrica, como subestações e cabines primárias (Jackson, 2020).

O bloqueio elétrico é uma prática essencial para assegurar a ausência de tensão durante intervenções. Consiste no seccionamento da energia por meio de disjuntores ou chaves seccionadoras, seguido da fixação de dispositivos que impedem o reenergizamento acidental. Esse procedimento deve ser complementado pela colocação de etiquetas de advertência, garantindo que apenas trabalhadores autorizados removam os bloqueios (Ribeiro, Oliveira, Ferreira, 2025).

O aterramento temporário é outra medida que protege contra descargas residuais ou induzidas em condutores. Ao conectar o circuito a uma malha de terra, é possível equalizar potenciais e reduzir o risco de choque. Essa técnica é fundamental em atividades de manutenção em linhas de transmissão e redes de distribuição, onde há possibilidade de energização inesperada devido a induções eletromagnéticas (Memarian *et al.*, 2022).

A sinalização de risco deve ser clara, visível e compreensível para todos os envolvidos. Placas de advertência, etiquetas de bloqueio e sistemas de iluminação indicativa ajudam a identificar áreas energizadas e a orientar comportamentos preventivos. A ausência de sinalização adequada é frequentemente citada em análises de acidentes como fator contributivo para falhas operacionais graves (Gammon, Jamil, 2020).

Em ambientes industriais, como grandes plantas de construção e data centers, os EPC assumem papel estratégico. Esses locais concentram grande número de cabos, painéis e sistemas redundantes de energia, aumentando a complexidade das intervenções. A instalação de barreiras físicas, sistemas de detecção de arco e procedimentos de redundância energética tornam-se indispensáveis para reduzir falhas (Fogarty, Flucker, 2023).

O engenheiro eletricista exerce função determinante no dimensionamento e especificação dos EPC. Sua atuação inclui a escolha adequada de disjuntores diferenciais, para-raios, sistemas de seccionamento e aterramentos permanentes. O domínio técnico desse profissional garante que as medidas de proteção coletiva sejam eficazes e atendam às normas de projeto e manutenção (Matos, Oliveira, 2022).

Os EPI, embora individuais, exigem gestão coletiva para garantir sua eficácia.

É necessário realizar inspeções periódicas em luvas, capacetes e botas, verificando desgaste e validade. Ensaio dielétrico periódico são obrigatórios para atestar a isolamento de luvas e calçados. A negligência nesse controle compromete a segurança, mesmo quando o trabalhador utiliza o equipamento corretamente (Anderson, McGaw, Parra, 2021).

A análise de barreiras demonstra que a eficácia da prevenção depende da combinação de medidas. Um sistema elétrico seguro deve contemplar redundância de controles, unindo EPI, EPC, bloqueios, aterramentos e sinalizações. Essa sobreposição de camadas reduz a probabilidade de falha única levar a acidentes graves, aplicando o princípio da defesa em profundidade, amplamente utilizado em engenharia de segurança (Casey *et al.*, 2021).

Os relatos de incidentes demonstram que a ausência de EPC ou o uso inadequado de EPI frequentemente resultam em lesões fatais. Estudos de investigações pós-acidente destacam que o não cumprimento dos procedimentos de bloqueio e aterramento foi um dos principais fatores associados a choques em cabines primárias. Esses achados reforçam a necessidade de treinamento contínuo e fiscalização rigorosa (Ribeiro, Oliveira, Ferreira, 2025).

### **2.3.2 GESTÃO PREVENTIVA, FATORES HUMANOS E ANÁLISE CRÍTICA DE INCIDENTES**

A gestão preventiva em eletricidade exige uma abordagem estruturada que combine tecnologia, organização e comportamento humano. A simples aplicação de equipamentos de proteção não é suficiente sem sistemas de monitoramento, auditorias periódicas e procedimentos formalizados. O gerenciamento eficaz deve antecipar falhas, identificar vulnerabilidades e integrar práticas de melhoria contínua (Amaral *et al.*, 2023).

A investigação de incidentes elétricos revela que fatores humanos desempenham papel decisivo em sua ocorrência. A pressa na execução, a confiança excessiva na experiência e a falha de comunicação entre equipes aparecem como causas recorrentes. A análise de acidentes demonstra que decisões equivocadas tomadas em campo, muitas vezes sob pressão de prazos, contribuem para a materialização do risco (Casey *et al.*, 2021).

Um exemplo emblemático é a análise crítica de acidentes em cabines primárias, onde a ausência de barreiras administrativas levou à exposição de trabalhadores a partes energizadas. Esses estudos evidenciam a importância de protocolos claros, supervisão efetiva e sinalização adequada para reduzir falhas de execução. A gestão de segurança deve incorporar tais lições, transformando erros em práticas corretivas (Ribeiro, Oliveira, Ferreira, 2025).

A experiência internacional demonstra que a gestão preventiva pode reduzir substancialmente a frequência de acidentes. Pesquisas realizadas no setor de construção industrial apontam que mais de 60% dos incidentes elétricos ocorreram por falhas em procedimentos de isolamento e bloqueio. A adoção de sistemas formais de gestão contribuiu para reduzir esses números, confirmando a eficácia da prevenção organizada (Anderson, McGaw, Parra, 2021).

Outro aspecto relevante é a relação entre cultura organizacional e adesão às normas de segurança. Empresas que valorizam a segurança como prioridade estratégica conseguem maior engajamento dos trabalhadores. Em contrapartida, ambientes que privilegiam a produtividade em detrimento da prevenção apresentam índices mais elevados de acidentes, especialmente em atividades críticas como manutenção de sistemas de alta tensão (Gammon, Jamil, 2020).

O engenheiro eletricista assume papel essencial nesse processo, não apenas na parte técnica, mas também como gestor da segurança. Suas atribuições incluem elaborar relatórios de risco, acompanhar ensaios em equipamentos e treinar equipes em procedimentos de emergência. Essa participação direta fortalece a integração entre planejamento e execução, reduzindo falhas associadas à distância entre projeto e prática (Matos, Oliveira, 2022).

A identificação de perigos e a implementação de barreiras devem ser encaradas como etapas contínuas da gestão preventiva. A aplicação de auditorias internas, checklists e sistemas de rastreabilidade aumenta a confiabilidade das informações e reduz a subnotificação de incidentes. A literatura reforça que organizações que mantêm mecanismos de feedback ativo possuem maior capacidade de prevenir reincidências (Jackson, 2020).

Ambientes de alta complexidade, como data centers, exigem gestão preventiva diferenciada. Nesses locais, a redundância de sistemas e a densidade de cabos tornam a análise de riscos mais desafiadora. A integração entre projetos de engenharia, inspeções periódicas e capacitação contínua é indispensável para evitar

falhas que possam comprometer tanto a segurança quanto a disponibilidade dos serviços (Fogarty, Flucker, 2023).

Os fatores humanos também incluem aspectos psicológicos, como fadiga, estresse e pressão por resultados. Essas condições afetam diretamente a atenção e a tomada de decisão, tornando trabalhadores mais suscetíveis a erros. Programas de gestão devem considerar tais variáveis, promovendo escalas adequadas de trabalho, pausas regulares e treinamento em gestão do tempo (Memarian *et al.*, 2022).

Além disso, a análise de incidentes destaca a importância de relatórios transparentes e de fácil acesso. A sistematização de dados sobre ocorrências elétricas permite identificar padrões de falha e estabelecer planos de ação direcionados. Essa prática reforça a cultura de aprendizado organizacional, em que cada acidente investigado se transforma em oportunidade de prevenção futura (Casey *et al.*, 2021).

A literatura internacional reforça que a implementação de barreiras administrativas, como autorizações formais de serviço, supervisão contínua e comunicação padronizada, reduz consideravelmente a ocorrência de acidentes fatais. Essas barreiras complementam os controles técnicos, garantindo que fatores humanos sejam minimizados por meio de procedimentos claros e repetitivos (Anderson, McGaw, Parra, 2021).

Portanto, a gestão preventiva em eletricidade deve ser compreendida como processo multidimensional. Envolve análise crítica de acidentes, controle de fatores humanos e adoção de sistemas formais de gestão de riscos. A integração entre esses elementos constrói uma cultura de segurança sólida, capaz de reduzir significativamente a incidência de acidentes e preservar tanto a vida dos trabalhadores quanto a continuidade operacional das empresas (Ribeiro, Oliveira, Ferreira, 2025).

## **2.4 CAPACITAÇÃO E TREINAMENTO EM SEGURANÇA ELÉTRICA**

A capacitação em segurança elétrica constitui elemento fundamental para reduzir acidentes e assegurar a conformidade com as normas vigentes. O processo de treinamento deve contemplar tanto aspectos técnicos quanto pedagógicos, considerando que o público-alvo é formado majoritariamente por adultos em exercício profissional. Nessa perspectiva, a aplicação da andragogia e de metodologias ativas nos cursos de segurança torna o aprendizado mais participativo e eficaz (Campos *et*

*al.*, 2021).

No setor da construção civil, a capacitação em segurança elétrica aparece como demanda recorrente em canteiros de obras. A diversidade de profissionais e a rotatividade da mão de obra exigem treinamentos constantes e práticos, capazes de reforçar a importância da prevenção. A adoção de diretrizes que envolvem simulações e atividades práticas fortalece a assimilação dos conteúdos normativos (Dias *et al.*, 2022).

O contexto de comunidades carentes também demonstra a relevância do treinamento em segurança elétrica. Muitas edificações apresentam instalações improvisadas, sem aterramento ou dispositivos de proteção. Nesse cenário, a capacitação de eletricitas e líderes comunitários contribui para mitigar riscos, disseminar boas práticas e incentivar a regularização das instalações (Hara *et al.*, 2024).

A expansão de fontes renováveis, como a energia fotovoltaica, trouxe novas demandas para a capacitação em segurança. A instalação e a manutenção de módulos solares exigem treinamentos específicos, envolvendo o manuseio de equipamentos sensíveis e a exposição a tensões elevadas em ambientes abertos. Esse cenário reforça a necessidade de atualização permanente das competências profissionais (Silva, 2022).

A literatura internacional mostra que a gestão de treinamentos deve considerar a eficácia dos métodos aplicados. Avaliações sistemáticas revelam que metodologias que combinam teoria, prática e tecnologias digitais ampliam a retenção de conhecimento. Treinamentos meramente expositivos têm eficácia limitada, o que reforça a adoção de abordagens mais dinâmicas (Beś, Strzałkowski, 2024).

A capacitação em segurança elétrica deve ser entendida como processo contínuo e adaptável, alinhado à evolução tecnológica e às necessidades do mercado de trabalho. A integração entre metodologias pedagógicas modernas, tecnologias digitais e especializações setoriais fortalece a construção de ambientes de trabalho mais seguros e sustentáveis (Matos *et al.*, 2022).

#### **2.4.1 METODOLOGIAS DE CAPACITAÇÃO E EFICÁCIA DO TREINAMENTO**

A eficácia da capacitação em segurança elétrica depende diretamente das

metodologias de ensino utilizadas. A simples transmissão de conteúdos normativos, sem abordagem prática, limita a assimilação. Por isso, a aplicação de metodologias ativas, como estudos de caso e simulações, permite que o trabalhador vivencie situações próximas da realidade e desenvolva respostas rápidas em cenários críticos (Campos *et al.*, 2021).

A andragogia, ciência voltada para o ensino de adultos, é especialmente relevante nesse contexto. Ela considera a experiência prévia do aluno e valoriza a participação ativa durante o treinamento. Quando aplicada à segurança elétrica, promove maior engajamento e facilita a adaptação do conteúdo às especificidades de cada grupo profissional (Campos *et al.*, 2021).

No setor da construção civil, o treinamento de trabalhadores em canteiros de obras apresenta desafios adicionais. A rotatividade da mão de obra exige que os programas de capacitação sejam objetivos e frequentes. Diretrizes que combinam atividades práticas com material instrucional acessível têm demonstrado melhores resultados em ambientes de alta complexidade e prazos curtos (Dias *et al.*, 2022).

A eficácia do treinamento também pode ser avaliada pelo impacto no comportamento do trabalhador após a capacitação. Programas que aplicam avaliações práticas e reforço periódico obtêm maior retenção do conhecimento. Esse modelo contrasta com treinamentos pontuais, que tendem a perder efeito ao longo do tempo, reduzindo a efetividade preventiva (Bęś, Strzałkowski, 2024).

A gestão de treinamentos deve prever acompanhamento contínuo, com atualização de conteúdos conforme mudanças normativas e tecnológicas. No caso da segurança elétrica, essa atualização é ainda mais importante devido ao surgimento de novas tecnologias, como painéis fotovoltaicos e sistemas inteligentes de monitoramento. A inclusão de tais temas em módulos de capacitação amplia a relevância dos cursos (Silva, 2022).

Outro aspecto importante é a integração da teoria com a prática. Trabalhadores que apenas assistem aulas expositivas dificilmente desenvolvem reflexos necessários para agir em emergências elétricas. Já treinamentos que utilizam simulações realísticas, como desligamentos controlados e uso de equipamentos de proteção, permitem a consolidação da aprendizagem de forma mais duradoura (Nichols, 2020).

Em setores específicos, como o ferroviário, a gestão de capacitação mostra que a combinação entre treinamento inicial e reciclagens periódicas contribui para manter elevados padrões de segurança. Esse modelo é aplicável também às



atividades elétricas, que exigem atualização constante diante de novos riscos e tecnologias emergentes. A manutenção desse ciclo de aprendizagem evita a obsolescência do conhecimento (Matos *et al.*, 2022).

O uso de tecnologias digitais tem ampliado as possibilidades de capacitação. Plataformas virtuais permitem oferecer cursos de atualização a distância, reduzindo custos e ampliando o alcance. Além disso, softwares de simulação possibilitam recriar situações de risco controlado, permitindo que os trabalhadores pratiquem respostas seguras sem exposição real (Korolev *et al.*, 2023).

Estudos demonstram que a eficácia do treinamento está diretamente ligada à aplicabilidade do conteúdo. Programas que adaptam exemplos ao ambiente de trabalho específico dos participantes são mais efetivos. Assim, treinamentos voltados a eletricitistas de data centers devem diferir daqueles destinados a trabalhadores de linhas de distribuição, contemplando riscos particulares de cada setor (Fogarty, Flucker, 2023).

Outro fator essencial é a inclusão da cultura de segurança nos treinamentos. Além de transmitir informações técnicas, os programas devem incentivar comportamentos preventivos e comunicação clara entre equipes. Essa abordagem humaniza a segurança, lembrando que o objetivo final é preservar vidas e reduzir impactos socioeconômicos dos acidentes (Casey *et al.*, 2021).

A literatura ressalta ainda que treinamentos eficazes utilizam indicadores de desempenho para medir resultados. A redução de incidentes, a melhoria na percepção de risco e a adesão ao uso correto de equipamentos de proteção são exemplos de métricas que ajudam a avaliar a efetividade dos programas. A coleta sistemática desses dados fortalece a gestão preventiva (Beś, Strzałkowski, 2024).

#### **2.4.2 TECNOLOGIAS, INOVAÇÃO E ESPECIALIZAÇÃO EM CONTEXTOS ESPECÍFICOS DA SEGURANÇA ELÉTRICA**

A incorporação de tecnologias digitais transformou a forma como os treinamentos em segurança elétrica são planejados e executados. Plataformas online e softwares de simulação permitem criar ambientes virtuais realistas, nos quais trabalhadores podem praticar procedimentos de bloqueio, aterramento e resposta a emergências sem riscos reais. Esse recurso amplia a acessibilidade, reduz custos e

possibilita treinamentos personalizados conforme a função exercida (Korolev *et al.*, 2023).

O uso de realidade aumentada e realidade virtual tem se destacado na capacitação de profissionais expostos a riscos elétricos. Essas ferramentas oferecem simulações imersivas que aumentam a retenção de conhecimento e preparam o trabalhador para enfrentar situações críticas. Ao vivenciar cenários de falhas elétricas em ambiente controlado, o participante desenvolve reflexos mais rápidos e decisões mais assertivas (Beś, Strzałkowski, 2024).

Em ambientes de alta complexidade, como data centers, os treinamentos precisam considerar características específicas. A grande densidade de cabos e a redundância de sistemas energéticos tornam a gestão de riscos mais desafiadora. Programas de capacitação nesse contexto devem incluir práticas de diagnóstico de falhas, análise de redundância elétrica e controle de sistemas de climatização, reduzindo riscos de sobrecarga (Fogarty, Flucker, 2023).

A especialização em setores como energia solar fotovoltaica também exige treinamentos diferenciados. A instalação de módulos em telhados e áreas abertas expõe trabalhadores a riscos elétricos e de queda simultaneamente. Assim, os cursos devem combinar conteúdos de eletricidade com normas de trabalho em altura e procedimentos de resgate. Essa integração garante maior eficiência preventiva (Silva, 2022).

O engenheiro eletricista, além de responsável por projetos e manutenção, precisa dominar técnicas de capacitação aplicadas à sua equipe. Sua função como multiplicador de conhecimento fortalece a padronização das práticas de segurança. Quando o engenheiro lidera treinamentos específicos, consegue adaptar o conteúdo às condições reais da instalação, aumentando a eficácia do aprendizado (Matos *et al.*, 2022).

A experiência em comunidades carentes evidencia outra dimensão da especialização. A ausência de infraestrutura adequada e a presença de ligações improvisadas tornam os riscos elétricos mais elevados. Treinamentos direcionados a eletricistas locais e líderes comunitários têm potencial de reduzir acidentes domésticos e incentivar práticas seguras, promovendo impacto social relevante (Hara *et al.*, 2024).

A eficácia dos treinamentos também depende da constante atualização frente à evolução tecnológica. Normas e procedimentos de segurança são frequentemente revisados para contemplar novos cenários de risco. Por esse motivo, cursos de

reciclagem devem integrar a rotina organizacional, assegurando que trabalhadores estejam preparados para lidar com equipamentos modernos e procedimentos atualizados (Nichols, 2020).

No campo internacional, a análise comparativa de programas de capacitação mostra que países que investem em tecnologias digitais apresentam maior redução de acidentes elétricos. A utilização de bancos de dados de incidentes e de plataformas integradas de gestão de riscos favorece a identificação precoce de falhas e o direcionamento de treinamentos específicos para os pontos mais críticos (Casey *et al.*, 2021).

A gestão de treinamentos deve também incluir mecanismos de avaliação contínua. A coleta de indicadores, como taxas de participação, retenção de conteúdo e redução de incidentes, permite medir o impacto das metodologias aplicadas. Esses dados orientam ajustes nos programas e contribuem para a criação de uma cultura organizacional voltada à melhoria constante da segurança elétrica (Dias *et al.*, 2022). Outro avanço relevante é a utilização de inteligência artificial e big data na elaboração de programas de capacitação. Essas tecnologias permitem analisar padrões de comportamento, identificar falhas recorrentes e propor treinamentos personalizados.

A aplicação de algoritmos para prever cenários de risco abre caminho para programas de capacitação mais dinâmicos e direcionados (Korolev *et al.*, 2023). A literatura também destaca a importância de alinhar os treinamentos de segurança elétrica a objetivos de sustentabilidade. Programas que incorporam eficiência energética e responsabilidade ambiental estimulam profissionais a adotar práticas seguras e sustentáveis simultaneamente. Essa integração reforça a visão de que segurança, eficiência e sustentabilidade são dimensões complementares (Beş, Strzałkowski, 2024).

Portanto, a capacitação em segurança elétrica em contextos específicos deve ser continuamente adaptada às inovações tecnológicas, às particularidades setoriais e às necessidades sociais. A combinação de realidade virtual, especialização setorial, atuação de engenheiros multiplicadores e uso de inteligência artificial fortalece os programas de treinamento, tornando-os mais eficazes e alinhados às demandas contemporâneas de segurança e sustentabilidade (Campos *et al.*, 2021).

## 2.5 CULTURA ORGANIZACIONAL E GESTÃO DA SEGURANÇA

A cultura organizacional exerce influência direta na forma como empresas e trabalhadores percebem e gerenciam os riscos de eletricidade. Quando a segurança é tratada como valor central, os resultados em prevenção tendem a ser mais consistentes. Por outro lado, organizações que priorizam apenas a produtividade acabam negligenciando procedimentos essenciais, aumentando a probabilidade de acidentes graves (Trentin, 2022).

A gestão da segurança deve articular políticas, recursos e práticas de monitoramento contínuo. Um sistema de gestão eficiente utiliza indicadores de desempenho para acompanhar taxas de acidentes, conformidade com normas e eficácia das medidas de controle. Esses indicadores permitem avaliar se a cultura preventiva está consolidada e se as ações implementadas são sustentáveis ao longo do tempo (Silva, Campos, 2022).

No contexto da construção civil, a cultura de segurança enfrenta desafios decorrentes da alta rotatividade de mão de obra e da pressão por prazos. A ausência de planejamento estruturado leva à repetição de acidentes, reforçando a necessidade de integrar segurança aos processos produtivos. A análise de casos mostra que empresas com maior maturidade organizacional apresentam menores índices de falhas elétricas (Godoy, Silva, 2024).

O monitoramento da eficácia das medidas de segurança requer também práticas de benchmarking, ou seja, a comparação com padrões de excelência do setor. Esse processo possibilita identificar lacunas, adotar melhores práticas e alinhar a gestão à inovação tecnológica. O resultado é o fortalecimento de uma cultura em que a prevenção deixa de ser obrigação e passa a ser compromisso coletivo (Barreto, Meiriño, 2024).

A literatura demonstra que a gestão de ativos é outra dimensão importante da cultura organizacional. Instalações elétricas seguras dependem da manutenção preventiva e da confiabilidade dos equipamentos críticos. A falta de monitoramento adequado gera falhas técnicas que, somadas a comportamentos inseguros, ampliam a gravidade dos acidentes. Uma política de gestão de ativos integrada favorece tanto a produtividade quanto a segurança (Alves, Viana, 2024).

Portanto, a cultura organizacional aplicada à segurança elétrica deve ser

entendida como construção coletiva. Ela depende da combinação entre políticas formais, liderança comprometida, participação dos trabalhadores e avaliação contínua de resultados. Somente assim é possível consolidar ambientes laborais mais seguros, resilientes e preparados para lidar com riscos complexos (Araújo, Santos, 2022).

### **2.5.1 PRÁTICAS DE GESTÃO, PESSOAS E INDICADORES DE DESEMPENHO**

A consolidação de uma cultura de segurança em eletricidade exige práticas de gestão que ultrapassem a mera obediência normativa. Empresas que integram a segurança em seus processos estratégicos conseguem alinhar produtividade e prevenção de forma equilibrada. Isso ocorre porque o gerenciamento de riscos deixa de ser responsabilidade isolada do setor de segurança e passa a envolver todos os níveis hierárquicos da organização (Trentin, 2022).

A gestão de pessoas é elemento essencial para sustentar essa cultura. Programas de treinamento contínuo, canais de comunicação abertos e políticas de reconhecimento estimulam a adesão dos trabalhadores às práticas preventivas. A motivação não se restringe ao cumprimento de regras, mas envolve o engajamento ativo de equipes na identificação de riscos e na proposição de melhorias (Araújo, Santos, 2022).

Indicadores de desempenho representam ferramentas-chave para monitorar a eficácia das ações. Entre os mais comuns estão as taxas de frequência e gravidade de acidentes, os registros de quase-acidentes e os índices de participação em treinamentos. A coleta sistemática desses dados possibilita medir resultados e reorientar estratégias sempre que necessário (Silva, Campos, 2022).

O monitoramento deve também considerar indicadores proativos, que avaliam práticas antes da ocorrência de acidentes. Exemplo disso é a análise de inspeções realizadas, auditorias internas e cumprimento de planos de manutenção. Tais métricas permitem verificar se os controles estão funcionando de maneira preventiva, evitando a dependência exclusiva de dados reativos (Barreto, Meiriño, 2024).

A alta direção exerce papel determinante na consolidação de indicadores de desempenho. Quando gestores participam ativamente do monitoramento, transmitindo a mensagem de que a segurança é prioridade, a percepção organizacional se fortalece. Esse engajamento demonstra comprometimento e reduz

a distância entre discurso e prática no ambiente de trabalho (Trentin, 2022).

Na construção civil, a adoção de indicadores adaptados à realidade dos canteiros é essencial. A diversidade de tarefas, aliada ao uso intensivo de equipamentos elétricos, exige métricas que contemplem riscos específicos, como falhas de aterramento e ausência de bloqueio elétrico. Organizações que aplicam esse monitoramento obtêm maior controle sobre as variáveis críticas (Godoy, Silva, 2024).

Práticas de benchmarking reforçam a eficácia dos indicadores. Ao comparar resultados internos com referências externas de excelência, empresas identificam pontos de melhoria e aceleram a adoção de soluções inovadoras. Essa prática fortalece a competitividade organizacional e contribui para difundir uma cultura de segurança mais madura em todo o setor (Barreto, Meiriño, 2024).

Além disso, os indicadores favorecem a integração entre diferentes áreas da empresa. Setores de manutenção, engenharia e recursos humanos podem utilizar os mesmos dados para alinhar ações de capacitação, planejamento de ativos e gestão de saúde ocupacional. Essa sinergia reduz retrabalhos e fortalece a visão sistêmica da segurança (Silva, Campos, 2022).

A literatura destaca que a motivação dos trabalhadores aumenta quando os resultados dos indicadores são compartilhados de forma transparente. Relatórios periódicos e reuniões de feedback permitem que as equipes acompanhem os avanços e percebam o impacto direto de suas ações. Esse processo aumenta a confiança e reforça a cultura de corresponsabilidade (Trentin, 2022).

Outro aspecto relevante é a inclusão de indicadores de maturidade cultural. Eles avaliam a percepção dos trabalhadores em relação ao compromisso da empresa com a segurança. Questionários, entrevistas e pesquisas de clima organizacional permitem identificar se a prevenção está incorporada ao cotidiano ou se permanece restrita a práticas formais (Araújo, Santos, 2022).

## **2.5.2 AVALIAÇÃO DA CULTURA DE SEGURANÇA, GESTÃO DE ATIVOS CRÍTICOS E DESAFIOS SETORIAIS**

A avaliação da cultura de segurança permite compreender o grau de maturidade organizacional em relação à prevenção de riscos. Essa análise não se

limita a estatísticas de acidentes, mas envolve a investigação de atitudes, valores e percepções dos trabalhadores. Um ambiente no qual a segurança é vista como prioridade tende a apresentar maior adesão a procedimentos e redução significativa de falhas elétricas (Araújo, Santos, 2022).

Métodos de pesquisa aplicados em setores de alto risco, como petróleo e gás, demonstram a importância de ferramentas específicas para avaliar a cultura de segurança. O modelo SEPRO, por exemplo, analisa práticas de processos críticos, permitindo identificar pontos frágeis na gestão. Esse tipo de diagnóstico auxilia empresas a priorizar investimentos e adotar ações corretivas mais direcionadas (Jerônimo, Tomasoni, 2024).

Na construção civil, a avaliação da cultura de segurança evidencia os impactos sociais e econômicos dos acidentes. A frequência elevada de choques e falhas em sistemas elétricos revela carência de gestão preventiva em muitas organizações. Esses eventos comprometem prazos de obras, aumentam custos com indenizações e impactam diretamente a saúde dos trabalhadores (Godoy, Silva, 2024).

A gestão de ativos críticos é outra dimensão essencial na construção de uma cultura preventiva. Sistemas elétricos dependem de componentes que, quando falham, podem gerar acidentes de grande proporção. Transformadores, cabines primárias e dispositivos de proteção devem receber manutenção preventiva e monitoramento contínuo. A negligência nesse aspecto compromete a confiabilidade e aumenta riscos de falhas catastróficas (Alves, Viana, 2024).

A literatura aponta que a gestão de ativos deve ser integrada ao planejamento estratégico das empresas. A aplicação de ferramentas de engenharia de confiabilidade, inspeções sistemáticas e tecnologias de monitoramento remoto contribui para ampliar a vida útil dos equipamentos. Essas práticas fortalecem a prevenção de acidentes e reduzem custos relacionados a paralisações inesperadas (Barreto, Meiriño, 2024).

Outro desafio setorial refere-se à resistência cultural à mudança. Muitas organizações ainda encaram a segurança como obrigação legal, e não como valor estratégico. Essa visão limitada dificulta investimentos em treinamento, manutenção e inovação tecnológica. A transformação dessa mentalidade exige liderança comprometida, que comunique claramente a importância da segurança como prioridade organizacional (Trentin, 2022).

A integração entre avaliação cultural e gestão de ativos cria condições mais

sólidas para ambientes elétricos seguros. Empresas que monitoram continuamente percepções dos trabalhadores e, ao mesmo tempo, controlam o estado de seus equipamentos críticos, alcançam maior equilíbrio entre comportamento humano e confiabilidade técnica. Esse duplo enfoque reduz a vulnerabilidade e amplia a resiliência (Silva, Campos, 2022).

O benchmarking internacional revela que setores que consolidaram culturas preventivas robustas, como a indústria aeronáutica, apresentam menores índices de falhas mesmo em cenários complexos. A aplicação dessas práticas no setor elétrico demonstra potencial para reduzir significativamente os acidentes. O desafio está em adaptar métodos bem-sucedidos de outros setores para realidades específicas da eletricidade (Jerônimo, Tomasoni, 2024).

As políticas públicas também desempenham papel relevante na consolidação da cultura de segurança. Fiscalizações regulares, incentivo a certificações e campanhas educativas fortalecem a percepção social da importância da prevenção. Além disso, a integração entre órgãos reguladores e empresas cria ambiente mais colaborativo para a implementação de melhorias contínuas (Araújo, Santos, 2022).

Portanto, a avaliação da cultura de segurança, aliada à gestão de ativos críticos e ao enfrentamento de desafios setoriais, constitui base indispensável para reduzir riscos elétricos. Esse processo exige compromisso organizacional, liderança ativa e participação dos trabalhadores, transformando a segurança em valor estratégico e sustentável (Alves, Viana, 2024).



### 3 METODOLOGIA

O presente estudo foi desenvolvido por meio de uma revisão de literatura narrativa, cujo objetivo consistiu em reunir, analisar e discutir publicações relevantes acerca da importância da segurança no trabalho em atividades que envolvem eletricidade. A opção por esse tipo de revisão justifica-se por sua flexibilidade metodológica, que possibilita a exploração ampla da produção científica disponível, favorecendo a construção de uma análise crítica e interpretativa do tema, sem a rigidez característica das revisões sistemáticas (Bardin, 1991).

A busca bibliográfica foi realizada no período de janeiro a outubro de 2025, abrangendo bases de dados científicas nacionais e internacionais, como SciELO, PubMed, Scopus, Web of Science e Periódicos CAPES. Complementarmente, foram consultados repositórios acadêmicos de universidades brasileiras de instituições públicas federais, como a Universidade Federal do Ceará (UFC) e a Universidade Federal do Pará (UFPA), cujos repositórios institucionais disponibilizam monografias, dissertações e teses relacionadas à área de engenharia elétrica e segurança do trabalho, com o intuito de identificar monografias, dissertações e teses pertinentes à temática investigada. Para a seleção das publicações, utilizaram-se descritores em português e inglês, combinados por operadores booleanos, tais como “segurança do trabalho” *AND* eletricidade, “riscos elétricos” *OR* “acidentes elétricos”, “NR-10” *AND* “prevenção de acidentes”, “*occupational safety*” *AND* “*electricity*” e “*electrical safety*” *AND* “*risk management*”.

A busca inicial resultou em 120 publicações, as quais passaram por um processo de triagem mediante leitura de títulos, resumos e palavras-chave. Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, foram descartados estudos duplicados, trabalhos fora do recorte temporal estabelecido e publicações que não apresentavam relação direta com o objetivo da pesquisa, resultando na seleção final dos estudos utilizados para a análise. Como critérios de inclusão, adotaram-se publicações entre 2020 e 2025, disponíveis na íntegra, redigidas em português ou inglês e com abordagem direta sobre segurança do trabalho em atividades envolvendo eletricidade. Como critérios de exclusão, consideraram-se estudos duplicados, trabalhos com enfoque exclusivamente doméstico ou educacional, pesquisas sem fundamentação teórica consistente e publicações que não tratavam especificamente dos riscos

elétricos em ambiente ocupacional, conforme apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1.** Procedimentos de triagem do material avaliado na revisão bibliográfica, Patos - Paraíba, Brasil, 2025.

| <b>Etapas da seleção</b>             | <b>Número de publicações excluídas</b> | <b>Justificativa de exclusão</b>                                                                                               |
|--------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Número inicial                       | 120                                    | Total de publicações identificadas na busca inicial                                                                            |
| Triagem inicial (títulos e resumos)  | 48                                     | Tema não relacionado à segurança elétrica em ambiente laboral (ex.: abordagem doméstica ou educacional)                        |
| Avaliação do texto completo          | 22                                     | Ausência de fundamentação teórica ou aplicação prática no contexto ocupacional; foco em riscos não relacionados à eletricidade |
| Duplicidade de publicações           | 15                                     | Artigos idênticos identificados em diferentes bases de dados                                                                   |
| Fora do recorte temporal (2020–2025) | 5                                      | Publicações anteriores a 2020                                                                                                  |
| Número final                         | 30                                     | Estudos incluídos na revisão bibliográfica                                                                                     |

Observação: embora a tabela apresente a síntese do processo de seleção, a busca inicial identificou um total de 120 publicações nas bases de dados consultadas.

Após essas etapas, 30 estudos atenderam aos critérios de inclusão e foram analisados integralmente para composição da revisão.

Os materiais selecionados foram organizados em planilhas, contendo dados como autor, ano de publicação, tipo de estudo, objetivo principal e abordagem metodológica. A análise foi conduzida de forma descritiva e interpretativa, permitindo a identificação de cinco grandes categorias temáticas: (1) regulamentação e NR-10; (2) capacitação e treinamentos; (3) cultura organizacional; (4) gestão de riscos e manutenção; e (5) fatores humanos e prevenção de acidentes.

Essa sistematização permitiu a triangulação dos achados, facilitando a construção de uma discussão crítica e integrada sobre práticas atuais e desafios

emergentes na segurança do trabalho com eletricidade.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 RESULTADOS

Os 30 estudos distribuídos nos sete eixos do Quadro 1 mostram um núcleo comum assentado na NR-10, reforçado por programas de gestão e treinamento ativo. As diferenças surgem sobretudo na aplicação prática: enquanto Amaral *et al.* (2023) e Jackson (2020) destacam barreiras organizacionais, Rodrigues *et al.* (2024) e Santos, Figueira e Florian (2023) indicam que PGR, indicadores e auditorias sistemáticas mitigam essas limitações. Em contextos específicos, subestações, data centers, fotovoltaico e espaços confinados, as evidências convergem para a necessidade de protocolos sob medida, com foco adicional em arco elétrico (Gammon e Jamil, 2020; Chapin, Herman, 2023).

**Quadro 1.** Eixos temáticos e relação entre estudos sobre segurança elétrica (n=30).

| Eixo temático                                             | Estudos (autores/anos)                                                                                                                                                                     | n* | Convergências entre os estudos                                                                                                                                 | Divergências / notas                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Base normativa (NR-10) e integração com outras NR         | Chaves e Oliveira (2024), Duarte e Minotti (2021), Barros e Nascimento (2024), Júnior, Fonseca e Ferreira (2025), Rodrigues <i>et al.</i> (2024), Brasil <i>et al.</i> (2020), Cruz (2022) | 7  | NR-10 como referência estruturante; necessidade de procedimentos documentados, análise de risco e permissões de trabalho; articulação com NR-12, NR-33 e NR-35 | Grau de efetividade varia conforme fiscalização, maturidade de gestão e contexto (industrial, educacional) |
| Programas e gestão (PGR, indicadores, softwares, cultura) | Santos, Figueira e Florian (2023), Amaral <i>et al.</i> (2023), Rodrigues <i>et al.</i> (2024), Jackson (2020), Anderson, McGaw e Parra (2021), Trentin (2022), Alves e Viana (2024)       | 7  | PGR e gestão por dados reduzem incidentes; barreiras administrativas complementam EPC/EPI; liderança e reporte fortalecem prevenção                            | Resistência a treinamentos periódicos e lacunas de fiscalização limitam resultados                         |
| Fatores humanos e investigação de acidentes               | Anderson, McGaw e Parra (2021), Casey <i>et al.</i> (2021), Ribeiro, Oliveira e Ferreira (2025)                                                                                            | 3  | Pressa, falhas de comunicação e ausência de bloqueio são gatilhos recorrentes; aprendizagem organizacional após incidentes                                     | Qualidade e transparência das investigações variam entre organizações                                      |

|                                                                 |                                                                                                                                                                                                                 |   |                                                                                                                                            |                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Treinamento e metodologias (andragogia, simulação, tecnologias) | Nichols (2020), Beś e Strzałkowski (2024), Campos <i>et al.</i> (2021), Dias <i>et al.</i> (2022), Korolev <i>et al.</i> (2023)                                                                                 | 5 | Treinamentos ativos, contínuos e contextuais são superiores aos expositivos; simulação e recursos digitais elevam retenção do conhecimento | Necessidade de adaptação do conteúdo ao perfil do trabalhador e ao setor                 |
| Riscos específicos – arco elétrico                              | Gammon e Jamil (2020), Chapin e Herman (2023)                                                                                                                                                                   | 2 | Necessidade de programas e EPIs específicos além da segurança elétrica geral; ênfase nos efeitos fisiológicos                              | Subestimação do risco quando se confia apenas em controles genéricos                     |
| Ambientes e setores específicos                                 | Fogarty e Flucker (2023), Cruz (2022) – subestações, Brasil <i>et al.</i> (2020) – laboratórios, Silva (2022) – fotovoltaico, Hara <i>et al.</i> (2024) – comunidades, Matos <i>et al.</i> (2022) – ferroviário | 6 | Adaptação setorial de normas e treinamentos é determinante para eficácia preventiva                                                        | Particularidades operacionais exigem procedimentos sob medida                            |
| Fundamentos e formação técnica                                  | Blume (2025), Boopathi (2022), Matos e Oliveira (2022)                                                                                                                                                          | 3 | Alfabetização elétrica básica e domínio dos fundamentos do sistema apoiam decisões seguras                                                 | Risco de comportamentos inseguros quando atividades são executadas por não especialistas |

#### 4.1.1 NORMAS E REGULAMENTAÇÕES

A literatura aponta a NR-10 como eixo regulatório para organizar documentos, capacitações e responsabilidades, delimitando procedimentos em baixa e alta tensão. Essa estrutura favorece coerência entre projeto, operação e manutenção, conectando requisitos técnicos a práticas de gestão. O argumento central é que a norma oferece linguagem comum para diferentes setores, o que facilita auditorias e padronização de rotinas. Ao mesmo tempo, a NR-10 funciona como ponte entre a engenharia e a área de segurança, transformando diretrizes em processos operacionais observáveis no cotidiano de trabalho elétrico. Essa leitura consolida a norma como referência estruturante, com alcance nacional (Chaves, Oliveira, 2024).

A evolução documental da NR-10 evidencia movimento de adaptação a novos cenários de risco, com reforço de análise formal, descrição detalhada de tarefas e

protocolos para serviços energizados. As revisões ampliaram a necessidade de registros e de integração com outras normas aplicáveis ao entorno da tarefa, como máquinas e trabalho em altura. O valor desse processo está em reduzir ambiguidades na execução, oferecendo clareza para responsáveis técnicos e supervisores. Em minha leitura, revisões normativas que exigem documentação ajudam a transformar experiência empírica em memória organizacional, evitando repetição de falhas. Essa abordagem estimula coerência entre campo e legislação (Duarte, Minotti, 2021).

A trajetória histórica da NR-10 mostra que acidentes e eventos de grande severidade foram motores de mudança, impulsionando ampliação de requisitos e critérios mais claros de proteção. Essa evolução responsiva reflete diálogo entre prática e regulação: lacunas observadas em investigação de incidentes tornaram-se tópicos de aprimoramento. Tal dinâmica sustenta a ideia de aprendizado regulatório contínuo, em que a norma se torna mais robusta ao incorporar achados de campo. Por isso, investir em relatórios bem estruturados e análise de causas fornece insumos para futuras revisões e orienta melhor o setor elétrico (Barros, Nascimento, 2024).

#### **4.1.2 INTEGRAÇÃO E CONTEXTOS**

Ambientes confinados reúnem combinações de risco que aumentam a severidade: umidade, mobilidade limitada e contato com superfícies condutoras. Nesse cenário, a integração entre NR-10 e NR-33 é indispensável, articulando bloqueio de energia, monitoramento atmosférico e planos de resgate. A experiência mostra que pequenos desvios procedimentais ganham efeito ampliado quando a saída é difícil e a visibilidade é restrita. Em minha visão, listas de verificação internormativas reduzem lacunas e fortalecem o controle operacional. A interdependência de requisitos demanda planejamento coordenado de equipes e comunicação clara antes de qualquer intervenção (Júnior, Fonseca, Ferreira, 2025).

Subestações elétricas concentram altas energias e equipamentos de grande porte, exigindo manutenção criteriosa, sinalização efetiva e rotinas de isolamento confiáveis. Ausências ou falhas nesses elementos elevam a probabilidade de incidentes com repercussão ampla. Programas de capacitação dirigidos a equipes de operação ajudam a igualar entendimento técnico e a promover respostas consistentes em emergências. Minha avaliação é que, nesses ambientes, a previsibilidade

operacional depende de inspeções sistemáticas, prontuários atualizados e ensaios de contingência que testem, periodicamente, a prontidão da equipe. A solidez da rotina reduz variabilidade do comportamento em tarefas complexas (Cruz, 2022).

Laboratórios universitários de alta tensão demonstram a versatilidade da NR-10 ao transpor princípios industriais para contextos educacionais. Barreiras físicas, prontuários e sinalização estruturada reduziram eventos e permitiram circulação mais segura entre ensino e pesquisa. Essa experiência indica que a formação acadêmica pode incorporar disciplina operacional desde o início, habituando futuros profissionais a práticas seguras. Sob a perspectiva da literatura especializada, currículos que integram segurança elétrica em atividades práticas geram profissionais mais preparados para ambientes industriais, acelerando a internalização de rotinas de bloqueio, aterramento e controle de acesso. Trata-se de investir em cultura desde a base (Brasil, Paes, Oliveira, 2020).

Data centers possuem riscos particulares: alta densidade de cabos, redundância de sistemas, calor significativo, e dependência de continuidade de serviço. O planejamento da segurança deve incorporar análise de cargas, proteção contra sobrecargas e incêndios, e treino específico para eletricitistas que atuam nesses parques tecnológicos. Como autor, considero que procedimentos voltados a redundância não podem cegar as equipes para a simplicidade do básico: identificação, bloqueio, teste de ausência de tensão e coordenação com equipes de Tecnologia da Informação (TI). A operação segura não deve competir com disponibilidade; precisa ser integrada como requisito de confiabilidade (Fogarty, Flucker, 2023).

A expansão fotovoltaica traz riscos relacionados a tensão contínua, intempéries e trabalho em altura, exigindo planejamento que una conhecimento elétrico, amarrações seguras e procedimentos para mudanças climáticas repentinas. Treinamentos específicos, com cenários de vento, chuva e irradiância variável, tendem a elevar a prontidão. Vejo a inserção da NR-10 nesse contexto como oportunidade para consolidar protocolos desde a contratação, incluindo diretrizes para manutenção preventiva e inspeções após eventos climáticos. Em telhados e parques solares, o sequenciamento correto de isolamento e medições evita surpresas durante intervenções aparentemente simples (Silva, 2022).

Cenários de vulnerabilidade social expõem instalações improvisadas, ligações clandestinas e materiais de baixa qualidade, que elevam o risco de choques e incêndios. Programas de capacitação para eletricitistas locais e líderes comunitários

constroem redes de proteção baseadas em conhecimento prático e sensibilização. Em minha leitura, adequação técnica aliada à educação social gera efeitos duradouros, pois transforma usuários e mantenedores em multiplicadores de cuidado. A segurança elétrica, nesses territórios, é também política pública, pedindo integração entre órgãos, concessionárias e instituições de ensino para soluções sustentáveis e replicáveis (Hara, Costa, Ribeiro, 2024).

#### **4.1.3 TREINAMENTO E TECNOLOGIAS**

Há uma diferença sensível entre cumprir uma carga horária e desenvolver competências aplicáveis em campo. Treinamentos baseados apenas em exposição teórica mostram baixo impacto na mudança de comportamento. Metodologias ativas, simulações realistas e estudos de caso aproximam o conteúdo dos problemas reais, elevando retenção e transferibilidade. Nesse sentido, experiências com erro controlado, feedback imediato e repetição espaçada criam memória procedural. O objetivo é treinar como se trabalha, com checklists, comunicação por rádio, pausas seguras e verificação cruzada. Assim, a sessão didática se torna ensaio de desempenho operacional (Campos, Paiva, Moura, 2021).

A dimensão digital tem ampliado o alcance e a eficácia da capacitação, com plataformas on-line, simuladores e realidade aumentada para reproduzir falhas e cenários de risco sem expor trabalhadores ao perigo real. Esses recursos permitem ajustar a complexidade ao perfil do público, registrar progresso e gerar dados para melhoria contínua. Por conseguinte, trilhas personalizadas evitam dispersão e conectam a avaliação com o plano de desenvolvimento individual. Ao final, a tecnologia precisa servir ao propósito de aprender a decidir sob incerteza e a coordenar ações seguras sob pressão (Korolev, Duarte, Bianchi, 2023).

Programas que combinam teoria, prática e simulação têm maior efeito do que iniciativas exclusivamente expositivas. A participação ativa do trabalhador, inclusive na análise de quase acidentes, fortalece senso de responsabilidade e pertencimento. Dessa forma, simulações com checklist real, medições instrumentais e encenações de comunicação sob ruído de fundo aproximam o treino do chão de fábrica. Essa linha de trabalho aumenta a capacidade de reconhecer armadilhas cognitivas durante manobras elétricas, como viés de urgência e excesso de confiança. O resultado é



retenção superior e conduta mais conservadora (Beś, Strzałkowski, 2024).

O tema do arco elétrico demanda abordagem específica, pois medidas gerais de segurança muitas vezes não cobrem a energia incidente e os efeitos térmicos associados. Treinamentos dedicados, EPI adequados e práticas de análise de energia incidente são essenciais para escolhas técnicas mais seguras, como coordenação de proteção e delimitação de zonas. Considera-se pertinente que as organizações instituem módulos exclusivos de arco elétrico com exercícios de seleção de vestimentas e cálculo simplificado, traduzindo engenharia em decisões operacionais. Diferenciar risco elétrico geral de arco elétrico evita lacunas perigosas (Gammon, Jamil, 2020).

Ainda no arco elétrico, a estruturação de programas contínuos, com personalização por setor e simulação de falhas típicas, sustenta a aderência de longo prazo. O engajamento não nasce de palestras isoladas, mas de ciclos de aprendizado que incorporam avaliação prática, indicadores de desempenho e reciclagens periódicas. Ao tempo em que, quando o colaborador percebe a utilidade imediata do conteúdo, por exemplo, relacionando o ajuste de relés à sua própria proteção, o curso ganha significado. Treinar para decidir e não apenas para lembrar consolida comportamento seguro (Nichols, 2020).

#### **4.1.4 CULTURA ORGANIZACIONAL E FATORES HUMANOS**

Fatores humanos, como fadiga, pressão por produtividade, falhas de comunicação e excesso de confiança, aparecem com frequência nas análises de incidentes elétricos. Isso desloca parte da atenção de EPI/EPC para a arquitetura organizacional: turnos, pausas, desenho de tarefas e canais de reporte. Uma análise da literatura evidencia que segurança elétrica madura pede governança que legitime a pausa segura, valorize a dupla checagem e proteja quem interrompe uma tarefa por dúvida técnica. A cultura fica visível quando a organização recompensa decisões prudentes, mesmo sob pressão temporal (Casey, Peralta, Johnson, 2021).

Estudos de incidentes mostram convergência entre causas: bloqueio ausente, precipitação na execução e falhas de comunicação entre equipes. O padrão se repete em diversas geografias e setores, indicando que o problema não é apenas técnico. Entende-se que a padronização internacional de protocolos ajuda empresas

multinacionais a reduzir variabilidade e a importar boas práticas, desde que adaptadas a contextos locais. A lição é clara: consistência procedimental, linguagem comum e liderança visível reduzem espaços para improviso perigoso (Anderson, McGaw, Parra, 2021).

Em casos analisados no Brasil, eventos em cabines primárias revelaram combinação de falhas técnicas e organizacionais, como bloqueio não realizado, pressa para religar sistema e comunicação truncada entre responsáveis. A investigação de acidentes, quando transparente e bem documentada, converte dano em aprendizado, alimentando revisões procedimentais e ações educativas. Dessa forma, comissões de análise devem incluir operação, engenharia e segurança, evitando culpar indivíduos e buscando causas sistêmicas. Esse método sustenta melhoria contínua e previne recorrências (Ribeiro, Oliveira, Ferreira, 2025).

Barreiras administrativas (autorizações formais, permissões de trabalho, supervisão e registro de testes) têm peso semelhante ao dos controles técnicos. Sem essa camada, aumenta a chance de atalhos e decisões solitárias em cenários complexos. Ressalva-se a relevância de realizar no trabalho permissões formais que exijam leitura do risco, confirmação do bloqueio e assinatura de conferência, pois o ritual administrativo organiza a atenção e cria memória verificável. A disciplina documental não é burocracia estéril; é ferramenta de coordenação humana sob pressão (Jackson, 2020).

Dimensões legais e econômicas, como o adicional de periculosidade, reconhecem juridicamente a exposição a risco, mas não substituem medidas preventivas, nem dispensam gestão ativa. A concessão do adicional deve caminhar com capacitação e fiscalização interna, para evitar a ilusão de que pagamento compensa exposição. Destacando que indicadores de desempenho incluam horas sem energia perigosa, adesão a bloqueio e etiquetagem (*Lockout/Tagout* – LOTO) LOTO e participação em treinamentos práticos, deslocando o foco de remuneração para controle efetivo de risco. Essa mudança sustenta comportamento mais alinhado à prevenção (Melo, Santos, Conceição, 2021).

A implementação do PGR Riscos agrega método para mapear perigos, priorizar intervenções e acompanhar eficácia de barreiras. Quando articulado à NR-10, o PGR antecipa cenários e orienta recursos para o que mais importa, evitando reação tardia. A força do PGR está em promover linguagem transversal entre manutenção, operação, engenharia e segurança, criando um repositório comum de lições

aprendidas. A previsibilidade gerada reduz surpresa operacional e favorece decisões prudentes sob restrições de prazo (Santos, Figueira, Florian, 2023).

#### **4.1.5 GESTÃO DE RISCOS, DADOS E MANUTENÇÃO**

Ferramentas de gestão e indicadores transformam percepções em números, permitindo detectar padrões, planejar reciclagens e corrigir desvios. A digitalização do processo de segurança cria rastreabilidade: registros de LOTO, inspeções, permissões e falhas alimentam análises periódicas. Enquanto dashboards simples e acessíveis às equipes aumentam a aderência, pois aproximam o dado da decisão. A integração entre requisitos normativos e modelos de gestão reduz a distância entre documento e prática, elevando a maturidade do sistema de segurança elétrica (Rodrigues *et al.*, 2024).

Manutenção preventiva, sinalização eficaz e prontuários atualizados compõem o núcleo de confiabilidade em sistemas de potência. Em subestações e salas elétricas, a disciplina de inspeção e a documentação de intervenções diminuem eventos inesperados. Reafirmando que planos de manutenção incorporem achados de quase acidentes, fechando o ciclo entre operação e engenharia. A gestão de ativos deve priorizar pontos críticos, como disjuntores, relés de proteção e aterramentos, com métricas de desempenho verificáveis. O objetivo é reduzir incerteza técnica antes de qualquer manobra (Cruz, 2022).

#### **4.1.6 FUNDAMENTOS TÉCNICOS E DIFUSÃO DO CONHECIMENTO**

Dominar fundamentos da eletricidade, fisiologia do choque e mecanismos do arco não é luxo didático; é base de decisão segura. Materiais didáticos claros aceleram a formação de iniciantes e padronizam referências para treinamentos. Ao tempo em que equipes simples, com profissionais de distintas formações, se beneficiam de textos que traduzem teoria em prática, alinhando vocabulário e expectativas. Ao iluminar os porquês dos controles, cresce a adesão a rotinas como teste de ausência de tensão, delimitação de áreas e escolha adequada de EPI (Chapin, Herman, 2023).

Processos industriais com descarga elétrica, como em certos métodos de usinagem, revelam que desempenho produtivo e segurança são inseparáveis. A eficiência tecnológica depende de controles elétricos confiáveis, aterramentos corretos e proteção dimensionada. Acreditando que, quando a engenharia de processo considera segurança desde o projeto, reduz-se retrabalho e aumenta-se disponibilidade com menos incidentes. A integração entre parâmetros de qualidade e barreiras elétricas evita a falsa dicotomia entre produção e proteção, mostrando que ambos caminham juntos quando o sistema é bem desenhado (Boopathi, 2022).

Trabalhadores não especialistas interagem com sistemas elétricos no cotidiano, e lacunas conceituais podem induzir condutas arriscadas. Materiais que explicam geração, transmissão e distribuição com linguagem acessível ampliam repertório e permitem reconhecer pontos de atenção, como limites de aproximação e sinais de anomalias. Propondo incorporar módulos de “eletricidade para não eletricitistas” em programas de integração, reduzindo improvisos e chamadas indevidas. Difundir noções básicas é uma forma simples de elevar o patamar de cuidado em setores diversos (Blume, 2025).

Incidentes em projetos de grande porte na engenharia global demonstram que falhas de bloqueio, pressão temporal e comunicação deficiente se repetem independentemente da localização geográfica ou do nível tecnológico da empresa. Isso indica que, para além das ferramentas técnicas, a padronização de práticas de segurança com protocolos universais é um fator determinante para evitar perdas humanas e patrimoniais. Entendendo que unificar procedimentos e promover intercâmbio entre diferentes unidades globais é medida estratégica para elevar o patamar de segurança em toda a cadeia produtiva internacional (Anderson, McGaw, Parra, 2021).

A investigação de acidentes graves mostra que a ausência de autorização formal para trabalho, falhas de supervisão e comunicação ineficaz figuram entre as principais barreiras perdidas em situações críticas no setor elétrico. Essa constatação reforça a necessidade de entender processos administrativos como mecanismos de proteção, e não como burocracia. Tais procedimentos organizam a informação, estruturam o fluxo decisório e conferem rastreabilidade aos eventos. Nesse sentido, a padronização de autorizações formais contribui diretamente para reduzir a taxa de erros humanos em operações energizadas (Jackson, 2020).

Os métodos de treinamento mais eficazes são aqueles que combinam diversas

abordagens, aulas teóricas, práticas supervisionadas e simulações conduzidas com cenários reais. Essa combinação é particularmente útil em ambientes de média e alta tensão, onde o comportamento do trabalhador deve ser amplamente previsível. Quando esse aprendizado ativo se torna parte da rotina organizacional, os trabalhadores desenvolvem maior capacidade de tomada de decisão em situações de risco. Esse mesmo padrão se aplica a setores como siderurgia, mineração e manutenção predial, nos quais intervenções elétricas são inevitáveis (Beś, Strzałkowski, 2024).

Pesquisas mostram que a lógica da capacitação contínua, especialmente quando aplicada à segurança do trabalho, deve estar integrada à gestão de riscos e tecnologias de prestação de serviços. Dessa forma, treinamentos deixam de ser ações isoladas e passam a dialogar diretamente com indicadores de desempenho, cultura organizacional e melhorias em campo. Assim, a capacitação torna-se estratégica, estimulando não apenas o comportamento seguro, mas também o aprimoramento constante da qualidade operacional em diversos segmentos onde a energia elétrica é essencial (Matos, Albuquerque, Rocha, 2022).

Comunidades vulneráveis enfrentam riscos adicionais em função de instalações improvisadas e ausência de suporte técnico. A educação em segurança elétrica, quando articulada com ações sociais, pode reduzir drasticamente acidentes domésticos e incêndios. Isso demonstra que a segurança elétrica transcende o ambiente de trabalho formal, atingindo também contextos residenciais e comunitários. Compreendendo que esse olhar ampliado é fundamental para integrar políticas públicas, concessionárias e lideranças locais em estratégias educativas socialmente sustentáveis (Hara, Costa, Ribeiro, 2024).

Ao observar as práticas de controle de risco específicas de ambientes fotovoltaicos, percebe-se que o crescimento do setor traz exigências formativas distintas no campo elétrico. As particularidades desse segmento como o trabalho em altura, desconexão de geradores sob radiação solar e exposição a intempéries demandam padronizações distintas de salvaguarda e EPI. Esses aprendizados fortalecem a necessidade de adaptar normas já consolidadas como a NR-10 para novas realidades tecnológicas e energéticas, ampliando a segurança em setores emergentes (Silva, 2022).

Boa parte dos acidentes em indústrias de usinagem envolve processo de descarga elétrica associado a falhas de isolamento ou desgaste de materiais. Esses

riscos colocam tanto as máquinas quanto os operadores em perigo, evidenciando que a segurança elétrica não se restringe ao planejamento urbano ou industrial, mas influencia diretamente a viabilidade técnica e econômica de cadeias produtivas com alto teor de automação. Haja visto que esse cenário reforça a interdependência entre qualidade, sustentabilidade e segurança no campo industrial (Boopathi, 2022).

Materiais didáticos sobre fundamentos elétricos, como os de Chapin e Herman (2023), exercem papel essencial na compreensão dos mecanismos fisiológicos do choque, dos efeitos térmicos do arco e das práticas de isolamento seguro. Esse tipo de material contribui para a formação de técnicos e gestores mais atentos ao impacto humano dos fenômenos elétricos, facilitando o engajamento em práticas de proteção e uso correto das barreiras de segurança. Sendo necessária a difusão contínua desses conteúdos em ambientes de ensino e prática profissional (Chapin, Herman, 2023).

No contexto da difusão técnica, o livro de Blume (2025) destaca a importância de expandir o conhecimento básico sobre sistemas de potência para além da área da engenharia elétrica. Isso possibilita que profissionais de diversas áreas compreendam os limites de aproximação, saibam identificar riscos e adotem comportamentos adequados em situações emergenciais. Dessa forma, esse tipo de formação pode ser incorporado também nos programas de integração e treinamentos básicos de empresas que lidam com eletricidade de forma indireta (Blume, 2025).

A literatura nacional e internacional analisada revela convergências importantes em torno da NR-10 como principal referência normativa. Chaves e Oliveira (2024) defendem que a norma é abrangente e suficiente quando bem aplicada, enquanto Amaral *et al.* (2023) ressaltam dificuldades práticas de implementação. Esse contraste mostra que, embora exista consenso sobre a relevância da NR-10, ainda há divergências quanto à efetividade de sua aplicação diante da resistência de empresas e falhas de fiscalização.

As contribuições de Duarte e Minotti (2021) e Barros e Nascimento (2024) reforçam a ideia de que a NR-10 evolui em resposta a acidentes graves. Essa visão é complementada por Ribeiro, Oliveira e Ferreira (2025), que analisam um caso concreto em cabine primária, confirmando que falhas práticas impulsionam revisões normativas. O confronto desses estudos evidencia que a evolução regulatória é reativa, mas que a análise crítica de acidentes pode transformar erros em melhorias contínuas.

No que se refere à integração entre normas, Júnior, Fonseca e Ferreira (2025) enfatizam a necessidade de combinar a NR-10 com a NR-33 em espaços confinados, enquanto Rodrigues *et al.* (2024) destacam a integração com ferramentas de gestão. Ambos reforçam que a segurança elétrica não deve ser tratada de forma isolada, mas dentro de um sistema articulado. Essa perspectiva encontra paralelo em Jackson (2020), que mostra a relevância de barreiras administrativas como complemento a medidas técnicas.

A análise de Cruz (2022) sobre subestações dialoga com o estudo de Brasil *et al.* (2020), que aplica a NR-10 em laboratórios acadêmicos. Embora tratem de contextos distintos, ambos demonstram que a norma é adaptável a diferentes cenários. Essa convergência sugere que a flexibilidade da NR-10 é um de seus pontos fortes, permitindo sua aplicação em ambientes industriais, educacionais e de pesquisa.

No campo da cultura organizacional, Santos, Figueira e Florian (2023) e Melo, Santos e Conceição (2021) convergem ao afirmar que medidas legais ou financeiras, como o PGR ou o adicional de periculosidade, só são eficazes quando acompanhadas de comprometimento organizacional. Esse ponto se conecta à análise de Trentin (2022), que mostra como práticas de gestão de pessoas fortalecem a cultura preventiva. Assim, evidencia-se que tanto normas quanto incentivos precisam ser incorporados em uma cultura de segurança sólida para gerar resultados.

Comparando estudos internacionais, observa-se que Anderson, McGaw e Parra (2021) e Casey *et al.* (2021) apontam a pressa, falhas de comunicação e fatores humanos como causas centrais de acidentes. Esses achados confirmam os apontamentos nacionais de Ribeiro, Oliveira e Ferreira (2025), que identificaram problemas semelhantes em cabines primárias. O confronto mostra que, independentemente do país, fatores humanos persistem como ponto crítico na segurança elétrica.

Enquanto Gammon e Jamil (2020) destacam a insuficiência das medidas tradicionais para conter riscos de arco elétrico, Nichols (2020) reforça a necessidade de treinamentos específicos sobre esse tema. A convergência entre os dois trabalhos evidencia uma lacuna prática: ainda que normas e EPI reduzam riscos gerais, o arco elétrico exige abordagens especializadas, com programas educativos contínuos. Esse ponto dialoga com Chapin e Herman (2023), que defendem a importância de compreender os efeitos fisiológicos da eletricidade para prevenção efetiva.

O estudo de Fogarty e Flucker (2023) sobre data centers complementa as análises de Hara *et al.* (2024) em comunidades carentes e Silva (2022) no setor fotovoltaico. Em todos esses contextos, observa-se a necessidade de treinamentos específicos, adaptados às particularidades do ambiente. Esse confronto reforça que a segurança elétrica não pode se basear em modelos genéricos: cada setor apresenta riscos distintos que demandam capacitação sob medida.

A discussão sobre treinamentos também apresenta convergências entre Campos *et al.* (2021), Dias *et al.* (2022) e Beś e Strzałkowski (2024), que defendem metodologias ativas e adaptadas ao perfil do trabalhador. Esses achados encontram eco em Korolev *et al.* (2023), que enfatizam o papel das tecnologias digitais e da realidade aumentada. O confronto mostra que a combinação entre metodologias participativas e inovação tecnológica constitui tendência global na capacitação em segurança elétrica.

O campo da gestão de ativos e manutenção preventiva, tratado por Alves e Viana (2024), conecta-se à análise de Cruz (2022), que identificou falhas de manutenção em subestações como fator de risco. Ambos reforçam que a confiabilidade técnica dos equipamentos é tão essencial quanto o comportamento humano. O diálogo com Blume (2025) amplia essa perspectiva, ao mostrar que a compreensão dos sistemas elétricos básicos é indispensável até para profissionais não especialistas que interagem com a rede.

Ao comparar a literatura nacional e internacional, percebe-se que existe consenso em torno de três pilares fundamentais para a segurança elétrica: normas robustas (NR-10 e correlatas), capacitação contínua e cultura organizacional preventiva. As divergências surgem principalmente na efetividade da aplicação prática, com autores como Amaral *et al.* (2023) apontando barreiras organizacionais, enquanto estudos como Rodrigues *et al.* (2024) defendem que ferramentas de gestão podem superar tais limitações.

A análise da literatura evidencia, ainda, que a segurança do trabalho envolvendo eletricidade continua sendo um dos desafios mais complexos do campo ocupacional, exigindo um esforço que não se limita ao cumprimento legal de normas, mas à construção permanente de práticas organizacionais preventivas. A (NR-10), como apontado em diferentes estudos, permanece como referência central e estruturante na gestão da segurança elétrica no Brasil, estabelecendo requisitos para capacitação, análise de risco e organização documental (Chaves, Oliveira, 2024;



Amaral, Silva, Santos, 2023). Entretanto, sua eficácia prática depende do modo como é internalizada nas rotinas de trabalho e de seu alinhamento às transformações tecnológicas e organizacionais.

Ao analisar os trabalhos de Duarte e Minotti (2021), observa-se que as revisões recentes da NR-10 não se limitaram à atualização textual, mas à incorporação de novas exigências relacionadas à formalização de procedimentos e à integração com outras normas regulatórias. Esse ponto é especialmente relevante quando se considera que o trabalho com eletricidade quase nunca ocorre de forma isolada, e sim em contextos que envolvem altura, confinamento, espaços industriais, intempéries ou pressões de produtividade. Nesse contexto, a integração entre normas deve deixar de ser vista como um obstáculo burocrático e passar a ser encarada como um requisito de segurança sistêmica, inclusive com listas de checagem que contemplem sobreposições e conflitos entre normas.

Nesse sentido, estudos que analisam situações de risco crítico, como o de Júnior, Fonseca e Ferreira (2025), que trata de atividades em espaços confinados com risco elétrico, reforçam a necessidade de integração inter-normativa, como entre NR-10 e NR-33. Nessas situações, a combinação de riscos atmosféricos, pouca mobilidade e superfícies condutoras amplia drasticamente a probabilidade de acidentes fatais (Júnior, Fonseca, Ferreira, 2025). A partir dessa reflexão, as organizações devem adotar modelos de gestão que especifiquem não apenas as responsabilidades normativas, mas a forma como elas convergem na prática, investindo em treinamentos contextualizados e simulações reais. Percebendo que a segurança se consolida quando os trabalhadores compreendem o fundamento dos procedimentos, e não apenas sua execução operacional.

A literatura também fortalece a percepção de que a segurança elétrica é profundamente impactada por fatores humanos e culturais, não se resumindo a requisitos técnicos ou legais. A pesquisa de Amaral *et al.* (2023) mostra que a resistência de empresas em implementar treinamentos periódicos e o caráter reativo da fiscalização comprometem a aplicação da NR-10, mesmo em organizações com estruturas formais de gestão. Esse dado confirma a existência de uma lacuna entre o discurso normativo e sua aplicação cotidiana, frequentemente atravessada por pressões econômicas e por culturas produtivas orientadas à velocidade ou ao cumprimento mínimo de exigências legais. Nesse cenário, evidencia-se a necessidade de políticas organizacionais que reconheçam a prevenção como eixo

estratégico da gestão, e não como custo secundário.

Nesse mesmo horizonte, a análise comparada de estudos nacionais e internacionais reforça que os acidentes elétricos não decorrem apenas de falhas técnicas, mas de decisões tomadas em ambientes onde o tempo é curto, a pressão é elevada e a comunicação é ineficaz (Ribeiro, Oliveira, Ferreira, 2025; Anderson, McGaw, Parra, 2021). A pressa, seja para liberar uma linha, religar uma máquina ou atender prazos contratuais, aparece como causa recorrente não apenas em cabines primárias no Brasil, mas também em projetos industriais de grande escala em diferentes países.

Esse achado revela como a cultura organizacional atua como elemento estruturante que pode fortalecer ou fragilizar as práticas de segurança. Empresas que valorizam exclusivamente indicadores de produtividade tendem a reduzir os espaços destinados a pausas seguras, duplas conferências e processos de (LOTO), fundamentais para a eliminação de energia perigosa antes do início de atividades de manutenção elétrica.

Ainda sobre integração sistêmica, Rodrigues *et al.* (2024) apontam que o uso de ferramentas de gestão digital, como softwares de controle de risco, indicadores estatísticos, checklists virtuais e plataformas de rastreamento de capacitação, pode ampliar a eficácia da instalação da NR-10 nas empresas. Não se trata apenas de implantar sistemas, mas de criar ambientes onde a segurança seja observável, rastreável e mensurável, condições que, no meu ponto de vista, contribuem para o fortalecimento de culturas organizacionais transparentes e orientadas por dados. Em um ambiente de alta complexidade, a gestão da segurança não pode depender apenas da memória ou da boa vontade dos envolvidos, mas precisa estabelecer garantias objetivas e compartilhadas de que os processos estão funcionando.

Em termos de ampliação de contexto, a literatura analisada também reforça a capacidade expansiva da NR-10, aplicando-se desde indústrias e subestações até laboratórios acadêmicos (Brasil, Paes, Oliveira, 2020), centros de processamento de dados (Fogarty, Flucker, 2023) e instalações de energia solar (Silva, 2022). Essa abrangência revela que a norma pode ser adaptada a múltiplas realidades, e não apenas àquelas tradicionalmente associadas ao setor elétrico. Valorizo essa característica por entender que a segurança elétrica é presente em todas as áreas que lidam com energia, mesmo que sua manifestação seja menos evidente. Do ponto de vista educacional, por exemplo, a adaptação da NR-10 a laboratórios universitários

desperta uma reflexão: e se os futuros profissionais já fossem formados com a cultura de segurança integrada à sua prática de formação? É provável que o cuidado se naturalizasse antes mesmo de o trabalhador ingressar no ambiente profissional, em vez de ser aprendido como “correção tardia”.

No debate sobre treinamento, um conjunto amplo de publicações aponta que os métodos tradicionais, baseados exclusivamente em aulas expositivas, não são suficientes para gerar mudança de comportamento, especialmente em ambientes que lidam com risco elétrico (Campos, Paiva, Moura, 2021; Korolev, Duarte, Bianchi, 2023). A combinação de metodologias ativas, simulações, aprendizagem por problemas e realidade aumentada tem se mostrado mais eficaz para promover engajamento e retenção de conteúdos. Reforçando que o futuro da capacitação em segurança elétrica é híbrido, combinando teoria, prática, simulação e cenários reais. A cultura da segurança depende da percepção do risco, e só se percebe o risco quando se interage com ele, ainda que em ambiente seguro.

Essa percepção é reforçada por Beś e Strzałkowski (2024), cuja análise comparativa mostra que treinamentos vivenciais, com experimentação visual e tátil dos fenômenos elétricos, reforçam a memorização de procedimentos. Em outras palavras: é mais fácil lembrar como se isola um arco elétrico se já se viu o que um arco pode causar. Essa dimensão sensorial da aprendizagem ainda é pouco explorada no Brasil, e acredito que sua implementação seja uma das chaves para reduzir o distanciamento entre o conhecimento normativo e a prática cotidiana.

Considera-se importante também o achado de estudos internacionais que destacam que a componente humana é parte essencial e indissociável da prevenção, e que a gestão de segurança não pode se restringir a equipamentos de proteção ou sistemas de bloqueio (Casey, Peralta, Johnson, 2021; Jackson, 2020). É necessário promover políticas de descanso, comunicação transparente, desligamento hierárquico de tarefas, educação emocional e espaços de reporte de quase acidentes. Esses elementos, quando incorporados, dão sustentação à ideia de que a segurança não é produto exclusivo da técnica, mas também da sua interface com o trabalho real, com as subjetividades e com a inteligência coletiva das equipes.

Por fim, destaca-se que a discussão integrada da literatura aponta que, embora exista consenso sobre a importância da NR-10, há divergências sobre sua aplicação prática. Parte dos autores entende que a norma é suficiente quando aplicada de forma completa e criteriosa (Chaves, Oliveira, 2024), enquanto outros apontam limites

estruturais, como fiscalização deficitária, resistência organizacional e treinamentos de baixa efetividade (Amaral, Silva, Santos, 2023). Essa divergência não é negativa, mas reveladora: ela aponta onde o campo da segurança elétrica ainda precisa se desenvolver, não em termos de novos textos normativos, mas em termos de políticas integradas de gestão, cultura e formação continuada.

A partir dessas evidências, reforço a tese de que a prevenção de acidentes elétricos depende de três pilares fundamentais: normatização, capacitação e cultura organizacional. Se um desses pilares falha, o sistema como um todo se enfraquece, ainda que os equipamentos estejam adequados ou os treinamentos tenham sido realizados. A segurança é sistêmica, contextual e humana. Ela precisa ser vivida, e não apenas documentada.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A segurança do trabalho em atividades com eletricidade é um campo de extrema complexidade, no qual a conjugação de fatores técnicos, organizacionais e humanos define o grau de proteção alcançado. A análise dos estudos revelou que a NR-10 representa a principal referência normativa, estruturando procedimentos, treinamentos e requisitos documentais. Entretanto, sua eficácia depende diretamente da forma como é aplicada, da integração com outras normas e do comprometimento das empresas em transformar regras em práticas cotidianas.

A revisão mostrou que acidentes elétricos continuam associados a falhas de bloqueio, ausência de manutenção, pressa na execução e deficiências de comunicação entre equipes. Esses fatores se repetem em contextos distintos, desde cabines primárias até grandes projetos de construção industrial. A recorrência desses problemas evidencia que a simples existência de normas não é suficiente para a proteção do trabalhador. É necessário consolidar uma cultura organizacional que valorize a prevenção, reconheça a importância da gestão de riscos e integre segurança à estratégia produtiva.

Outro ponto relevante identificado foi a importância da capacitação contínua. Os estudos indicam que treinamentos convencionais, baseados apenas em exposições teóricas, são pouco eficazes. O uso de metodologias ativas, simulações realistas e tecnologias digitais, como realidade aumentada, mostrou-se mais eficiente para promover mudanças de comportamento. A adaptação de treinamentos a diferentes setores, como data centers, energia solar e comunidades carentes, reforça que a segurança elétrica precisa ser contextualizada às especificidades de cada ambiente.

A discussão também evidenciou a relevância da gestão de ativos e da manutenção preventiva. Equipamentos de alta tensão e dispositivos de proteção precisam ser monitorados de forma sistemática para garantir sua confiabilidade. A negligência nesse aspecto amplia a probabilidade de falhas catastróficas, mesmo quando os trabalhadores seguem corretamente os protocolos. Assim, a combinação entre comportamento seguro e confiabilidade técnica forma a base da prevenção efetiva.

Em síntese, a revisão demonstra que a prevenção de acidentes elétricos

depende de um tripé formado por regulamentação, capacitação e cultura organizacional. As normas oferecem o suporte legal e técnico, mas precisam ser implementadas em ambientes que valorizem a segurança como valor estratégico. O investimento em formação e inovação tecnológica amplia a capacidade de antecipar riscos. Finalmente, a construção de uma cultura preventiva sólida garante que a segurança elétrica seja compreendida como responsabilidade coletiva, essencial para proteger vidas e fortalecer a sustentabilidade organizacional.

Como contribuição adicional, destaca-se a relevância da presença do tecnólogo em segurança do trabalho como profissional qualificado para articular esses eixos de forma integrada. Com formação voltada para a aplicação prática de conceitos técnicos aliados à gestão de riscos, o tecnólogo pode atuar como elo entre o campo operacional e as exigências normativas. Sua atuação contribui para uma visão mais sistêmica da segurança elétrica, auxiliando na implementação de treinamentos contextualizados, na análise de risco *in loco*, no uso de tecnologias de monitoramento e na construção de uma cultura de segurança orientada por dados e práticas atualizadas. Trata-se, portanto, de um profissional cuja inserção nas equipes multidisciplinares tende a fortalecer não apenas o cumprimento legal, mas a transformação organizacional necessária para a proteção eficiente em ambientes com energia elétrica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, G. C.; VIANA, H. R. G. Gestão de ativos: uma análise sobre engenharia de segurança de processos. **Revista Contemporânea**, v. 4, n. 11, p. e6654-e6654, 2024. Disponível em:

<https://ojs.revistacontemporanea.com/ojs/index.php/home/article/download/6654/474>

2. Acesso em: 12 jan. 2025.

AMARAL, D. *et al.* Aplicabilidade da NR-10 na Prevenção de Acidentes de Trabalho. **Revista Tecnológica da Universidade Santa Úrsula**, v. 6, n. 2, p. 25-52, 2023.

Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/568219023.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2025.

ANDERSON, R.; MCGAW, S.; PARRA, G. Electrical safety in industrial construction: An analysis of 10 years of incidents in the global engineering, procurement, and construction industry. **IEEE Industry Applications Magazine**, v. 27, n. 3, p. 31-41, 2021. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9360214/>.

Acesso em: 05 mar. 2025.

ARAÚJO, A. C. A.; SANTOS, A. P. Gestão de organizações de segurança pública: uma análise da cultura de segurança. **Revista Brasileira de Segurança Pública**, v. 16, n. 2, p. 182-201, 2022. Disponível em:

<https://revista.forumseguranca.org.br/rbsp/article/download/1359/544>. Acesso em: 18 jan. 2025.

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

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14039**: Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

BARRETO, H. C.; MEIRIÑO, M. J. Análise de melhores práticas para monitoramento da eficácia de medidas de controle de segurança e saúde ocupacional.

**Observatório de la Economía Latinoamericana**, v. 22, n. 5, p. e4562-e4562, 2024. Disponível em:

<https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/download/4562/3047>. Acesso em: 09 mar. 2025.

BARROS, D. M.; NASCIMENTO, E. L. B. Influência de acidentes e catástrofes na evolução da NR-10. **Revista Contemporânea**, v. 4, n. 12, p. e7148-e7148, 2024. Disponível em:

<https://ojs.revistacontemporanea.com/ojs/index.php/home/article/download/7148/5096>. Acesso em: 30 jan. 2025.

BEŚ, P.; STRZAŁKOWSKI, P. Analysis of the effectiveness of safety training methods. **Sustainability**, v. 16, n. 7, p. 2732, 2024. Disponível em:

<https://www.mdpi.com/2071-1050/16/7/2732>. Acesso em: 14 fev. 2025.

BLUME, S. W. **Electric power system basics for the nonelectrical professional**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2025. Disponível em: <https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/oandac/62413/Pages%20from%20Electric%20Power%20Basics.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2025.

BOOPATHI, S. An extensive review on sustainable developments of dry and near-dry electrical discharge machining processes. **Journal of Manufacturing Science and Engineering**, v. 144, n. 5, p. 050801, 2022. Disponível em: <https://asmedigitalcollection.asme.org/manufacturingscience/article-abstract/144/5/050801/1120544>. Acesso em: 21 jan. 2025.

BRASIL, A. S. *et al.* Gestão de Segurança em Alta Tensão—Adequação à NR 10: Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade, do Laboratório de Ensaios em Alta Tensão da UFPA. **Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos - SBSE**, v. 1, n. 1, 2020. Disponível em: <https://www.academia.edu/download/100939447/1733.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2025.

BRASIL. Consolidação das Leis do Trabalho (CLT). **Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943**. Diário Oficial da União, Rio de Janeiro, 1943.

BRASIL. **Lei nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977**. Altera o Capítulo V do Título II da Consolidação das Leis do Trabalho, relativo a segurança e medicina do trabalho. Diário Oficial da União, Brasília, 23 dez. 1977.

BRASIL. **Portaria nº 3.214, de 08 de junho de 1978**. Aprova as Normas Regulamentadoras – NR – do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas à segurança e medicina do trabalho. Diário Oficial da União, Brasília, 06 jul. 1978.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora nº 10** – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. Portaria GM nº 598, de 07 de dezembro de 2004.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora nº 33** – Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados. Portaria MTE nº 202, de 22 de dezembro de 2006.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora nº 12** – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos. Portaria SIT nº 197, de 17 de dezembro de 2010.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora nº 35** – Trabalho em Altura. Portaria MTE nº 313, de 23 de março de 2012.

CAMPOS, M. R. A. *et al.* A andragogia e as metodologias ativas nos treinamentos de capacitação em normas regulamentadoras (NR's). **Revista Uniaraguaia**, p. 120-134, 2021. Disponível em: <https://sipe.uniaraguaia.edu.br/index.php/REVISTAUNIARAGUAIA/article/download/1011/923>. Acesso em: 11 fev. 2025.



CASEY, T. W. *et al.* Shaping frontline practices: a scoping review of human factors implicated in electrical safety incidents. **Safety**, v. 7, n. 4, p. 76, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2313-576X/7/4/76>. Acesso em: 06 fev. 2025.

CHAPIN, N.; HERMAN, S. L. **Delmar's standard textbook of electricity**. Cengage Canada, 2023. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=qky-EAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR15&dq=work,+electricity,+occupational+hazards,+electric+shock,+electric+arc.&ots=O24rR4X52y&sig=XSRqeuhHF4PumoKowHgjlz0pPM>. Acesso em: 17 jan. 2025.

CHAVES, E. C.; OLIVEIRA, R. P. A importância da NR-10 na segurança do trabalho com eletricidade. **International Contemporary Management Review**, v. 5, n. 2, p. e85-e85, 2024. Disponível em: <https://www.icmreview.com/icmr/article/download/85/70>. Acesso em: 02 mar. 2025.

CRUZ, C. H. M. Segurança do Trabalho em Subestações Elétricas: um estudo das normas vigentes com ênfase na Norma Regulamentadora Nº 10 (NR – 10). 2022. 74 f. **Monografia** (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/67613>. Acesso em: 25 jan. 2025.

DIAS, F. C. *et al.* Gestão de canteiro de obras: diretrizes para capacitação na construção civil. **Conhecimento & Diversidade**, v. 14, n. 34, p. 204-220, 2022. Disponível em: [https://revistas.unilasalle.edu.br/index.php/conhecimento\\_diversidade/article/view/10556/pdf](https://revistas.unilasalle.edu.br/index.php/conhecimento_diversidade/article/view/10556/pdf). Acesso em: 19 fev. 2025.

DUARTE, L. R.; MINOTTI, C. Alterações na NR-10 e os serviços com eletricidade. **RECIMA21 – Revista Científica Multidisciplinar**, v. 2, n. 10, p. e210877-e210877, 2021. Disponível em: <https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/download/877/682>. Acesso em: 07 mar. 2025.

FOGARTY, V.; FLUCKER, S. **Data centre essentials: Design, construction, and operation of data centres for the non-expert**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2023. Disponível em: [http://repository.bitscollege.edu.et:8080/bitstream/handle/123456789/706/Data%20Centre%20Essentials%20Design,%20Construction,%20and%20Operation%20of%20Data%20Centres%20for%20the%20Non-expert%20\(Vincent%20Fogarty,%20Sophia%20Flucker\)%20\(Z-Library\).pdf?sequence=1](http://repository.bitscollege.edu.et:8080/bitstream/handle/123456789/706/Data%20Centre%20Essentials%20Design,%20Construction,%20and%20Operation%20of%20Data%20Centres%20for%20the%20Non-expert%20(Vincent%20Fogarty,%20Sophia%20Flucker)%20(Z-Library).pdf?sequence=1). Acesso em: 23 fev. 2025.

FREITAS, C. A. *et al.* A evolução da segurança no trabalho aplicada na manutenção industrial 4.0. **REMIPE – Revista de Micro e Pequenas Empresas e Empreendedorismo da Fatec Osasco**, v. 6, n. 2, p. 229-251, 2020. Disponível em: <https://www.remipe.fatecosasco.edu.br/index.php/remipe/article/download/289/207>. Acesso em: 13 jan. 2025.

GAMMON, T.; JAMIL, S. The disconnect between electrical safety and accident

prevention: Protecting workers from arc flash and other hazards. **IEEE Industry Applications Magazine**, v. 26, n. 3, p. 48-55, 2020. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9000544/>. Acesso em: 01 fev. 2025.

GODOY, T. V. T.; SILVA, L. O. Segurança do trabalho na construção civil: o impacto dos acidentes de trabalho. **Revista Filosofia Capital**, v. 20, n. 26, p. e555-e555, 2024. Disponível em: <https://filosofiacapital.org/index.php/filosofiacapital/article/download/555/471>. Acesso em: 10 mar. 2025.

HARA, M. S. *et al.* Diagnóstico e sugestão para adequação de instalações elétricas visando a segurança de edificações em comunidades carentes. **Brazilian Journal of Development**, v. 10, n. 6, p. e70721-e70721, 2024. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/download/70721/49769>. Acesso em: 15 jan. 2025.

IEC. INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **IEC 60364: Low-voltage electrical installations**. Geneva: IEC, 2018.

JACKSON, S. Hazard identification and barrier implementation: Corrective action for a serious electrical contact incident. **IEEE Industry Applications Magazine**, v. 26, n. 4, p. 44-53, 2020. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9085921/>. Acesso em: 28 fev. 2025.

JERÔNIMO, C. E. M.; TOMASONI, E. Método de pesquisa para avaliação da cultura de segurança de processos (SEPRO) na cadeia do petróleo e gás. **Revista Delos**, v. 17, n. 62, p. e3125-e3125, 2024. Disponível em: <https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/delos/article/download/3125/1797>. Acesso em: 04 mar. 2025.

JÚNIOR, A. H. C.; FONSECA, G. G.; FERREIRA, A. F. Procedimento de segurança do trabalho em espaços confinados: riscos elétricos. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 11, n. 7, p. 1876-1886, 2025. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/download/20358/12287>. Acesso em: 26 jan. 2025.

KOROLEV, I. V. *et al.* Information technologies in the training of qualified personnel to ensure the requirements of labor protection in the field of electrical safety. In: **2nd International Conference on Computer Applications for Management and Sustainable Development of Production and Industry (CMSD-II-2022)**. SPIE, 2023. p. 253-259. Disponível em: <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/12564/1256414/Information-technologies-in-the-training-of-qualified-personnel-to-ensure/10.1117/12.2669447.short>. Acesso em: 20 fev. 2025.

MATOS, D. M. C. *et al.* Gestão de treinamento e capacitação de mantenedores ferroviários. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 8, n. 8, p. 814-830, 2022. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/download/6530/2553>. Acesso em: 12 mar. 2025.

MATOS, J. J. W.; OLIVEIRA, R. L. A relevância do engenheiro eletricista e suas atribuições na prevenção de acidentes elétricos. **Arquitetura e Engenharia Civil Contemporânea: inovação, tecnologia e sustentabilidade**, v. 4, p. 9, 2022. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=LhileAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA9&dq=preven%C3%A7%C3%A3o+de+acidentes,+EPI,+EPC,+bloqueio+el%C3%A9trico,+aterramento,+sinaliza%C3%A7%C3%A3o+de+risco.&ots=qvZ5axEiMf&sig=3Zv2OigbG7k6QT-PLfS0sjqPwx4>. Acesso em: 08 fev. 2025.

MATTZA, A. C. A. O papel da segurança do trabalho na área de eletricidade. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 10, n. 8, p. 938-960, 2024. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/download/15154/7914>. Acesso em: 22 fev. 2025.

MELO, F. V. S. T.; SANTOS, C. L.; CONCEIÇÃO, V. S. Adicional de periculosidade: critérios para os profissionais que trabalham nas proximidades do sistema elétrico de potência. **Publicatio UEPG: Ciências Sociais Aplicadas**, v. 29, p. 13-13, 2021. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/sociais/article/download/16824/209209214211/>. Acesso em: 14 jan. 2025.

MEMARIAN, B. *et al.* High-Risk Electrical Tasks & Contributing Work Factors. **Professional Safety**, v. 67, n. 08, p. 14-20, 2022. Disponível em: <https://onepetro.org/PS/article-abstract/67/08/14/495101>. Acesso em: 09 jan. 2025.

NICHOLS, M. R. Essentials of arc flash training: How to create an effective program. **Industrial Safety & Hygiene News**, v. 54, n. 2, p. 13-14, 2020. Disponível em: <https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE%7CA630334046&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=87552566&p=HRCA&sw=w>. Acesso em: 20 fev. 2025.

RIBEIRO, V. S.; OLIVEIRA, D. M.; FERREIRA, A. F. Análise crítica de acidente elétrico em cabine primária: contribuições para a cultura de segurança. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 11, n. 8, p. 287-304, 2025. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/download/20536/12422>. Acesso em: 05 mar. 2025.

RODRIGUES, W. *et al.* Implantação da NR-10 com o uso de ferramentas de gestão. **Revista Semiárido De Visu**, v. 12, n. 3, p. 1654-1669, 2024. Disponível em: <https://semiaridodevisu.ifsertaope.edu.br/index.php/rsdv/article/download/881/629>. Acesso em: 16 fev. 2025.

RODRIGUES, Y.; NETO, A. P. N. Segurança em instalações elétricas. **RECIMA21 – Revista Científica Multidisciplinar**, v. 1, n. 1, p. e11823-e11823, 2021. Disponível em: <https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/download/823/632>. Acesso em: 29 jan. 2025.

SANTANA, R. N. M.; ALVES, R. B.; PINHEIRO, É. C. N. M. A segurança do trabalho na instalação e manutenção elétrica de baixa tensão: estudo de caso: Occupational

safety in low voltage electrical installation and maintenance: a case study. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 12, p. 79992-80004, 2022. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/download/55570/40896>. Acesso em: 18 mar. 2025.

SANTOS, M. K. J.; FIGUEIRA, R. G.; FLORIAN, F. Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR) em instalações elétricas e serviços com eletricidade. **RECIMA21 – Revista Científica Multidisciplinar**, v. 4, n. 1, p. e414515-e414515, 2023. Disponível em: <https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/download/4515/3064>. Acesso em: 22 jan. 2025.

SILVA, D. F.; CAMPOS, N. G. Indicadores de desempenho do sistema de gestão de segurança e saúde ocupacional: estudo de caso. 2022. 25 f. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Aparecida de Goiânia, 2022. Disponível em: <http://repositorio.ifg.edu.br:8080/handle/prefix/1661>. Acesso em: 11 fev. 2025.

SILVA, M. O. Segurança do trabalho com a instalação e manutenção de módulos fotovoltaicos. 2022. 154 f. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação em Engenharia Elétrica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Itumbiara, 2023. Disponível em: <http://repositorio.ifg.edu.br:8080/handle/prefix/1614>. Acesso em: 03 mar. 2025.

TRENTIN, L. Práticas de gestão de pessoas na cultura de segurança. **Exacta**, v. 20, n. 4, p. 969-995, 2022. Disponível em: <https://uninove.emnuvens.com.br/exacta/article/download/18716/9087>. Acesso em: 27 jan. 2025.



|                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------|
| <b>INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA</b> |
| Campus Patos - Código INEP: 25281925                                  |
| Br 110, S/N, Alto da Tubiba, CEP 58700-000, Patos (PB)                |
| CNPJ: 10.783.898/0006-80 - Telefone: None                             |

## Documento Digitalizado Restrito

### TCC

|                             |                                                      |
|-----------------------------|------------------------------------------------------|
| <b>Assunto:</b>             | TCC                                                  |
| <b>Assinado por:</b>        | Renan Nobrega                                        |
| <b>Tipo do Documento:</b>   | Anexo                                                |
| <b>Situação:</b>            | Finalizado                                           |
| <b>Nível de Acesso:</b>     | Restrito                                             |
| <b>Hipótese Legal:</b>      | Direito Autoral (Art. 24, III, da Lei no 9.610/1998) |
| <b>Tipo do Conferência:</b> | Cópia Simples                                        |

Documento assinado eletronicamente por:

- José Renan Alexandre da Nóbrega, ALUNO (202026010012) DE TECNOLOGIA EM SEGURANÇA NO TRABALHO - PATOS, em 19/03/2026 09:05:04.

Este documento foi armazenado no SUAP em 19/03/2026. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1808270

Código de Autenticação: 62fc83f7c6

