

# Estudo de Energia Incidente e Risco de Arco Elétrico

Service Overview

O **estudo de energia incidente e risco de arco elétrico** determina a severidade térmica potencial de um arco nos pontos relevantes da instalação, estabelece distâncias de segurança, subsidia a seleção de medidas de engenharia e fornece os dados necessários para sinalização, procedimentos e especificação de equipamentos de proteção.

O estudo não se resume à emissão de etiquetas para quadros e painéis. O resultado depende da representação correta do sistema elétrico, dos cenários operacionais, das correntes de curto-circuito, da resposta dos dispositivos de proteção, das dimensões e configurações dos equipamentos, das distâncias de trabalho e das tarefas efetivamente realizadas.

Uma corrente de falta maior nem sempre produz a maior energia incidente. Correntes de arco menores podem retardar a atuação da proteção e aumentar o tempo de exposição. Por isso, a análise precisa avaliar diferentes cenários e confrontar corrente, tempo de eliminação, geometria do equipamento e distância de trabalho antes de definir o pior caso.

A ABNT NBR 17227 estabelece uma metodologia brasileira para gerenciamento do risco de energia incidente, apoiada em modelos reconhecidos internacionalmente. O conteúdo sobre [cálculo de energia incidente conforme a NBR 17227](#) detalha essa base técnica. A nova redação da NR-10 também incorpora expressamente o risco de arco elétrico ao gerenciamento de riscos ocupacionais, tema integrado à solução de [Segurança Elétrica e Adequação à NR-10](#).

## OBJETIVOS

O estudo tem como objetivo estimar a energia térmica que pode atingir o trabalhador em determinada distância de trabalho durante um arco elétrico, identificar a distância-limite de aproximação, avaliar a influência dos tempos de atuação das proteções e estabelecer medidas para redução da exposição.

Também busca integrar o resultado à gestão da instalação. O valor calculado deve alimentar análises de risco, procedimentos, permissões de trabalho, definição de distâncias, critérios de operação, sinalização, especificação de EPI, planejamento de manutenção e decisões de engenharia destinadas à mitigação do perigo.

Em instalações existentes, o estudo permite identificar pontos em que a energia incidente é incompatível com as tarefas previstas ou com os recursos disponíveis. Nesses casos, a solução não deve ser limitada à escolha de vestimentas mais pesadas. Devem ser avaliados ajustes de proteção, intertravamentos, operação remota, redução do tempo de eliminação, alteração da arquitetura, substituição de equipamentos e revisão dos métodos de trabalho.

## ESCOPO DE ATUAÇÃO

### LEVANTAMENTO DOS DADOS DO SISTEMA E DA INSTALAÇÃO

A primeira etapa é reunir os documentos e dados que representam a instalação. Diagramas unifilares, projetos, listas de cabos, dados da concessionária, transformadores, geradores, motores, nobreaks, relés, disjuntores, fusíveis, QGBT, CCM, painéis e equipamentos de média tensão precisam ser confrontados com a condição instalada.

O levantamento de campo verifica placas, modelos, unidades de disparo, ajustes, dimensões dos invólucros, configuração dos barramentos, distância entre condutores, acessos, distância de trabalho e condições de operação. Divergências entre documentação e campo são registradas e tratadas como limitações do modelo ou como pendências de atualização.

A qualidade do cálculo depende diretamente desses dados. Informações genéricas, ajustes presumidos ou diagramas desatualizados podem alterar significativamente o tempo de eliminação e, conseqüentemente, o valor de energia incidente. O relatório deve distinguir dados confirmados, dados fornecidos por terceiros e premissas adotadas.

### DEFINIÇÃO DOS CENÁRIOS OPERACIONAIS

A análise precisa representar os modos de operação tecnicamente possíveis. Alimentação exclusiva pela concessionária, operação com gerador, paralelismo de fontes, acoplamento de barramentos aberto ou fechado, transformadores em paralelo, sistema em ilha, motores conectados ou desligados e condições de manutenção podem produzir resultados diferentes.

Em sistemas com geração própria, a contribuição para a falta varia ao longo do tempo. O cenário alimentado apenas pelo gerador pode apresentar corrente menor, mas tempo de eliminação maior. Já a operação em paralelo pode elevar a corrente e modificar a resposta dos dispositivos. Ambos precisam ser avaliados antes de definir o pior caso.

Quando há mais de uma fonte conectada à mesma barra, a energia incidente deve considerar as contribuições e os tempos de eliminação correspondentes. Uma análise baseada apenas na fonte principal pode subestimar a exposição em determinadas configurações.

### INTEGRAÇÃO COM O ESTUDO DE CURTO-CIRCUITO E COORDENAÇÃO

O cálculo de energia incidente utiliza resultados do estudo de curto-circuito, mas não o substitui. Primeiro é necessário determinar as correntes de falta franca nos pontos analisados, modelar as impedâncias e verificar os dispositivos. Em seguida, calcula-se a corrente de arco e identifica-se o tempo correspondente nas curvas ou funções de proteção.

A corrente de arco pode ser menor que a corrente de curto-circuito franco. Essa redução pode deslocar a atuação do disjuntor ou relé para uma região temporizada. Por esse motivo, o estudo precisa considerar tanto a corrente de arco média quanto condições reduzidas previstas pela metodologia aplicável.

Seletividade e energia incidente podem entrar em conflito. Um retardo intencional aplicado ao disjuntor a montante preserva a continuidade dos circuitos a jusante, mas pode elevar a energia liberada em uma falta no barramento principal. A decisão deve equilibrar continuidade operacional, suportabilidade dos equipamentos e segurança das pessoas.

**O estudo de energia incidente depende de um modelo de curto-circuito e proteção tecnicamente consistente.**

Etiquetas calculadas sem validar fontes, impedâncias, ajustes e cenários podem representar uma condição que não existe mais ou deixar de considerar o pior caso operacional.

[Ver escopo do Estudo de Curto-Circuito, Seletividade e Coordenação](#)

## CARACTERIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS E DAS DISTÂNCIAS DE TRABALHO

O comportamento do arco depende da configuração física do equipamento. Painéis de baixa tensão, CCM, conjuntos de média tensão, caixas, barramentos abertos, transformadores, inversores, retificadores e bancos de baterias apresentam geometrias e condições de confinamento diferentes.

As dimensões do invólucro e a disposição dos eletrodos influenciam a direção e a concentração da energia. Um arco confinado pode direcionar calor e pressão para a abertura do compartimento. A análise deve utilizar a configuração correspondente ao equipamento real, evitando classificar todos os painéis por um único padrão genérico.

A distância de trabalho representa a posição da face e do tórax em relação à fonte potencial do arco durante a tarefa. Ela não deve ser escolhida apenas por conveniência de cálculo. Precisa refletir manobras, medições, abertura de compartimentos, inspeções e intervenções previsíveis. Partes do corpo mais próximas, como as mãos, podem receber

exposição superior à calculada para o tronco.

## CÁLCULO E AVALIAÇÃO DA ENERGIA INCIDENTE

A metodologia considera tensão, corrente de falta, corrente de arco, tempo de eliminação, distância entre condutores, configuração dos eletrodos, dimensões do invólucro e distância de trabalho. O objetivo não é produzir apenas um valor final, mas demonstrar a cadeia de premissas que conduziu ao resultado.

Para sistemas trifásicos em corrente alternada entre 208 V e 15 kV, a ABNT NBR 17227 apresenta o processo baseado nos modelos da IEEE 1584. A norma também fornece orientações para tensões superiores e métodos para sistemas em corrente contínua até os limites indicados, sempre respeitando o campo de validade de cada abordagem.

Em corrente contínua, a ausência de passagem natural da corrente por zero pode prolongar a duração do arco. Bancos de baterias, retificadores, sistemas fotovoltaicos, painéis de corrente contínua e nobreaks exigem atenção específica à fonte, à resistência do circuito, à configuração aberta ou fechada e ao tempo de interrupção.

## DISTÂNCIA-LIMITE E RELAÇÃO COM AS ZONAS DA NR-10

A distância-limite de aproximação ao arco corresponde à distância em que a energia incidente estimada atinge o limiar térmico adotado pela metodologia. Ela não é equivalente às zonas de risco e controlada associadas ao choque elétrico. As duas avaliações precisam coexistir.

Uma tarefa pode ocorrer fora da zona controlada e ainda apresentar exposição ao arco elétrico. A nova NR-10 torna explícita essa situação. O planejamento do trabalho deve considerar simultaneamente aproximação a partes energizadas, possibilidade de ocorrência do arco, direção da energia, distância de trabalho e presença de outras pessoas no ambiente.

## MEDIDAS DE ENGENHARIA E MITIGAÇÃO DO RISCO

O cálculo identifica a severidade, mas a engenharia precisa atuar sobre o perigo. As medidas podem incluir redução dos tempos de atuação, revisão da função instantânea, intertravamento seletivo por zona, relés de detecção de arco, dispositivos ultrarrápidos, limitação de corrente, operação remota, aumento da distância, compartimentação, painéis resistentes ao arco e alteração dos modos operacionais.

Em instalações existentes, nem todas as intervenções são imediatamente viáveis. O relatório pode estruturar medidas em etapas: controles emergenciais, revisão de procedimentos, restrições temporárias, mudanças de ajuste, substituições programadas, retrofit de painéis e modificações de arquitetura.

Qualquer redução declarada precisa ser implementada e verificada antes de atualizar etiquetas ou procedimentos. Uma função de manutenção com ajuste reduzido, por exemplo, só pode ser considerada quando seu acionamento, supervisão e retorno ao estado normal estiverem definidos e controlados.

## SELEÇÃO DE EPI COMO PROTEÇÃO RESIDUAL

O EPI é a última barreira da hierarquia de controles. A seleção deve ocorrer depois de avaliar desenergização, substituição, medidas de engenharia e controles administrativos. A resistência ao arco das vestimentas, protetores faciais, capuzes e proteção das mãos deve ser compatível com a energia incidente estimada e com a tarefa.

ATPV, EBT e ELIM são parâmetros de desempenho obtidos em ensaios e não devem ser interpretados como garantia absoluta contra qualquer consequência. A escolha também precisa considerar cobertura corporal, compatibilidade entre peças, conforto, mobilidade, conservação, lavagem, vida útil e uso conjunto com outros EPI.

Sobrepor peças não significa somar automaticamente seus valores de proteção. O desempenho do conjunto precisa possuir comprovação adequada. A proteção das mãos, da face e da cabeça merece análise própria porque essas partes podem estar mais próximas da fonte do arco do que a distância utilizada no cálculo para o tronco.

## ETIQUETAGEM E SINALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

As etiquetas devem resultar do estudo e corresponder ao equipamento identificado. Entre as informações técnicas estão perigo de arco elétrico, energia incidente, distância de trabalho, limite de aproximação, TAG, tensão e proteção aplicável. O conteúdo precisa estar relacionado ao memorial de cálculo arquivado na documentação da instalação.

A etiqueta não substitui análise de risco nem autoriza automaticamente qualquer intervenção. Ela comunica uma condição estudada e precisa ser interpretada juntamente com o procedimento, o modo de operação e a tarefa. Salas elétricas, galerias e pátios de subestações também podem exigir sinalização consolidada para acesso.

Alterações de ajustes, fontes, transformadores, cabos, painéis ou topologia podem invalidar os valores. A identificação deve corresponder ao último estudo vigente e só pode

refletir medidas de mitigação depois que elas forem efetivamente implantadas e verificadas.

**Etiqueta é consequência do estudo, não o produto principal.**

O valor indicado precisa estar conectado a um modelo rastreável, ao cenário de pior caso, aos ajustes reais e a um programa de redução do risco de arco elétrico.

[Consultar a metodologia de cálculo de energia incidente](#)

## GESTÃO E REVISÃO DO ESTUDO

O estudo deve ser administrado como documento vivo da instalação. Mudanças em fontes, potência de transformadores, geradores, motores, cabos, acoplamentos, dispositivos, ajustes ou modos de operação precisam ser avaliadas antes de manter os resultados anteriores.

Também devem ser considerados eventos, falhas, atuações de proteção, reformas, ampliações e mudanças nas tarefas. A revisão não deve ocorrer apenas por prazo fixo; deve ser acionada por modificações que possam alterar a corrente de arco, o tempo de eliminação, a distância de trabalho ou a probabilidade de exposição.

Os resultados precisam ser vinculados às análises de risco, aos procedimentos, ao prontuário ou sistema documental e ao controle de ajustes. Dessa forma, a organização consegue demonstrar qual versão do estudo está vigente e quais medidas foram implementadas.

## ENTREGÁVEIS

Os entregáveis são definidos conforme a complexidade da instalação, a disponibilidade de dados e a abrangência contratada. O conjunto documental deve permitir compreender o modelo, reproduzir as decisões e manter os resultados atualizados.

EntregávelConteúdo técnicoDiagrama do sistema analisadoFontes, transformadores, geradores, motores, barramentos, cabos, proteções e cenários operacionais.Memória de premissasDados confirmados, valores fornecidos, hipóteses, limitações e critérios adotados.Estudo de curto-circuito associadoCorrentes de falta nos pontos relevantes e dados necessários à análise de arco.Relatório de energia incidenteMetodologia, parâmetros, cenários, resultados, distâncias e conclusões por equipamento.Matriz de pontos analisadosTAG, tensão, tarefa, distância, energia, limite de aproximação e situação de conformidade.Plano de mitigaçãoMedidas de engenharia, ajustes, restrições operacionais e prioridades de implementação.Especificação de sinalizaçãoDados técnicos e modelos de etiquetas vinculados ao relatório vigente.Diretrizes para EPIParâmetros para seleção e compatibilidade, sem substituir a análise ocupacional da organização.Arquivos do modeloArquivos de cálculo e registros de configuração, quando previstos no escopo.

O estudo pode incluir apoio à validação dos ajustes propostos, revisão após comentários de fabricantes, conferência das etiquetas, integração ao PIE e acompanhamento das medidas durante o comissionamento. A aplicação de alterações em relés e disjuntores deve ser executada por pessoal autorizado, registrada e verificada.

## MODELO DE CONTRATAÇÃO

O serviço pode integrar um projeto elétrico novo, uma adequação à NR-10, um estudo de curto-circuito e seletividade ou uma avaliação independente de instalações existentes. Em novos empreendimentos, a análise permite incorporar medidas de redução ainda na especificação dos painéis e sistemas de proteção.

Em instalações existentes, a contratação normalmente inclui levantamento de campo, reconstrução do modelo, confirmação dos ajustes, definição de cenários, cálculo, avaliação das tarefas e elaboração do plano de mitigação. A profundidade do levantamento depende da qualidade da documentação disponível.

Também podem ser contratadas revisões após ampliações, inclusão de geração, substituição de transformadores, alteração de proteção, integração de novas fontes ou mudança dos modos operacionais. Escopos continuados permitem manter o estudo alinhado à gestão de mudanças da instalação.

## APLICABILIDADE

O estudo é aplicável a instalações industriais, hospitais, laboratórios, centros logísticos, data centers, edifícios corporativos, universidades, subestações, usinas, sistemas de geração, instalações fotovoltaicas, bancos de baterias e ambientes com manobras ou intervenções em equipamentos elétricos.

Entre os equipamentos avaliáveis estão QGBT, CCM, quadros, painéis de comando, conjuntos de média tensão, transformadores, geradores, inversores, retificadores, motores, capacitores, barramentos e sistemas em corrente contínua, observados os limites da metodologia selecionada.

## QUANDO PRIORIZAR O ESTUDO

A prioridade é elevada quando há trabalho energizado ou em proximidade, manobras frequentes, múltiplas fontes, sistemas com elevada corrente de falta, proteções temporizadas, painéis antigos, ausência de operação remota, alterações sem revisão de projeto ou falta de critérios técnicos para seleção de EPI.

A nova NR-10 reforça a necessidade de considerar o estudo no projeto e exige medidas coletivas contra os efeitos do arco. Durante a transição para sua entrada em vigor, organizações com instalações críticas podem utilizar o diagnóstico para definir quais dados, estudos, modificações e treinamentos precisam ser atualizados.

O resultado esperado é uma instalação em que o risco de arco elétrico seja conhecido, comunicado e reduzido por medidas verificáveis. O valor de energia incidente passa a apoiar decisões de engenharia e operação, em vez de permanecer limitado a uma etiqueta fixada no equipamento.

### **Defina o escopo do estudo a partir da topologia e dos modos operacionais da instalação.**

A A3A Engenharia pode estruturar o levantamento, a modelagem elétrica, os cenários, os cálculos, o plano de mitigação e a documentação necessária para gestão do risco de arco elétrico.

[Solicitar proposta técnica](#)

## Sobre a A3A Engenharia de Sistemas

Com 30 anos de história, a A3A Engenharia de Sistemas se consolidou como referência em serviços de Engenharia, oferecendo soluções integradas de Telecomunicações, Segurança Eletrônica, Segurança Digital e Instalações Elétricas.

A empresa atua em todas as etapas do ciclo de Engenharia, desde a elaboração de projetos e consultoria técnica até a implantação, manutenção e retrofit de sistemas, sempre em conformidade com as normas técnicas e melhores práticas do setor.