

NBR 14039:2003

EDIÇÃO COMENTADA

Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV

• Entrar na Norma Comentada

• Sobre a Norma Comentada

Créditos

·

·

·

·

·

·

·

·

·

·

·

·

·

·

·

·

·

·

·

·

·

·

·

· Publicação da Norma NBR 14039:2003
ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

· Comentários da Norma
Professor João Cunha

· Revisão, edição e programação
Target Engenharia e Consultoria

www.target.com.br

target@target.com.br



ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA
DE NORMAS
TÉCNICAS



Segunda edição
31.05.2005

Válida a partir de
30.06.2005

**Instalações elétricas de média tensão de
1,0 kV a 36,2 kV**



Electrical Installations - Medium voltage

Palavras-chave: Instalação elétrica. Média tensão.
Descriptors: Electrical installation. Medium voltage.

ICS 26.020; 29.080.01



ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA
DE NORMAS
TÉCNICAS

Número de referência
ABNT NBR 14039:2005
87 páginas

© ABNT 2005

Todos os direitos reservados. A menos que especificado de outro modo, nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou por qualquer meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia e microfilme, sem permissão por escrito pela ABNT.

Sede da ABNT

Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar

20003-900 - Rio de Janeiro - RJ

Tel.: + 55 21 3974-2300

Fax: + 55 21 2220-1762

abnt@abnt.org.br

www.abnt.org.br

Impresso no Brasil

Sumário

Página

Prefácio	vi
1 Objetivo	1
2 Referências normativas	2
3 Definições.....	3
4 Princípios fundamentais e determinação das características gerais	4
4.1 Prescrições fundamentais	4
4.1.1 Proteção contra choques elétricos	4
4.1.2 Proteção contra efeitos térmicos	4
4.1.3 Proteção contra sobrecorrentes.....	4
4.1.4 Proteção contra sobretensões	4
4.1.5 Seccionamento e comando	5
4.1.6 Independência da instalação elétrica.....	5
4.1.7 Acessibilidade dos componentes	5
4.1.8 Condições de alimentação	5
4.1.9 Condições de instalação.....	5
4.2 Alimentação e estrutura geral	6
4.2.1 Potência de alimentação.....	6
4.2.2 Limitação das perturbações	6
4.2.3 Esquemas de aterramento.....	6
4.2.4 Alimentação.....	10
4.2.5 Tensão nominal.....	10
4.2.6 Corrente de curto-circuito	10
4.2.7 Frequência nominal	11
4.2.8 Corona	11
4.2.9 Características mecânicas.....	11
4.3 Classificação das influências externas.....	11
4.3.1 Meio ambiente	11
4.3.2 Utilizações	17
4.3.3 Construção das edificações	18
4.4 Manutenção	19
5 Proteção para garantir a segurança.....	19
5.1 Proteção contra choques elétricos	19
5.1.1 Proteção contra contatos diretos.....	19
5.1.2 Proteção contra contatos indiretos.....	24
5.2 Proteção contra efeitos térmicos	27
5.2.1 Generalidades	27
5.2.2 Proteção contra incêndio.....	27
5.2.3 Proteção contra queimaduras	27
5.3 Proteção contra sobrecorrentes.....	28
5.3.1 Proteção geral (subestação de entrada de energia).....	28
5.3.2 Proteção contra correntes de sobrecarga	29
5.3.3 Proteção contra correntes de curto-circuito.....	29
5.3.4 Natureza dos dispositivos de proteção.....	29
5.4 Proteção contra sobretensões	29
5.5 Proteção contra mínima e máxima tensão e falta de fase.....	30
5.6 Proteção contra inversão de fase.....	30
5.7 Proteção das pessoas que trabalham nas instalações elétricas de média tensão.....	30
5.8 Proteção contra fuga de líquido isolante	31
5.9 Proteção contra perigos resultantes de faltas por arco.....	31

6	Seleção e instalação dos componentes.....	32
6.1	Prescrições comuns a todos os componentes da instalação	32
6.1.1	Generalidades	32
6.1.2	Componentes da instalação	32
6.1.3	Condições de serviço e influências externas	32
6.1.4	Acessibilidade.....	38
6.1.5	Identificação dos componentes	38
6.1.6	Independência dos componentes	39
6.1.7	Documentação da instalação	39
6.2	Seleção e instalação das linhas elétricas	40
6.2.1	Generalidades	40
6.2.2	Tipos de linhas elétricas	40
6.2.3	Cabos unipolares e multipolares.....	40
6.2.4	Seleção e instalação em função das influências externas.....	41
6.2.5	Capacidades de condução de corrente.....	45
6.2.6	Correntes de curto-circuito.....	54
6.2.7	Quedas de tensão	54
6.2.8	Conexões.....	56
6.2.9	Condições gerais de instalação	59
6.2.10	Instalações de cabos	60
6.2.11	Prescrições para instalação	60
6.3	Dispositivos de proteção, seccionamento e comando.....	66
6.3.1	Generalidades	66
6.3.2	Prescrições comuns	66
6.3.3	Dispositivos de proteção contra sobrecorrentes	67
6.3.4	Dispositivos de proteção contra mínima tensão e falta de tensão.....	68
6.3.5	Seletividade entre dispositivos de proteção contra sobrecorrentes.....	68
6.3.6	Dispositivos de seccionamento e de comando	68
6.4	Aterramento e condutores de proteção	70
6.4.1	Generalidades	70
6.4.2	Ligações à terra.....	71
6.4.3	Condutores de proteção	73
6.4.4	Condutores de equipotencialidade	75
6.5	Outros equipamentos	76
6.5.1	Transformadores, autotransformadores e bobinas de indutância	76
6.5.2	Transformadores de medição.....	76
7	Verificação final.....	77
7.1	Prescrições gerais	77
7.2	Inspeção visual	77
7.3	Ensaio.....	78
7.3.1	Prescrições gerais	78
7.3.2	Continuidade elétrica dos condutores de proteção e das ligações equipotenciais principal e suplementares.....	78
7.3.3	Resistência de isolamento da instalação.....	78
7.3.4	Ensaio de tensão aplicada.....	79
7.3.5	Ensaio para determinação da resistência de aterramento.....	79
7.3.6	Ensaio recomendados pelos fabricantes dos equipamentos	79
7.3.7	Ensaio de funcionamento	79
8	Manutenção e operação.....	79
8.1	Condições gerais	79
8.2	Manutenção	80
8.2.1	Periodicidade.....	80
8.2.2	Manutenção preventiva.....	80
8.2.3	Manutenção corretiva	81
8.3	Operação	81

9	Subestações.....	81
9.1	Disposições gerais.....	81
9.2	Subestações abrigadas.....	82
9.2.1	Prescrições gerais	82
9.2.2	Instalações na superfície e acima da superfície do solo.....	83
9.2.3	Subestações subterrâneas	83
9.3	Subestações ao tempo	84
9.3.1	Disposições gerais.....	84
9.3.2	Subestações instaladas na superfície do solo	84
9.3.3	Subestações instaladas acima da superfície do solo	85
9.4	Subestação de transformação.....	85
9.5	Subestação de controle e manobra.....	86
Anexo A	(normativo) Duração máxima da tensão de contato presumida	87

Prefácio

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais Temporárias (ABNT/CEET), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

A ABNT NBR 14039 foi elaborada no Comitê Brasileiro de Eletricidade (ABNT/CB-03), pela Comissão de Estudo de Instalações Elétricas de Alta e Média Tensão (CE-03:064.11). O Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 06, de 30.06.2003, com o número de Projeto NBR 14039. Seu 1º Projeto de Emenda circulou em Consulta Pública conforme Edital nº 05, de 31.05.2004.

Esta Norma é baseada na NF C 13-200:1987 e IEC 61936-1:2002.

Esta segunda edição incorpora a Emenda 1 de 31.05.2005 e cancela e substitui a edição anterior (ABNT NBR 14039:2003).

Esta Norma contém o anexo A, de caráter normativo.

Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV

1 Objetivo

1.1 Esta Norma estabelece um sistema para o projeto e execução de instalações elétricas de média tensão, com tensão nominal de 1,0 kV a 36,2 kV, à frequência industrial, de modo a garantir segurança e continuidade de serviço.

1.2 Esta Norma aplica-se a partir de instalações alimentadas pelo concessionário, o que corresponde ao ponto de entrega definido através da legislação vigente emanada da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Esta Norma também se aplica a instalações alimentadas por fonte própria de energia em média tensão.

1.3 Esta Norma abrange as instalações de geração, distribuição e utilização de energia elétrica, sem prejuízo das disposições particulares relativas aos locais e condições especiais de utilização constantes nas respectivas normas. As instalações especiais, tais como marítimas, de tração elétrica, de usinas, pedreiras, luminosas com gases (neônio e semelhantes), devem obedecer, além desta Norma, às normas específicas aplicáveis em cada caso.

1.4 As prescrições desta Norma constituem as exigências mínimas a que devem obedecer as instalações elétricas às quais se refere, para que não venham, por suas deficiências, prejudicar e perturbar as instalações vizinhas ou causar danos a pessoas e animais e à conservação dos bens e do meio ambiente.

1.5 Esta Norma aplica-se às instalações novas, às reformas em instalações existentes e às instalações de caráter permanente ou temporário.

NOTA Modificações destinadas a, por exemplo, acomodar novos equipamentos ou substituir os existentes não implicam necessariamente reforma total da instalação.

1.6 Os componentes da instalação são considerados apenas no que concerne à sua seleção e às suas condições de instalação. Isto é igualmente válido para conjuntos pré-fabricados de componentes que tenham sido submetidos aos ensaios de tipo aplicáveis.

1.7 A aplicação desta Norma não dispensa o respeito aos regulamentos de órgãos públicos aos quais a instalação deva satisfazer. Em particular, no trecho entre o ponto de entrega e a origem da instalação, pode ser necessário, além das prescrições desta Norma, o atendimento das normas e/ou padrões do concessionário quanto à conformidade dos valores de graduação (sobrecorrentes temporizadas e instantâneas de fase/neutro) e capacidade de interrupção da potência de curto-circuito.

NOTA A Resolução 456:2000 da ANEEL define que ponto de entrega é ponto de conexão do sistema elétrico da concessionária com as instalações elétricas da unidade consumidora, caracterizando-se como o limite de responsabilidade do fornecimento.

1.8 Esta Norma não se aplica:

- a) às instalações elétricas de concessionários dos serviços de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, no exercício de suas funções em serviço de utilidade pública;
- b) às instalações de cercas eletrificadas;
- c) trabalhos com circuitos energizados.

2 Referências normativas

As normas relacionadas a seguir contêm disposições que, ao serem citadas neste texto, constituem prescrições para esta Norma. As edições indicadas estavam em vigor no momento desta publicação. Como toda norma está sujeita a revisão, recomenda-se àqueles que realizam acordos com base nesta que verifiquem a conveniência de se usarem as edições mais recentes das normas citadas a seguir. A ABNT possui a informação das normas em vigor em um dado momento.

ABNT NBR 5410:1997 - Instalações elétricas de baixa tensão

ABNT NBR 5413:1992 - Iluminância de interiores - Procedimento

ABNT NBR 5433:1982 - Redes de distribuição aérea rural de energia elétrica - Padronização

ABNT NBR 5434:1982 - Redes de distribuição aérea urbana de energia elétrica - Padronização

ABNT NBR 5460:1992 - Sistemas elétricos de potência - Terminologia

ABNT NBR 5463:1992 - Tarifas e mercado de energia elétrica - Terminologia

ABNT NBR 6146:1980 - Invólucros de equipamentos elétricos - Proteção - Especificação

ABNT NBR 6251:2000 - Cabos de potência com isolamento extrudada para tensões de 1 kV a 35 kV - Requisitos construtivos

ABNT NBR 6979:1998 - Conjunto de manobra e controle em invólucro metálico para tensões acima de 1 kV até 36,2 kV - Especificação

ABNT NBR 7282:1989 - Dispositivos fusíveis tipo expulsão - Especificação

ABNT NBR 8451:1998 - Postes de concreto armado para redes de distribuição de energia elétrica - Especificação

ABNT NBR 8453:1984 - Cruzeta de concreto armado para redes de distribuição de energia elétrica - Especificação

ABNT NBR 8456:1984 - Postes de eucalipto preservado para redes de distribuição de energia elétrica - Especificação

ABNT NBR 8458:1984 - Cruzetas de madeira para redes de distribuição de energia elétrica - Especificação

ABNT NBR 8669:1984 - Dispositivos fusíveis limitadores de corrente - Especificação

ABNT NBR 9511:1997 - Cabos elétricos - Raios mínimos de curvatura para instalação e diâmetros mínimos de núcleos de carretéis para acondicionamento

ABNT NBR 10478:1988 - Cláusulas comuns a equipamentos elétricos de manobra de tensão nominal acima de 1 kV - Especificação

ABNT NBR 11301:1990 - Cálculo da capacidade de condução de corrente de cabos isolados em regime permanente (fator de carga 100%) - Procedimento

ABNT NBR IEC 60050 (826):1997 - Vocabulário eletrotécnico internacional - Capítulo 826: Instalações elétricas em edificações

IEC 60038:2002 - IEC standards voltages

IEC 60909-0:2001 - Short-circuit currents in three-phase a.c. systems - Part 0: Calculation of currents

IEC 60949:1988 - Calculation of thermally permissible short-circuit currents, taking into account non-diabatic heating effects

IEC-CISPR 18-1:1982 - Radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment - Part 1: Description of phenomena

IEC-CISPR 18-2:1996 - Radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment - Part 2: Methods of measurement and procedure for determining limits

IEC-CISPR 18-3:1996 - Radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment - Part 3: Code of practice for minimizing the generation of radio noise

3 Definições

Para os efeitos desta Norma, aplicam-se as definições das ABNT NBR 5460, ABNT NBR 5463 e ABNT NBR IEC 60050 (826), e as seguintes:

3.1 barramento blindado: Componente da instalação constituído de condutor rígido, sustentado por isoladores e protegido por invólucro metálico ou material com resistência equivalente.

3.2 cabos aéreos isolados: Cabos que, com isolação adequada, não estando em contato com o solo nem instalados em eletrodutos ou canaletas, permanecem em contato direto com o ambiente. Podem ser auto-sustentados e não auto-sustentados.

3.3 cabos auto-sustentados: Cabos aéreos que, devido à sua construção, resistem a todos os esforços mecânicos decorrentes de sua instalação, sem o emprego de dispositivos suplementares de sustentação.

3.4 cabos não auto-sustentados: Cabos aéreos que exigem dispositivos auxiliares para a sua sustentação e para resistir aos esforços decorrentes de sua instalação.

3.5 origem da instalação

3.5.1 Nas instalações alimentadas diretamente por rede de distribuição pública em média tensão corresponde aos terminais de saída do dispositivo geral de comando e proteção; no caso excepcional em que tal dispositivo se encontre antes da medição, a origem corresponde aos terminais de saída do transformador de instrumento de medição.

3.5.2 Nas instalações alimentadas por subestação de transformação, corresponde aos terminais de saída do transformador; se a subestação possuir vários transformadores não ligados em paralelo, a cada transformador corresponde uma origem, havendo tantas instalações quantos forem os transformadores.

3.5.3 Nas instalações alimentadas por fonte própria de energia em baixa tensão, a origem é considerada de forma a incluir a fonte como parte da instalação.

3.6 subestação de entrada de energia: Subestação que é alimentada pela rede de distribuição de energia do concessionário e que contém o ponto de entrega e a origem da instalação.

3.7 subestação transformadora: Subestação que alimenta um ou mais transformadores conectados a equipamentos diversos.

3.8 subestação unitária: Subestação que possui e, ou alimenta apenas um transformador de potência.

4 Princípios fundamentais e determinação das características gerais

As instalações e equipamentos devem ser capazes de suportar as influências ambientais, elétricas, mecânicas e climáticas previstas para o local de instalação.

4.1 Prescrições fundamentais

Em 4.1.1 a 4.1.11 são indicadas prescrições fundamentais destinadas a garantir a segurança de pessoas, e de animais e a conservação dos bens e do meio ambiente contra os perigos e danos que possam resultar da utilização das instalações elétricas, em condições que possam ser previstas.



4.1.1 Proteção contra choques elétricos

4.1.1.1 Proteção contra contatos diretos

As pessoas e os animais devem ser protegidos contra os perigos que possam resultar de um contato com partes vivas da instalação.

4.1.1.2 Proteção contra contatos indiretos

As pessoas e os animais devem ser protegidos contra os perigos que possam resultar de um contato com massas colocadas acidentalmente sob tensão.

4.1.2 Proteção contra efeitos térmicos

A instalação elétrica deve estar disposta de maneira a excluir qualquer risco de incêndio de materiais inflamáveis devido a temperaturas elevadas ou arcos elétricos. Além disso, em serviço normal, as pessoas e os animais não devem correr riscos de queimaduras.

4.1.3 Proteção contra sobrecorrentes

4.1.3.1 Proteção contra correntes de sobrecarga

Todo circuito deve ser protegido por dispositivos que interrompam a corrente nesse circuito quando esta, em pelo menos um de seus condutores, ultrapassar o valor da capacidade de condução de corrente nominal e, em caso de passagem prolongada, possa provocar uma deterioração da instalação.

4.1.3.2 Proteção contra correntes de curto-circuito

Todo circuito deve ser protegido por dispositivos que interrompam a corrente nesse circuito quando pelo menos um de seus condutores for percorrido por uma corrente de curto-circuito, devendo a interrupção ocorrer num tempo suficientemente curto para evitar a deterioração da instalação.

4.1.4 Proteção contra sobretensões

As pessoas, os animais e os bens devem ser protegidos contra as conseqüências prejudiciais devidas a uma falta elétrica entre partes vivas de circuitos com tensões nominais diferentes e a outras causas que possam resultar em sobretensões (fenômenos atmosféricos, sobretensões de manobra etc.).

4.1.5 Seccionamento e comando

4.1.5.1 Dispositivos de parada de emergência

Se for necessário, em caso de perigo, desenergizar um circuito, deve ser instalado um dispositivo de desligamento de emergência, facilmente identificável e rapidamente manobrável.

4.1.5.2 Dispositivos de seccionamento

Devem ser previstos meios para permitir o seccionamento adequado da instalação elétrica, dos circuitos ou dos equipamentos individuais, para manutenção, verificação, localização de defeitos e reparos.

4.1.6 Independência da instalação elétrica

A instalação elétrica deve ser disposta de modo a excluir qualquer influência danosa entre a instalação elétrica e as instalações não elétricas.

4.1.7 Acessibilidade dos componentes

Os componentes da instalação elétrica devem ser dispostos de modo a permitir:

- a) espaço suficiente para a instalação inicial e eventual substituição posterior dos componentes individuais;
- b) acessibilidade para fins de serviço, verificação, manutenção e reparos.

4.1.8 Condições de alimentação

As características dos componentes devem ser adequadas às condições de alimentação da instalação elétrica na qual sejam utilizados.

4.1.9 Condições de instalação

Qualquer componente deve possuir, por construção, características adequadas ao local onde é instalado, que lhe permitam suportar as solicitações a que possa ser submetido. Se, no entanto, um componente não apresentar, por construção, as características adequadas, ele pode ser utilizado sempre que provido de uma proteção complementar apropriada, quando da execução da instalação.

4.1.10 O projeto, a execução, a verificação e a manutenção das instalações elétricas só devem ser confiados a pessoas qualificadas a conceber e executar os trabalhos em conformidade com esta Norma.

4.1.11 Devem ser determinadas as seguintes características da instalação, em conformidade com o indicado a seguir:

- a) utilização prevista, alimentação e estrutura geral (ver 4.2);
- b) influências externas às quais está submetida (ver 4.3);
- c) manutenção (ver 4.4).

Essas características devem ser consideradas na escolha das medidas de proteção para garantir a segurança (ver seção 5) e na seleção e instalação dos componentes (ver seção 6).

4.2 Alimentação e estrutura geral

4.2.1 Potência de alimentação

4.2.1.1 Generalidades

A determinação da potência de alimentação é essencial para a concepção econômica e segura de uma instalação nos limites adequados de temperatura e de queda de tensão.

Na determinação da potência de alimentação de uma instalação ou de parte de uma instalação, devem-se prever os equipamentos a serem instalados, com suas respectivas potências nominais e, após isso, considerar as possibilidades de não simultaneidade de funcionamento destes equipamentos, bem como capacidade de reserva para futuras ampliações.

4.2.1.2 Previsão de carga

A previsão de carga de uma instalação deve ser feita obedecendo-se às prescrições citadas a seguir:

- a) a carga a considerar para um equipamento de utilização é a sua potência nominal absorvida, dada pelo fabricante ou calculada a partir da tensão nominal, da corrente nominal e do fator de potência;
- b) nos casos em que for dada a potência nominal fornecida pelo equipamento (potência de saída), e não a absorvida, devem ser considerados o rendimento e o fator de potência.

4.2.2 Limitação das perturbações

As instalações ligadas a uma rede de distribuição pública não devem prejudicar o funcionamento desta distribuição em serviço normal, da mesma forma que os aparelhos que fazem parte da instalação, quando em operação, não devem causar perturbações significativas na rede.

4.2.3 Esquemas de aterramento

Nesta Norma são considerados os esquemas de aterramento descritos a seguir, com as seguintes observações:

- a) as figuras 1 a 6 mostram exemplos de sistemas trifásicos comumente utilizados;
- b) para classificação dos esquemas de aterramento é utilizada a seguinte simbologia:
 - primeira letra - situação da alimentação em relação à terra:
 - T = um ponto de alimentação (geralmente o neutro) diretamente aterrado;
 - I = isolação de todas as partes vivas em relação à terra ou aterramento de um ponto através de uma impedância;
 - segunda letra - situação das massas da instalação elétrica em relação à terra:
 - T = massas diretamente aterradas, independentemente do aterramento eventual de ponto de alimentação;
 - N = massas ligadas diretamente ao ponto de alimentação aterrado (em corrente alternada, o ponto aterrado é normalmente o neutro);

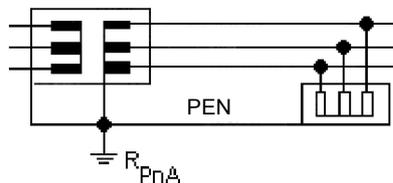
— terceira letra – situação de ligações eventuais com as massas da subestação:

- R = as massas da subestação estão ligadas simultaneamente ao aterramento do neutro da instalação e às massas da instalação;
- N = as massas da subestação estão ligadas diretamente ao aterramento do neutro da instalação, mas não estão ligadas às massas da instalação;
- S = as massas da subestação estão ligadas a um aterramento eletricamente separado daquele do neutro e daquele das massas da instalação.

4.2.3.1 Esquema TNR



O esquema TNR possui um ponto da alimentação diretamente aterrado, sendo as massas da instalação e da subestação ligadas a esse ponto através de condutores de proteção (PE) ou condutor de proteção com função combinada de neutro (PEN). Nesse esquema, toda corrente de falta direta fase-massa é uma corrente de curto-circuito (figura 1).



onde:

R_{PnA} é a resistência do eletrodo de aterramento comum à massa da subestação, do neutro e das massas da instalação.

Figura 1 — Esquema TNR

4.2.3.2 Esquemas TTN e TTS

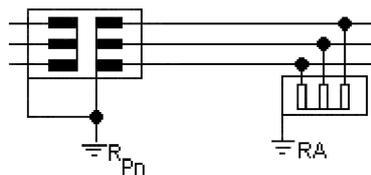


Os esquemas TT_x possuem um ponto da alimentação diretamente aterrado, estando as massas da instalação ligadas a eletrodos de aterramento eletricamente distintos do eletrodo de aterramento da subestação.

Nesse esquema, as correntes de falta direta fase-massa devem ser inferiores a uma corrente de curto-circuito, sendo, porém suficientes para provocar o surgimento de tensões de contato perigosas.

São considerados dois tipos de esquemas, TTN e TTS, de acordo com a disposição do condutor neutro e do condutor de proteção das massas da subestação, a saber:

- a) esquema TTN, no qual o condutor neutro e o condutor de proteção das massas da subestação são ligados a um único eletrodo de aterramento (figura 2);
- b) esquema TTS, no qual o condutor neutro e o condutor de proteção das massas da subestação são ligados a eletrodos de aterramento distintos (figura 3).

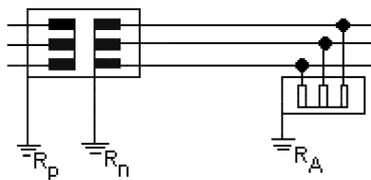


onde:

R_{pn} é a resistência do eletrodo de aterramento comum à massa da subestação e do neutro;

R_A é a resistência do eletrodo de aterramento das massas da instalação.

Figura 2 — Esquema TTN



onde:

R_p é a resistência do eletrodo de aterramento da subestação;

R_n é a resistência do eletrodo de aterramento do neutro;

R_A é a resistência do eletrodo de aterramento das massas da instalação.

Figura 3 — Esquema TTS

4.2.3.3 Esquemas ITN, ITS e ITR

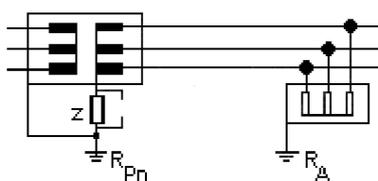
Os esquemas Itx não possuem qualquer ponto da alimentação diretamente aterrado ou possuem um ponto da alimentação aterrado através de uma impedância, estando as massas da instalação ligadas a seus próprios eletrodos de aterramento.

Nesse esquema, a corrente resultante de uma única falta fase-massa não deve ter intensidade suficiente para provocar o surgimento de tensões de contato perigosas.

São considerados três tipos de esquemas, ITN, ITS e ITR, de acordo com a disposição do condutor neutro e dos condutores de proteção das massas da instalação e da subestação, a saber:

- esquema ITN, no qual o condutor neutro e o condutor de proteção das massas da subestação são ligados a um único eletrodo de aterramento e as massas da instalação ligadas a um eletrodo distinto (figura 4);
- esquema ITS, no qual o condutor neutro, os condutores de proteção das massas da subestação e da instalação são ligados a eletrodos de aterramento distintos (figura 5);
- esquema ITR, no qual o condutor neutro, os condutores de proteção das massas da subestação e da instalação são ligados a um único eletrodo de aterramento (figura 6).



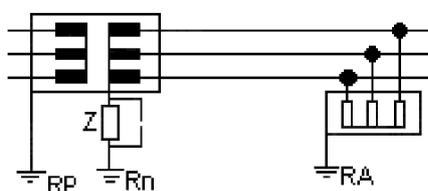


onde:

R_{pn} é a resistência do eletrodo de aterramento comum à massa da subestação e do neutro;

R_A é a resistência do eletrodo de aterramento das massas da instalação.

Figura 4 — Esquema ITN



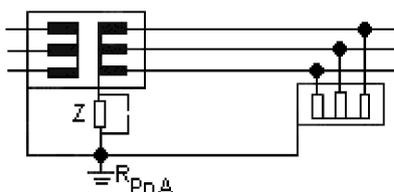
onde:

R_p é a resistência do eletrodo de aterramento da subestação;

R_n é a resistência do eletrodo de aterramento do neutro;

R_A é a resistência do eletrodo de aterramento das massas da instalação.

Figura 5 — Esquema ITS



onde:

$R_{pn,A}$ é a resistência do eletrodo de aterramento comum à massa da subestação, do neutro e das massas da instalação.

Figura 6 — Esquema ITR

4.2.3.4 Aterramento do condutor neutro

Quando a instalação for alimentada por concessionário, o condutor neutro, se existir e o concessionário permitir, deve ser aterrado na origem da instalação.

NOTA Do ponto de vista da instalação, o aterramento do neutro na origem proporciona uma melhoria na equalização de potenciais essencial à segurança.

4.2.4 Alimentação

4.2.4.1 Devem ser determinadas as seguintes características da alimentação, tendo em vista o fornecimento da potência estimada de acordo com 4.2.1:

- a) natureza da corrente (ca ou cc);
- b) valor da tensão;
- c) valor da frequência;
- d) valor da corrente de curto-circuito presumida na origem da instalação.

4.2.4.2 Essas características devem ser obtidas do concessionário de energia elétrica, no caso de fonte externa, e devem ser determinadas, no caso de fonte própria. São aplicáveis tanto para a alimentação normal como para alimentações de segurança e de reserva.

4.2.5 Tensão nominal

4.2.5.1 A tensão nominal da instalação é a maior tensão (valor eficaz) entre fases encontrada em condições normais de operação, em qualquer tempo e ponto da instalação ou parte desta.

NOTA Uma instalação pode ter várias tensões nominais, uma para cada parte.

4.2.5.2 As tensões nominais da instalação são as seguintes: 3 kV, 4,16 kV, 6 kV, 13,8 kV, 23,1 kV e 34,5 kV. 

4.2.5.3 A tensão nominal e a identificação dos circuitos devem ser claramente indicadas.

4.2.5.4 A tensão nominal, padronizada na ABNT NBR 10478, dos equipamentos utilizados nas instalações deve ser igual ou superior à tensão nominal da instalação. 

4.2.5.5 Os valores de tensão máxima para o equipamento em função da tensão nominal da instalação devem ser selecionados de acordo com a norma do equipamento. 

4.2.6 Corrente de curto-circuito

4.2.6.1 As instalações devem ser projetadas e construídas para suportar com segurança os efeitos térmicos e mecânicos resultantes de correntes de curto-circuito. 

Quatro tipos de curtos-circuitos devem ser considerados:

- a) trifásico;
- b) bifásico;
- c) entre fase e neutro;
- d) entre duas fases e neutro.

NOTA Exemplos de cálculos de curtos-circuitos e seus efeitos podem ser obtidos nas IEC 60909-0 e IEC 60949.

4.2.6.2 As instalações devem ser providas de dispositivos automáticos para seccionar os curtos-circuitos entre fases, faltas à terra perigosas ou para indicar a condição de falta, dependendo principalmente do esquema de aterramento.

4.2.7 Freqüência nominal

As instalações devem ser projetadas para a freqüência nominal do sistema.

4.2.8 Corona

As instalações devem ser projetadas para que a radiointerferência devida ao efeito corona não exceda os limites estabelecidos em normas e/ou regulamentos específicos sobre o assunto.

NOTA Exemplos de recomendações para a minimização da radiointerferência das instalações podem ser obtidos na IEC-CISPR 18 Partes 1, 2 e 3.

4.2.9 Características mecânicas

Equipamentos e estruturas de sustentação, incluindo suas fundações, devem suportar as combinações dos vários esforços mecânicos previstos em uma instalação.

NOTA Os esforços mais usuais a serem considerados são os seguintes: carga de tensionamento, carga de erguimento, carga de vento, forças de comutação, forças de curto-circuito e perda de tensão nos condutores.

4.3 Classificação das influências externas

Esta seção estabelece uma classificação e uma codificação das influências externas que devem ser consideradas na concepção e na execução das instalações elétricas. Cada condição de influência externa é designada por um código que compreende sempre um grupo de duas letras maiúsculas e um número, como descrito a seguir:

- a) a primeira letra indica a categoria geral da influência externa:
 - A = meio ambiente;
 - B = utilização;
 - C = construção das edificações;
- b) a segunda letra (A, B, C,...) indica a natureza da influência externa;
- c) o número (1, 2, 3,...) indica a classe de cada influência externa.

NOTA A codificação indicada nesta seção não é destinada à marcação dos componentes.

4.3.1 Meio ambiente

4.3.1.1 Temperatura ambiente

A temperatura ambiente (ver tabela 1) a considerar para um componente é a temperatura no local onde deve ser instalado, considerada a influência de todos os demais componentes instalados no local e em funcionamento, não levando em consideração a contribuição térmica do componente considerado.

Tabela 1 — Temperatura ambiente

Código	Classificação	Características	
		Limite inferior °C	Limite superior °C
AA3	Frio	- 25	+ 5
AA4	Temperado	- 5	+ 40
AA5	Quente	+ 5	+ 40
AA6	Muito quente	+ 5	+ 60

NOTAS

1 O valor médio por um período de 24 h não deve ser superior ao limite superior diminuído de 5°C.

2 Para certos ambientes pode ser necessário combinar duas regiões entre as definidas acima. Assim, por exemplo, as instalações situadas no exterior podem ser submetidas a temperaturas ambientes compreendidas entre - 5°C e + 50°C, isto é, AA4 + AA6.

4.3.1.2 Altitude

Conforme a tabela 2.



Tabela 2 — Altitude

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
AC1	Baixa	≤ 1 000 m	Para alguns materiais, medidas especiais podem ser necessárias a partir de 1 000 m de altitude
AC2	Alta	> 1 000 m	

4.3.1.3 Presença de água

Conforme a tabela 3.



Tabela 3 — Presença de água

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
AD1	Desprezível	A probabilidade de presença de água é desprezível	Locais em que as paredes não apresentam geralmente traços de umidade, mas que podem apresentar durante períodos curtos, por exemplo sob forma de lixívia, e que secam rapidamente graças a uma boa aeração
AD2	Quedas de gotas de água	Possibilidade de quedas verticais de água	Locais em que a umidade se condensa ocasionalmente, sob forma de gotas de água, ou em que há a presença ocasional de vapor de água
AD3	Aspersão de água	Possibilidade de chuva caindo numa direção em ângulo máximo de 60°C com a vertical	Locais em que a água, ao respingar, forma uma película nas paredes ou pisos
AD4	Projeções de água	Possibilidade de projeções de água em qualquer direção	Locais em que, além de haver água nas paredes, os componentes da instalação elétrica também são submetidos a projeções de água
AD5	Jatos de água	Possibilidade de jatos de água sob pressão em qualquer direção	Locais que são freqüentemente lavados com ajuda de mangueiras
AD6	Ondas	Possibilidade de ondas de água	Locais situados à beira-mar, tais como <i>piers</i> , praias, ancoradouros etc.
AD7	Imersão	Possibilidade de recobrimento intermitente, parcial ou total, por água	Locais suscetíveis de serem inundados e/ou onde a água possa se elevar no mínimo a 15 cm acima do ponto mais elevado do equipamento, estando a parte mais baixa do equipamento a no máximo 1 m abaixo da superfície da água
AD8	Submersão	Possibilidade de total recobrimento por água de modo permanente	Locais onde os componentes da instalação elétrica sejam totalmente cobertos de água, de maneira permanente, sob uma pressão superior a 10 kPa (0,1 bar, 1 m de água)

4.3.1.4 Presença de corpos sólidos

Conforme a tabela 4.

Tabela 4 — Presença de corpos sólidos

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
AE1	Desprezível	Não existe nenhuma quantidade apreciável de poeira ou de corpos estranhos	Instalações onde não são manipulados objetos pequenos
AE2	Objetos pequenos	Presença de corpos sólidos cuja menor dimensão é igual ou superior a 2,5 mm	Ferramentas e pequenos objetos são exemplos de corpos sólidos cuja menor dimensão é igual ou superior a 2,5 mm
AE3	Objetos muito pequenos	Presença de corpos sólidos cuja menor dimensão é igual ou superior a 1 mm	Fios são exemplos de corpos sólidos cuja menor dimensão é igual ou superior a 1 mm
AE4	Poeira	Presença de poeira em quantidade apreciável	Locais empoeirados. Quando as poeiras forem inflamáveis, condutoras, corrosivas ou abrasivas, deve-se considerar simultaneamente outras classes de influências externas, se necessário
NOTA	Nas condições AE2 e AE3 pode existir poeira, desde que esta não tenha influência sobre os materiais elétricos.		

4.3.1.5 Presença de substâncias corrosivas ou poluentes



Conforme a tabela 5.

Tabela 5 — Presença de substâncias corrosivas ou poluentes

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
AF1	Desprezível	A quantidade ou natureza dos agentes corrosivos ou poluentes não é significativa	-
AF2	Atmosférica	Presença significativa de agentes corrosivos ou poluentes de origem atmosférica	Instalações localizadas na vizinhança da orla marítima e instalações situadas nas proximidades de estabelecimentos industriais que produzam poluição atmosférica significativa, tais como indústrias químicas, fábricas de cimento, etc.; estes tipos de poluição provêm principalmente da produção de poeiras abrasivas, isolantes ou condutoras
AF3	Intermitente	Ações intermitentes ou acidentais de produtos químicos corrosivos ou poluentes de uso corrente	Locais onde se manipulam produtos químicos em pequenas quantidades e onde estes produtos só podem vir a ter contatos acidentais com os materiais elétricos; tais condições encontram-se nos laboratórios de fábricas, laboratórios de estabelecimentos de ensino ou nos locais onde se utilizam hidrocarbonetos (centrais de aquecimento, garagens etc.)
AF4	Permanente	Uma ação permanente de produtos químicos corrosivos ou poluentes em quantidades significativas	Indústria química, por exemplo

4.3.1.6 Solicitações mecânicas



Conforme a tabela 6.

4.3.1.7 Presença de flora e mofo



Conforme a tabela 7.

4.3.1.8 Presença de fauna



Conforme a tabela 8.

Tabela 6 — Solicitações mecânicas

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
Choques mecânicos			
AG1	Fracos	Meios que podem produzir choques de energia igual ou inferior a 0,25 J	-
AG2	Médios	Meios que podem produzir choques de energia igual ou inferior a 2 J	Condições industriais habituais
AG3	Significativos	Meios que podem produzir choques de energia igual ou inferior a 20 J	Condições industriais severas
AG4	Muito significativos	Meios que podem produzir choques de energia superior a 20 J	Condições industriais muito severas
Vibrações			
AH1	Fracas	Vibrações desprezíveis	-
AH2	Médias	Vibrações de frequências compreendidas entre 10 Hz e 50 Hz e de amplitude igual ou inferior a 0,15 mm	Condições industriais habituais
AH3	Significativas	Vibrações de frequências compreendidas entre 10 Hz e 150 Hz e de amplitude igual ou inferior a 0,35 mm	Condições industriais severas

Tabela 7 — Presença de flora e mofo

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
AK1	Desprezível	Ausência de riscos de danos devidos à flora ou ao mofo	-
AK2	Riscos	Riscos de danos devidos à flora ou ao mofo	Os riscos dependem das condições locais e da natureza da flora. Pode-se separá-los em riscos devidos ao desenvolvimento prejudicial da vegetação e riscos devidos à sua abundância

Tabela 8 — Presença de fauna

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
AL1	Desprezível	Ausência de riscos de danos devidos à fauna	-
AL2	Riscos	Riscos de danos devidos à fauna (insetos e pequenos animais)	Os riscos dependem da natureza da fauna. Pode-se separá-los em: perigos devidos a insetos em quantidades prejudiciais ou de natureza agressiva; presença de pequenos animais ou de pássaros em quantidades prejudiciais ou de natureza agressiva

4.3.1.9 Influências eletromagnéticas, eletrostáticas ou ionizantes



Conforme a tabela 9.

Tabela 9 — Influências eletromagnéticas, eletrostáticas ou ionizantes

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
AM1	Desprezível	Ausência de efeitos prejudiciais devidos às correntes parasitas, radiações eletromagnéticas, radiações ionizantes ou correntes induzidas	-
AM2	Correntes parasitas	Presença prejudicial de correntes parasitas	Estas influências encontram-se principalmente nas proximidades de subestações, de emissoras de correntes a alta frequência, de aparelhos que contenham substâncias radioativas, de linhas de alta tensão, de linhas de tração elétrica etc.
AM3	Eletromagnéticas	Presença prejudicial de radiações eletromagnéticas	
AM4	Ionizantes	Presença prejudicial de radiações ionizantes	-
AM5	Eletrostáticas	Presença prejudicial de influências eletrostáticas	-
AM6	Indução	Presença prejudicial de correntes induzidas	-

4.3.1.10 Radiações solares



Conforme a tabela 10.

Tabela 10 — Radiações solares

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
AN1	Desprezível	-	-
AN2	Significativas	Radiações solares de intensidade e/ou duração prejudicial	Os efeitos da radiação podem causar um aumento da temperatura e modificações de estrutura de alguns materiais

4.3.1.11 Raios



Conforme a tabela 11.

Tabela 11 — Raios

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
AQ1	Desprezível	-	-
AQ2	Indiretos	Riscos provenientes da rede de alimentação	Instalações alimentadas por linhas aéreas
AQ3	Diretos	Riscos provenientes da exposição dos equipamentos	Partes da instalação situadas no exterior das edificações

4.3.2 Utilizações

4.3.2.1 Competência das pessoas

Conforme a tabela 12.

Tabela 12 — Competência das pessoas

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
BA1	Comuns	Pessoas inadvertidas	-
BA4	Advertidas	Pessoas suficientemente informadas ou supervisionadas por pessoas qualificadas de modo a lhes permitir evitar os perigos que a eletricidade pode apresentar	Pessoal de manutenção e /ou operação trabalhando em locais de serviço elétrico
BA5	Qualificadas	Pessoas que têm conhecimentos técnicos ou experiência suficiente para lhes permitir evitar os perigos que a eletricidade pode apresentar	Engenheiros e/ou técnicos trabalhando em locais de serviço elétrico fechados

4.3.2.2 Resistência elétrica do corpo humano

Conforme a tabela 13.

Tabela 13 — Resistência elétrica do corpo humano

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
BB1	Elevada	Condições secas	Circunstâncias nas quais a pele está seca (nenhuma umidade, inclusive suor)
BB2	Normal	Condições úmidas	Passagem da corrente elétrica de uma mão à outra ou de uma mão a um pé, com a pele úmida (suor) e a superfície de contato sendo significativa (por exemplo, um elemento está seguro dentro da mão)
BB3	Fraca	Condições molhadas	Passagem da corrente elétrica entre as duas mãos e os dois pés, estando as pessoas com os pés molhados a ponto de se poder desprezar a resistência da pele e dos pés

4.3.2.3 Contatos das pessoas com o potencial local

Conforme a tabela 14.

Tabela 14 — Contatos das pessoas com o potencial local

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
BC3	Freqüentes	Pessoas em contato com elementos condutores ou se postando sobre superfícies condutoras	Locais cujos piso e paredes não são isolantes e/ou possuem grandes ou inúmeros elementos condutores

4.3.2.4 Condições de fuga das pessoas em emergências

Conforme a tabela 15.

Tabela 15 — Condições de fuga das pessoas em emergências

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
BD1	Normal	Baixa densidade de ocupação, condições de fuga fáceis	Áreas comuns e de circulação em edificações exclusivamente residenciais de até 15 pavimentos e edificações de outros tipos de até 6 pavimentos
BD2	Longa	Baixa densidade de ocupação, condições de fuga difíceis	Áreas comuns e de circulação em edificações exclusivamente residenciais com mais de 15 pavimentos e edificações de outros tipos com mais de 6 pavimentos

4.3.2.5 Natureza das matérias processadas ou armazenadas

Conforme a tabela 16.



Tabela 16 — Natureza das matérias processadas ou armazenadas

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
BE1	Riscos desprezíveis	-	-
BE2	Riscos de incêndio	Presença, processamento, fabricação ou armazenamento de matérias inflamáveis, inclusive a presença de pós	
BE3	Riscos de explosão	Presença, tratamento ou armazenamento de matérias explosivas ou que tenham ponto de fulgor baixo, inclusive a presença de pós explosivos	Refinarias e locais de armazenamento de hidrocarbonetos

4.3.3 Construção das edificações

4.3.3.1 Materiais de construção

Conforme a tabela 17.

Tabela 17 — Materiais de construção

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
CA1	Não combustíveis	-	-
CA2	Combustíveis	Edificações construídas principalmente com materiais combustíveis	Edificações construídas principalmente com madeira ou com outros materiais combustíveis

4.3.3.2 Estrutura das edificações

Conforme a tabela 18.

Tabela 18 — Estrutura das edificações

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
CB1	Riscos desprezíveis	-	-
CB2	Propagação de incêndio	Edificações cuja forma e dimensões facilitam a propagação de incêndio (por exemplo, efeito de chaminé)	Edificações de grande altura (ver código BD2 da tabela 15) ou edificações com sistemas de ventilação forçada
CB3	Movimentos	Riscos devidos aos movimentos de estrutura (por exemplo, deslocamentos entre partes diferentes de um prédio ou entre um prédio e o solo), assentamento dos terrenos ou das fundações das edificações	Edificações de grande altura ou construídas sobre terrenos não estabilizados
CB4	Flexíveis ou instáveis	Construções frágeis ou que possam ser submetidas a movimentos (tais como oscilações)	Instalações sob toldos, fixadas a divisórias ou paredes desmontáveis, ou em coberturas inflamáveis

4.4 Manutenção

Deve-se estimar a frequência e a qualidade de manutenção da instalação, tendo em conta a durabilidade prevista. Essas características devem ser consideradas ao aplicar-se as prescrições das seções 5, 6, 7 e 8, de forma que:

- toda verificação periódica, ensaio, manutenção e reparo necessários possam ser realizados de maneira fácil e segura;
- a eficácia das medidas de proteção para segurança esteja garantida;
- a confiabilidade dos componentes seja apropriada à durabilidade prevista.

5 Proteção para garantir a segurança

As medidas de proteção para garantir a segurança podem ser aplicadas a uma instalação completa, a uma parte de uma instalação ou a um componente.

A ordem em que as medidas de proteção são descritas não implica qualquer noção de importância relativa.

5.1 Proteção contra choques elétricos

A proteção contra choques elétricos deve ser prevista pela aplicação das medidas especificadas em 5.1.1 e 5.1.2.

5.1.1 Proteção contra contatos diretos

A proteção contra contatos diretos deve ser assegurada por meio de:

- proteção por isolamento das partes vivas, conforme 5.1.1.1;

- b) proteção por meio de barreiras ou invólucros, conforme 5.1.1.2;
- c) proteção por meio de obstáculos, conforme 5.1.1.3;
- d) proteção parcial por colocação fora de alcance, conforme 5.1.1.4.

5.1.1.1 Proteção por isolação das partes vivas

A isolação é destinada a impedir todo contato com as partes vivas da instalação elétrica. As partes vivas devem ser completamente recobertas por uma isolação que só possa ser removida através de sua destruição. Observar que:

- a) para os componentes montados em fábrica, a isolação deve atender às prescrições relativas a esses componentes;
- b) para os demais componentes, a proteção deve ser garantida por uma isolação capaz de suportar as solicitações mecânicas, químicas, elétricas e térmicas às quais possa ser submetida;
- c) as tintas, vernizes, lacas e produtos análogos não são, geralmente, considerados como constituindo uma isolação suficiente no quadro da proteção contra os contatos diretos.

NOTA Quando a isolação for feita durante a execução da instalação, a qualidade desta isolação deve ser verificada através de ensaios análogos aos destinados a verificar a qualidade da isolação de equipamentos similares industrializados.

5.1.1.2 Proteção por meio de barreiras ou invólucros

5.1.1.2.1 As barreiras ou invólucros são destinados a impedir todo contato com as partes vivas da instalação elétrica, conforme ABNT NBR 6146.

5.1.1.2.2 As partes vivas devem estar no interior de invólucros ou atrás de barreiras que confiram pelo menos o grau de proteção IP3X, conforme a ABNT NBR 6146.

5.1.1.2.3 As superfícies superiores das barreiras ou dos invólucros horizontais que sejam facilmente acessíveis devem atender pelo menos ao grau de proteção IP4X, conforme a ABNT NBR 6146.

5.1.1.2.4 As barreiras e invólucros devem ser fixados de forma segura e possuir robustez e durabilidade suficientes para manter os graus de proteção e a apropriada separação das partes vivas nas condições normais de serviço, levando-se em conta as condições de influências externas relevantes.

5.1.1.2.5 A supressão das barreiras, a abertura dos invólucros ou coberturas ou a retirada de partes dos invólucros ou coberturas não deve ser possível, a não ser:

- a) com a utilização de uma chave ou de uma ferramenta; e
- b) após a desenergização das partes vivas protegidas por essas barreiras, invólucros ou coberturas, não podendo ser restabelecida a tensão enquanto não forem recolocadas as barreiras, invólucros ou coberturas; ou

NOTA Esta prescrição é atendida com utilização de intertravamento mecânico e/ou elétrico.

- c) que haja interposta uma segunda barreira ou isolação que não possa ser retirada sem a desenergização das partes vivas protegidas por essas barreiras e que impeça qualquer contato com as partes vivas.

5.1.1.3 Proteção por meio de obstáculos

5.1.1.3.1 Os obstáculos são destinados a impedir os contatos fortuitos com partes vivas, mas não os contatos voluntários por uma tentativa deliberada de contorno do obstáculo.

5.1.1.3.2 Os obstáculos devem impedir:

- a) uma aproximação física não intencional das partes vivas (por exemplo, por meio de corrimões ou de telas de arame);
- b) contatos não intencionais com partes vivas por ocasião de operação de equipamentos sob tensão (por exemplo, por meio de telas ou painéis sobre os seccionadores).

5.1.1.3.3 Os obstáculos podem ser desmontáveis sem a ajuda de uma ferramenta ou de uma chave, entretanto, devem ser fixados de forma a impedir qualquer remoção involuntária.

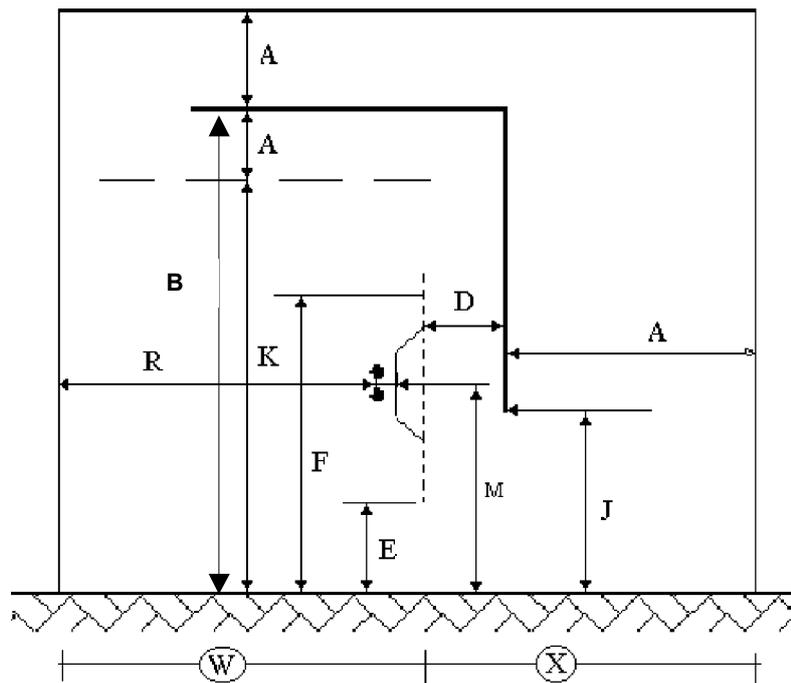
5.1.1.4 **Proteção parcial por colocação fora de alcance**



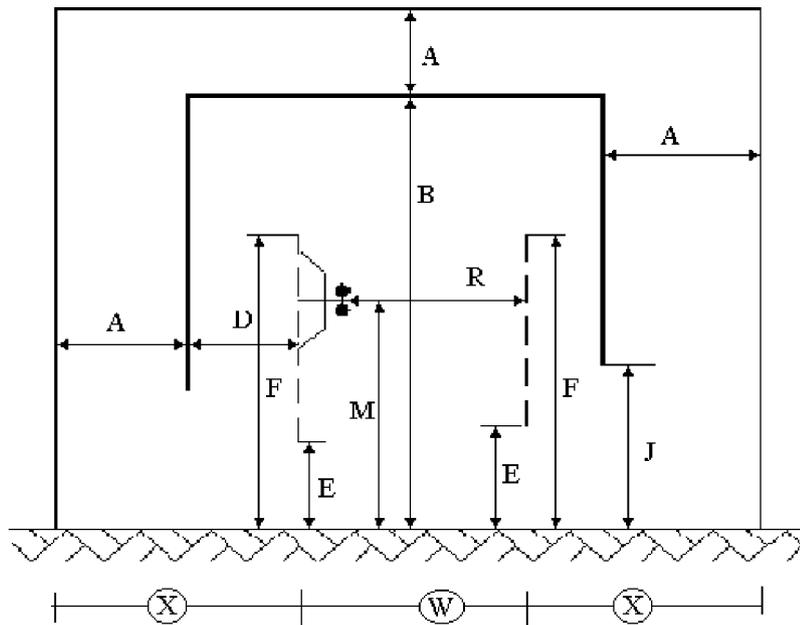
5.1.1.4.1 A colocação fora de alcance é somente destinada a impedir os contatos fortuitos com as partes vivas.

5.1.1.4.2 Quando há o espaçamento, este deve ser suficiente para que se evite que pessoas circulando nas proximidades das partes vivas em média tensão possam entrar em contato com essas partes, seja diretamente ou por intermédio de objetos que elas manipulem ou transportem.

5.1.1.4.3 Os espaçamentos mínimos previstos para instalações internas são definidos nas figuras 7-a) e 7-b) com os valores da tabela 19 e para instalações externas na figura 8 com os valores da tabela 20.



a) Circulação por um lado



b) Circulação por mais de um lado

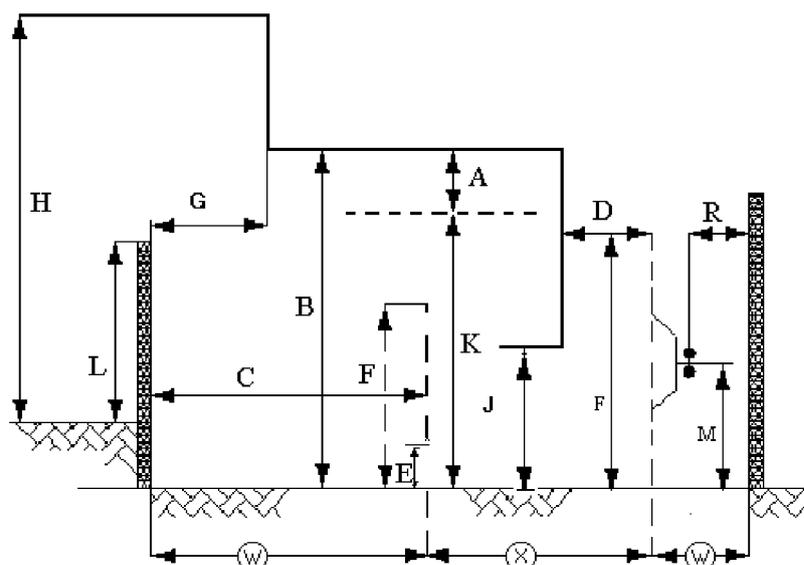
Legenda:

- Partes vivas
- - - Anteparos: tela ou grade metálica
-  Dispositivos de manobra
- W - Área de circulação permitida a pessoas advertidas
- X - Área de circulação proibida

Figura 7 — Espaçamento para instalações internas

Tabela 19 — Espaçamento para instalações internas

Dimensões mínimas mm		
D	300 até 24,2kV	Distância entre a parte viva e um anteparo vertical
	400 para 36,2kV	
A	-	Valores de distâncias mínimas da tabela 21
R	1 200	Locais de manobra
B	2 700	Altura mínima de uma parte viva com circulação
K	2 000	Altura mínima de um anteparo horizontal
F	1 700	Altura mínima de um anteparo vertical
J	E+300	Altura mínima de uma parte viva sem circulação
Dimensões máximas mm		
E	300	Distância máxima entre a parte inferior de um anteparo vertical e o piso
M	1 200	Altura dos punhos de acionamento manual
malha	20	Abertura da malha



Legenda:

- Partes vivas
- - - Anteparos: tela ou grade metálica
-  Dispositivos de manobra
- W - Área de circulação permitida a pessoas advertidas
- X - Área de circulação proibida

Figura 8 — Espaçamento para instalações externas ao nível do piso

Tabela 20 — Espaçamento para instalações externas

Dimensões mínimas mm		
A	-	Valores de distâncias mínimas da tabela 21
G	1 500	Distância mínima entre a parte viva e a proteção externa
B	4 000	Altura mínima de uma parte viva na área de circulação
R	1 500	Locais de manobra
D	500	Distância mínima entre a parte viva e um anteparo vertical
F	2 000	Altura mínima de um anteparo vertical
H	6 000	Em ruas, avenidas e entradas de prédios e demais locais com trânsito de veículos
	5 000	Em local com trânsito de pedestres somente
	9 000	Em ferrovias
	7 000	Em rodovias
J	800	Altura mínima de uma parte viva na área de circulação proibida
K	2 200	Altura mínima de um anteparo horizontal
L	2 000	Altura mínima da proteção externa
C	2 000	Circulação
Dimensões máximas mm		
E	600	Distância máxima entre a parte inferior de um anteparo vertical e o piso
M	1 200	Altura dos punhos de acionamento manual
Malha	20	Abertura das malhas dos anteparos

Tabela 21 — Distâncias mínimas x tensão nominal da instalação

Tensão nominal da instalação kV	Tensão de ensaio à frequência industrial (valor eficaz) kV	Tensão suportável nominal de impulso atmosférico (valor de pico) kV	Distância mínima fase/terra e fase/fase ¹⁾	
			Interno	Externo
			mm	
3	10	20	60	120
		40	60	120
4,16	19	60	90	120
6	20	40	60	120
		60	90	120
13,8	34	95	160	
		110	180	
		125	220	
23,1	50	95	160	
		125	220	
34,5	70	145	270	
		170	320	

¹⁾ Estes afastamentos devem ser tomados entre extremidades mais próximas e não de centro a centro. Os valores de distâncias mínimas indicados podem ser aumentados, a critério do projetista, em função da classificação das influências externas.

5.1.2 Proteção contra contatos indiretos

5.1.2.1 Princípios básicos

A proteção contra contatos indiretos deve ser garantida pelo aterramento e pela equipotencialização descritos em 5.1.2.1.1 e 5.1.2.1.2, sendo que o seccionamento automático da alimentação descrito em 5.1.2.2 é uma medida que visa garantir a integridade dos componentes dos sistemas de aterramento e de equipotencialização e limitar o tempo de duração da falta.

5.1.2.1.1 Aterramento

As massas devem ser ligadas a condutores de proteção nas condições especificadas em 4.2.3 para cada esquema de aterramento. Massas simultaneamente acessíveis devem ser ligadas à mesma rede de aterramento individualmente, por grupos ou coletivamente.

NOTA As disposições referentes ao aterramento e aos condutores de proteção devem satisfazer as prescrições de 6.4.

5.1.2.1.2 Ligação equipotencial

A tensão de contato em qualquer ponto da instalação não pode ser superior à tensão de contato limite (U_L), com valor indicado na tabela 22. Aos limites indicados aplicam-se as tolerâncias definidas na IEC 60038. Esta regra é satisfeita se em cada edificação existir uma ligação equipotencial principal, reunindo os seguintes elementos:

- a) condutor(es) de proteção principal(is);
- b) condutores de equipotencialidade principais ligados a canalizações metálicas de utilidades e serviços e a todos os demais elementos condutores estranhos à instalação, incluindo os elementos metálicos da construção e outras estruturas metálicas;
- c) condutor(es) de aterramento;
- d) eletrodo(s) de aterramento de outros sistemas (por exemplo, de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas etc.).

NOTAS

- 1 A ligação equipotencial principal, via de regra, é realizada pelo terminal de aterramento principal (ver 6.4.2.4).
- 2 Quando tais elementos originarem-se do exterior da edificação, sua conexão à ligação equipotencial principal deve ser efetuada o mais próximo possível do ponto em que penetram na edificação.
- 3 Os condutores de equipotencialidade devem satisfazer às prescrições de 6.4.

5.1.2.2 Seccionamento automático da alimentação

O seccionamento automático da alimentação destina-se a evitar que uma corrente se mantenha por um tempo que possa resultar em sobreaquecimento na instalação. Esta medida de proteção requer a coordenação entre o esquema de aterramento adotado e as características dos condutores de proteção e dos dispositivos de proteção. Os princípios básicos desta medida são aqueles apresentados em 5.1.2.2.1. Os meios convencionais para satisfazer estes princípios estão descritos em 5.1.2.2.4 e 5.1.2.2.5, conforme o esquema de aterramento.

5.1.2.2.1 Princípios básicos

A proteção por seccionamento automático da alimentação baseia-se nos seguintes princípios:

- a) aterramento: as massas devem ser ligadas a condutores de proteção nas condições especificadas para cada esquema de aterramento. Massas simultaneamente acessíveis devem ser ligadas à mesma rede de aterramento - individualmente, por grupos ou coletivamente;

NOTA As disposições referentes ao aterramento e aos condutores de proteção devem satisfazer as prescrições de 6.4.

- b) seccionamento da alimentação: um dispositivo de proteção deve seccionar automaticamente a alimentação do circuito ou equipamento protegido contra contatos indiretos por este dispositivo sempre que uma falta entre parte viva e massa no circuito ou equipamento considerado der origem a uma tensão de contato superior ao valor apropriado de U_L .

Tabela 22 — Valores máximos da tensão de contato limite UL (V)

Natureza da corrente	Situação 1 ¹⁾	Situação 2 ¹⁾
Alternada, 15 Hz – 1 000 Hz	50	25
Contínua sem ondulação ²⁾	120	60

1) A situação 1 aplica-se a áreas internas e a situação 2 aplica-se a áreas externas.

NOTAS

1 Uma tensão contínua "sem ondulação" é convencionalmente definida como apresentando uma taxa de ondulação não superior a 10% em valor eficaz; o valor de crista máximo não deve ultrapassar 140 V para um sistema em corrente contínua sem ondulação com 120 V nominais ou 70 V para um sistema em corrente contínua sem ondulação com 60 V nominais.

2 Os valores máximos da tensão de contato limite apresentados são para tensão de contato de duração maior ou igual a 10 s. Para tempos inferiores a 10 s, podem ser utilizados os valores obtidos na figura A.1.

5.1.2.2.2 Aplicação convencional

Para o atendimento dos princípios definidos em 5.1.2.2.1, é suficiente aplicar as prescrições de 5.1.2.2.3 a 5.1.2.2.5, conforme o esquema de aterramento.

5.1.2.2.3 Esquema TNx

Em um esquema TNx todo defeito de isolamento é um curto-circuito fase/neutro. Quando a proteção é assegurada por dispositivos de proteção contra sobrecorrentes, a avaliação da corrente de curto-circuito mínima é necessária, a fim de verificar as condições de funcionamento destes dispositivos.

5.1.2.2.4 Esquemas TTx

Nos esquemas TTx a corrente de defeito é limitada por:

- a) as resistências de tomadas de terra e do neutro, esta última aumentada ao valor da resistência de limitação podendo ser inserida entre o ponto neutro e o terra;
- b) a resistência das ligações eventuais, utilizadas por interconexão das massas e das tomadas de terra. Mesmo que a corrente do primeiro defeito seja importante, não é permitido que sua detecção seja assegurada por dispositivos de proteção contra sobrecorrentes; com efeito, seu funcionamento é dificilmente verificável. Por outro lado a detecção de pequenas correntes de fuga resultante de uma degradação lenta da isolação não é possível com esses dispositivos cujo limiar de funcionamento é muito elevado (muitas vezes sua corrente nominal). Por isso que é necessário recorrer aos dispositivos sensíveis à corrente diferencial não necessitando a verificação das condições de disparo.

5.1.2.2.5 Esquemas ITx

A não interrupção no primeiro defeito de isolamento é justificada nas instalações quando é necessário assegurar a continuidade do serviço.

Após a aparição do primeiro defeito de isolamento é recomendado proceder rapidamente à busca e eliminação deste defeito. A permanência de um primeiro defeito conduz ao funcionamento da instalação com um ponto ligado à terra, correspondendo às condições de funcionamento para as quais a instalação não é concebida.

5.2 Proteção contra efeitos térmicos

5.2.1 Generalidades

As pessoas, os componentes fixos de uma instalação elétrica, bem como os materiais fixos adjacentes, devem ser protegidos contra os efeitos prejudiciais do calor ou radiação térmica produzida pelos equipamentos elétricos, particularmente quanto a:

- a) riscos de queimaduras;
- b) prejuízos no funcionamento seguro de componentes da instalação;
- c) combustão ou deterioração de materiais.

5.2.2 Proteção contra incêndio



5.2.2.1 Os componentes elétricos não devem apresentar perigo de incêndio para os materiais vizinhos. Devem ser observadas, além das prescrições desta Norma, eventuais instruções relevantes dos fabricantes.

5.2.2.2 Os componentes fixos, cujas superfícies externas possam atingir temperaturas que venham a causar perigo de incêndio a materiais adjacentes, devem:

- a) ser montados sobre materiais ou contidos no interior de materiais que suportem tais temperaturas e sejam de baixa condutância térmica; ou
- b) ser separados dos elementos da construção do prédio por materiais que suportem tais temperaturas e sejam de baixa condutância térmica; ou
- c) ser montados de modo a permitir a dissipação segura do calor, a uma distância segura de qualquer material em que tais temperaturas possam ter efeitos térmicos prejudiciais, sendo que qualquer meio de suporte deve ser de baixa condutância térmica.

5.2.2.3 Os componentes fixos que apresentem efeitos de focalização ou concentração de calor devem estar a uma distância suficiente de qualquer objeto fixo ou elemento do prédio, de modo a não submetê-los, em condições normais, a elevação perigosa de temperatura.

5.2.2.4 Os materiais dos invólucros dispostos em torno de componentes elétricos durante a instalação devem suportar a maior temperatura susceptível de ser produzida pelo componente. Materiais combustíveis não são adequados para a construção destes invólucros, a menos que sejam tomadas medidas preventivas contra a ignição, tais como o revestimento com material incombustível ou de combustão difícil e de baixa condutância térmica.

5.2.3 Proteção contra queimaduras

As partes acessíveis de equipamentos elétricos que estejam situadas na zona de alcance normal não devem atingir temperaturas que possam causar queimaduras em pessoas e devem atender aos limites de temperatura indicados na tabela 23. Todas as partes da instalação que possam, em serviço normal, atingir, ainda que por períodos curtos, temperaturas que excedam os limites dados na tabela 23, devem ser protegidas contra qualquer contato acidental. Os valores da tabela 23 não se aplicam a componentes cujas temperaturas limites das superfícies expostas, no que concerne à proteção contra queimaduras, sejam fixadas por normas específicas.

Tabela 23 — Temperaturas máximas das superfícies externas dos equipamentos elétricos dispostos no interior da zona de alcance normal

Tipo de superfície	Temperaturas máximas °C
Superfícies de alavancas, volantes ou punhos de dispositivos de controle manuais:	
— metálicas	55
— não-metálicas	65
Superfícies previstas para serem tocadas em serviço normal, mas não destinadas a serem mantidas à mão de forma contínua:	
— metálicas	70
— não-metálicas	80
Superfícies acessíveis, mas não destinadas a serem tocadas em serviço normal:	
— metálicas	80
— não-metálicas	90
NOTAS	
1 Esta prescrição não se aplica a materiais cujas normas fixam limites de temperatura ou de aquecimento para as superfícies acessíveis.	
2 A distinção entre superfícies metálicas e não-metálicas depende da condutividade térmica da superfície considerada. Camadas de tinta e de verniz não são consideradas como modificando a condutividade térmica da superfície. Ao contrário, certos revestimentos não condutores podem reduzir sensivelmente a condutividade térmica de uma superfície metálica e permitir considerá-la como não-metálica.	
3 Para dispositivos de controle manuais, dispostos no interior de invólucros, que somente sejam acessíveis após a abertura do invólucro (por exemplo, alavancas de emergência ou alavancas de desligamento) e que não sejam utilizados freqüentemente, podem ser admitidas temperaturas mais elevadas.	

5.3 Proteção contra sobrecorrentes

5.3.1 Proteção geral (subestação de entrada de energia)

É considerado proteção geral o dispositivo situado entre o ponto de entrega de energia e a origem da instalação em média tensão. Esta proteção geral deve atender no mínimo ao especificado em 5.3.1.1 e 5.3.1.2.

5.3.1.1 Capacidade instalada menor ou igual a 300 kVA

Em uma subestação unitária com capacidade instalada menor ou igual a 300 kVA, a proteção geral na média tensão deve ser realizada por meio de um disjuntor acionado através de relés secundários com as funções 50 e 51, fase e neutro (onde é fornecido o neutro), ou por meio de chave seccionadora e fusível, sendo que, neste caso, adicionalmente, a proteção geral, na baixa tensão, deve ser realizada através de disjuntor.

5.3.1.2 Capacidade instalada maior que 300 kVA

Em uma subestação com capacidade instalada maior que 300 kVA, a proteção geral na média tensão deve ser realizada exclusivamente por meio de um disjuntor acionado através de relés secundários com as funções 50 e 51, fase e neutro (onde é fornecido o neutro).

5.3.2 Proteção contra correntes de sobrecarga

Os condutores vivos devem ser protegidos contra as correntes de sobrecargas, exceto quando alimentam cargas (transformadores, motores etc.) que possuem sua própria proteção contra as sobrecargas.

5.3.3 Proteção contra correntes de curto-circuito

Os condutores vivos devem ser protegidos contra correntes de curto-circuito que possam provocar danos.

5.3.4 Natureza dos dispositivos de proteção

Os dispositivos de proteção devem ser escolhidos entre os indicados em 5.3.4.1 e 5.3.4.2.

5.3.4.1 Dispositivos que garantem simultaneamente a proteção contra correntes de sobrecarga e contra correntes de curto-circuito

Esses dispositivos de proteção devem poder interromper qualquer sobrecorrente menor ou igual à corrente de curto-circuito presumida no ponto em que o dispositivo está instalado. Tais dispositivos podem ser disjuntores acionados através de relés secundários com as funções 50 e 51, fase e neutro (onde é fornecido o neutro). Não são aceitos relés com princípio de funcionamento com retardo a líquido.

NOTAS

- 1 Quando forem utilizados relés com as funções 50 e 51 do tipo microprocessado, digital, auto-alimentados ou não, deve ser garantida, na falta de energia, uma fonte de alimentação de reserva, com autonomia mínima de 2 h, que garanta a sinalização dos eventos ocorridos e o acesso à memória de registro dos relés.
- 2 Os transformadores para instrumentos conectados aos relés secundários devem ser instalados sempre a montante do disjuntor ou chave a ser atuado(a), garantindo assim a proteção contra falhas do próprio dispositivo.
- 3 Para qualquer tipo de relé, deve ser instalado um dispositivo exclusivo que garanta a energia necessária ao acionamento da bobina de abertura do disjuntor, que permita teste individual, recomendando-se o uso de fonte capacitiva.
- 4 O sistema geral de proteção da unidade consumidora deve permitir coordenação com o sistema de proteção da concessionária, ser dimensionado e ajustado de modo a permitir adequada seletividade entre os dispositivos de proteção da instalação.

5.3.4.2 Dispositivos que garantem apenas a proteção contra correntes de curto-circuito

Tais dispositivos podem ser utilizados quando a proteção contra sobrecargas for realizada por outros meios ou quando se admitir a omissão da proteção contra sobrecargas. Esses dispositivos devem poder interromper qualquer corrente de curto-circuito menor ou igual à corrente de curto-circuito presumida. Não são aceitos relés com princípio de funcionamento com retardo a líquido. Podem ser utilizados:

- a) disjuntores acionados através de relés com a função 50;
- b) dispositivos fusíveis limitadores de corrente conforme a ABNT NBR 8669 e do tipo expulsão conforme a ABNT NBR 7282, para uso exclusivo em instalações externas.

5.4 Proteção contra sobretensões

As sobretensões nas instalações elétricas de média tensão não devem comprometer a segurança das pessoas, nem a integridade das próprias instalações e dos equipamentos servidos.

NOTA O uso adequado de pára-raios de resistência não linear é considerado uma medida de proteção contra sobretensão de origem atmosférica.

5.5 Proteção contra mínima e máxima tensão e falta de fase

5.5.1 Devem ser consideradas medidas de proteção quando uma queda de tensão significativa (ou sua falta total) e o posterior restabelecimento desta forem suscetíveis de criar perigo para pessoas e bens ou de perturbar o bom funcionamento da instalação.

NOTA No caso da proteção contra quedas e faltas de tensão, normalmente são utilizados relés de subtensão acoplados a dispositivos de seccionamento.

5.5.2 Quando aplicável, a proteção de máxima tensão deve atuar no dispositivo de seccionamento apropriado.

5.6 Proteção contra inversão de fase

Quando aplicável, as instalações devem ser protegidas contra inversão de fase, de forma que o relé de proteção correspondente atue no dispositivo de seccionamento apropriado.

5.7 Proteção das pessoas que trabalham nas instalações elétricas de média tensão



As instalações elétricas devem ser construídas e instaladas de forma que possam ser empregadas as medidas necessárias para garantir a proteção das pessoas que trabalham nas instalações elétricas.

5.7.1 Os equipamentos de proteção a serem utilizados pelos trabalhadores são no mínimo os seguintes: capacetes, óculos de segurança, luvas, detector de tensão, botas e estrado ou tapete isolante.

5.7.2 Os equipamentos devem ser providos de meios que permitam, quando necessário, o seu isolamento da instalação.

5.7.3 Equipamentos devem ser providos para que a instalação completa ou partes da instalação possam ser isoladas, dependendo das condições operacionais. Isto pode ser realizado, por exemplo, desligando-se seccionadores ou removendo-se elos ou interligações.

5.7.4 A instalação completa ou partes das instalações que possam ser energizadas por várias fontes devem ser dispostas de forma que todas as fontes possam ser isoladas.

5.7.5 Se os terminais de neutro de vários equipamentos estiverem ligados em paralelo, deve ser possível isolá-los individualmente. Isto também se aplica às bobinas e aos resistores de falta à terra, sendo que, nestes casos, a proteção contra sobretensões deve ser mantida.

5.7.6 Devem ser providos meios para descarregar os equipamentos que ainda possam transferir potencial elétrico mesmo após a sua desconexão da instalação, como, por exemplo, capacitores.

5.7.7 Os equipamentos empregados com o propósito de isolamento devem ser providos de dispositivos elétricos e/ou mecânicos apropriados que garantam a sua condição de isolamento.

Quando partes removíveis, como, por exemplo, os fusíveis ou disjuntores extraíveis, são utilizadas para a desconexão da instalação completa ou parte dela e são substituídas por coberturas ou barreiras, estas devem ser montadas de tal forma que a sua remoção somente possa ser executada com o uso de ferramenta apropriada.

Os equipamentos que são operados manualmente devem permitir o uso de dispositivos de travamento mecânico para evitar o seu religamento.

5.7.8 Dispositivos para a verificação do estado de desenergização devem ser disponibilizados para garantir a segurança das pessoas que trabalham nas instalações elétricas.

Os dispositivos devem permitir que o estado de desenergização possa ser verificado em todos os pontos onde o trabalho for realizado.

NOTA Tanto dispositivos fixos como portáteis podem ser utilizados para atender a este requisito.

5.7.9 Cada parte de uma instalação que possa ser isolada de outras partes deve possuir dispositivos que permitam o seu aterramento e curto-circuito.

NOTA Equipamentos como, por exemplo, transformadores e capacitores devem ser providos de meios para seu aterramento e curto-circuito no ponto de sua instalação. Este requisito não deve ser aplicado a partes do sistema onde isto não for praticável ou for impróprio (por exemplo, transformadores ou máquinas elétricas com terminações seladas ou terminações flangeadas de cabos). Nestes casos, o aterramento e o curto-circuito devem ser realizados nos respectivos cubículos ou compartimentos situados nos lados primário e secundário.

Para cada parte da instalação, devem ser providos pontos de conexão, facilmente acessíveis e apropriadamente dimensionados, ao sistema de aterramento e às partes vivas para permitir a conexão dos dispositivos de aterramento e curto-circuito. Os mecanismos existentes em cubículos ou compartimentos devem ser projetados de forma a permitir a conexão manual dos dispositivos de aterramento e curto-circuito.

Quando o aterramento e curto-circuito forem realizados por chaves de aterramento controladas remotamente, a posição da chave deve ser fielmente transmitida para o ponto de controle remoto.

5.8 Proteção contra fuga de líquido isolante

NOTA Em todos os casos descritos em 5.8.1 a 5.8.3, os regulamentos das autoridades competentes devem ser atendidos.

5.8.1 As instalações que contenham 100 L ou mais de líquido isolante devem ser providas de tanque de contenção.

5.8.2 Nas instalações abrigadas, pisos impermeáveis com soleira apropriada podem ser utilizados como depósito se não mais que três transformadores ou outros equipamentos estiverem instalados e se cada um deles contiver menos de 100 L.

5.8.3 Nas instalações ao tempo, pisos impermeáveis com soleira apropriada podem ser utilizados como depósito que não seja destinado a conter todo o líquido, mesmo sem tanques de contenção, se a superfície poluída puder ser removida e se o líquido não for destinado aos sistemas de drenagem ou córregos. Isto não se aplica a áreas de contenção, a zonas de proteção de mananciais e outros casos especiais, nos quais as autoridades competentes devem ser consultadas.

5.9 Proteção contra perigos resultantes de faltas por arco

Os dispositivos e equipamentos que podem gerar arcos durante a sua operação devem ser selecionados e instalados de forma a garantir a segurança das pessoas que trabalham nas instalações.

A seguir são relacionadas algumas medidas para garantir a proteção das pessoas contra os perigos resultantes de faltas por arco:

- a) utilização de um ou mais dos seguintes meios:
 - dispositivos de abertura sob carga;
 - chave de aterramento resistente ao curto-circuito presumido;
 - sistemas de intertravamento;

- fechaduras com chave não intercambiáveis;
- b) corredores operacionais tão curtos, altos e largos quanto possível;
- c) coberturas sólidas ou barreiras ao invés de coberturas perfuradas ou telas;
- d) equipamentos ensaiados para resistir às faltas de arco internas;
- e) emprego de dispositivos limitadores de corrente;
- f) seleção de tempos de interrupção muito curtos, o que pode ser obtido através de relés instantâneos ou através de dispositivos sensíveis a pressão, luz ou calor, atuando em dispositivos de interrupção rápidos;
- g) operação da instalação a uma distância segura.

6 Seleção e instalação dos componentes

6.1 Prescrições comuns a todos os componentes da instalação

6.1.1 Generalidades

6.1.1.1 A escolha do componente e sua instalação devem permitir que sejam obedecidas as medidas de proteção para garantir a segurança, as prescrições para garantir um funcionamento adequado ao uso da instalação e as prescrições apropriadas às condições de influência externas previsíveis.

6.1.1.2 Os componentes devem ser selecionados e instalados de forma a satisfazer as prescrições enunciadas nesta seção, bem como as prescrições aplicáveis das outras seções desta Norma.

6.1.2 Componentes da instalação

6.1.2.1 Os componentes da instalação devem satisfazer as Normas Brasileiras que lhes sejam aplicáveis e, na falta destas, as normas IEC e ISO.

6.1.2.2 Na falta de Normas Brasileiras, IEC e ISO, os componentes devem ser selecionados através de acordo entre o projetista e o instalador.

6.1.3 Condições de serviço e influências externas

6.1.3.1 Condições de serviço

6.1.3.1.1 Tensão

Os componentes devem ser adequados à tensão nominal (valor eficaz em corrente alternada) da instalação. Se, numa instalação que utiliza o esquema ITx, o condutor neutro for distribuído, os componentes ligados entre uma fase e o neutro devem ser isolados para a tensão entre fases.

6.1.3.1.2 Corrente

Os componentes devem ser escolhidos considerando-se a corrente de projeto (valor eficaz em corrente alternada) que possa percorrê-los em serviço normal. Deve-se igualmente considerar a corrente suscetível de percorrê-los em condições anormais, levando-se em conta a duração da passagem de uma tal corrente, em função das características de funcionamento dos dispositivos de proteção.



6.1.3.1.3 Freqüência

Se a freqüência tiver influência sobre as características dos componentes, a freqüência nominal do componente deve corresponder à freqüência da corrente no circuito pertinente.

6.1.3.1.4 Potência

Os componentes escolhidos segundo suas características de potência devem ser adequados às condições normais de serviço, considerando os regimes de carga que possam ocorrer.

6.1.3.1.5 Compatibilidade

A menos que sejam tomadas medidas adequadas quando da instalação, os componentes devem ser escolhidos de modo a não causar, em serviço normal, efeitos prejudiciais, quer aos demais componentes, quer à rede de alimentação, incluindo condições de manobra. Cuidados específicos devem ser observados no caso do emprego de condutores de alumínio.

6.1.3.2 Influências externas

6.1.3.2.1 Os componentes devem ser selecionados e instalados de acordo com as prescrições da tabela 24. Esta tabela indica as características dos componentes em função das influências externas a que podem ser submetidos e que são definidas em 4.3. As características dos componentes são determinadas, seja por um grau de proteção, seja por conformidade com ensaios.

Tabela 24 — Características dos componentes da instalação em função das influências externas

Código	Influências externas	Características exigidas para seleção e instalação dos componentes
A - Condições ambientais (4.3.1)		
AA AA3 AA4 AA5 AA6	Temperatura ambiente (4.3.1.1) - 25°C a + 5°C - 5°C a + 40°C - 5°C a + 40°C + 5°C a + 60°C	Componentes especialmente projetados ou disposições apropriadas ¹⁾ Normal (em certos casos podem ser necessárias precauções especiais) Normal Componentes especialmente projetados ou disposições apropriadas ¹⁾
AC AC1 AC2	Altitude (4.3.1.2) ≤ 1 000 m > 1 000 m	Normal Podem ser necessárias precauções especiais, tais como a aplicação de fatores de correção.
AD AD1 AD2 AD3 AD4 AD5 AD6 AD7 AD8	Presença de água (4.3.1.3) Desprezível Quedas de gotas de água Aspersão de água Projeção de água Jatos de água Ondas Imersão Submersão	IPX0 IPX1 IPX3 IPX4 IPX5 IPX6 IPX7 IPX8

Tabela 24 (continuação)

Código	Influências externas	Características exigidas para seleção e instalação dos componentes
AE AE1 AE2 AE3 AE4	Presença de corpos sólidos (4.3.1.4) Desprezível Objetos pequenos (2,5 mm) Objetos muito pequenos (1 mm) Poeira	IPOX } IP3X } Ver também 5.1.2 IP4X } { IP5X Se as poeiras puderem penetrar sem prejudicar o funcionamento do componente { IP6X Se as poeiras não penetrarem no componente
AF AF1 AF2 AF3 AF4	Presença de substâncias corrosivas ou poluentes (4.3.1.5) Desprezível Agentes atmosféricos Intermitente Permanente	Normal De acordo com a natureza dos agentes Proteção contra corrosão definida pelas especificações dos componentes Componentes especialmente projetados de acordo com a natureza dos agentes
AG AG1 AG2 AG3 AG4	Choques mecânicos (4.3.1.6) Fracos Médios Significativos Muito significativos	Normal. Por exemplo, componentes para uso doméstico ou análogo Componentes para uso industrial, quando aplicável, ou proteção reforçada Proteção reforçada Proteção muito reforçada
AH AH1 AH2 AH3	Vibrações (4.3.1.6) Fracas Média] Significativas]	Normal Componentes especialmente projetados ou Disposições especiais
AK AK1 AK2	Presença de flora ou mofo (4.3.1.7) Desprezível Riscos	Normal Proteções especiais tais como: — grau de proteção aumentado (ver AE); — componentes especiais ou revestimentos protegendo os invólucros; — disposições para evitar a presença de flora.



Tabela 24 (continuação)

Código	Influências externas	Características exigidas para seleção e instalação dos componentes							
AL AL1 AL2	Presença de fauna (4.3.1.8) Desprezível Riscos	Normal A proteção pode compreender: — um grau de proteção adequado contra a penetração de corpos sólidos (ver AE); — uma resistência mecânica suficiente (ver AG); — precauções para evitar a presença de fauna (como limpeza, uso de pesticidas); — componentes especiais ou revestimentos protegendo os invólucros.							
AM AM1 AM2	Influências eletromagnéticas, eletrostáticas ou ionizantes (4.3.1.9) Desprezível Correntes parasitas	Normal Proteções especiais tais como: — isolamento adequada; — revestimentos protetores especiais; — proteção catódica; — equipotencialidade suplementar.							
AM3 AM4 AM5 AM6	<table style="border: none;"> <tr> <td style="border: none;">Eletromagnéticas</td> <td rowspan="2" style="border: none; font-size: 2em;">}</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Ionizantes</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Eletrostáticas</td> <td style="border: none;"></td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Induções</td> <td style="border: none;"></td> </tr> </table>	Eletromagnéticas	}	Ionizantes	Eletrostáticas		Induções		Proteções especiais tais como: — distanciamento das fontes de radiação; — interposição de telas protetoras; — invólucros especiais. Proteções especiais tais como: — isolamento apropriada do local; — equipotencialidade suplementar. Proteções especiais tais como: — distanciamento das fontes de corrente induzida; — interposição de telas protetoras.
Eletromagnéticas	}								
Ionizantes									
Eletrostáticas									
Induções									
AN AN1 AN2	Radiações solares (4.3.1.10) Desprezíveis Significativas	Normal Disposições especiais tais como: — materiais resistentes à radiação ultravioleta; — revestimentos de cores especiais; — interposição de telas protetoras							

Tabela 24 (continuação)

Código	Influências externas	Características exigidas para seleção e instalação dos componentes
AQ AQ1	Raios (4.3.1.11) Desprezíveis	Normal
B - Utilizações (4.3.2)		
BA BA1 BA4 BA5	Competência das pessoas (4.3.2.1) Comuns Advertidas Qualificadas	Componentes protegidos contra contatos diretos e indiretos Componentes não protegidos contra contatos diretos admitidos apenas nos locais que só sejam acessíveis a pessoas devidamente autorizadas
BB BB1 BB2 BB3	Resistência elétrica do corpo humano (4.3.2.2) Elevada Normal Fraca	Normal Normal Medidas de proteção apropriadas (ver 5.8.1)
BC BC3	Contatos das pessoas com o potencial local (4.3.2.3) Frequentes	Componentes protegidos contra contatos diretos e indiretos
BD BD1 BD2	Fuga das pessoas em emergência (4.3.2.4) Normal Longa	Normal Componentes constituídos de materiais não propagantes de chama e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos ou utilização de materiais não propagantes de chama e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos que envolvam os componentes da instalação
BE BE1 BE2 BE3	Natureza das matérias processadas ou armazenadas (4.3.2.5) Riscos desprezíveis Riscos de incêndio Riscos de explosão	Normal Componentes constituídos de materiais não propagantes de chama. Disposições tais que uma elevação significativa da temperatura, ou uma faísca, no componente, não possa provocar incêndio no exterior. Utilização de materiais não propagantes de chama e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos que envolvam os componentes da instalação Componentes adequados para atmosferas explosivas



Tabela 24 (conclusão)

Código	Influências externas	Características exigidas para seleção e instalação dos componentes
C - Construção de edificações (4.3.3)		
CA CA1	Materiais de construção (4.3.3.1) Não combustíveis	Normal
CB CB1 CB2	Estrutura das edificações (4.3.3.2) Riscos desprezíveis Propagação de incêndio	Normal Componentes constituídos de materiais não propagantes de chama, incluindo fogo de origem não elétrica. Barreiras corta-fogo. Utilização de materiais não propagantes de chama e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos que envolvam os componentes da instalação NOTA Podem ser previstos detectores de incêndio.
CB3	Movimentos	Juntas de dilatação ou de expansão nas linhas elétricas
¹⁾ Podem ser necessárias certas precauções suplementares (por exemplo, lubrificação especial).		

6.1.3.2.2 Quando um componente não possuir, por construção, as características correspondentes às influências externas do local, ele pode ser utilizado sob a condição de que seja provido, por ocasião da execução da instalação, de uma proteção complementar apropriada. Esta proteção não pode afetar as condições de funcionamento do componente protegido.

6.1.3.2.3 Quando diferentes influências externas se produzirem simultaneamente, seus efeitos podem ser independentes ou influenciar-se mutuamente e os graus de proteção devem ser escolhidos de acordo.

6.1.3.2.4 A escolha das características dos componentes em função das influências externas é necessária não somente para seu funcionamento correto, mas também para garantir a confiabilidade das medidas de proteção, em conformidade com as prescrições de 5.1 a 5.9. As medidas de proteção associadas à construção dos componentes são válidas apenas para as condições de influências externas dadas se os correspondentes ensaios previstos nas normas dos componentes forem prescritos para aquelas condições.

NOTAS

1 São consideradas como “normais” as seguintes classes de influências externas:

- AA (temperatura ambiente): AA4;
- AB (umidade atmosférica): ainda não normalizada;
- outras condições ambientais (AC a AR): XX1 de cada parâmetro;
- condições de utilização e de construção das edificações (B e C): XX1 para todos os parâmetros, exceto XX2 para o parâmetro BC.

2 A palavra “normal” que figura na terceira coluna da tabela 24 significa que o componente deve satisfazer, de modo geral, as Normas Brasileiras aplicáveis ou, na sua falta, as normas IEC e ISO ou através de acordo especial entre o projetista e o instalador.

6.1.4 Acessibilidade

Os componentes, inclusive as linhas elétricas, devem ser dispostos de modo a facilitar sua operação, sua inspeção, sua manutenção e o acesso às suas conexões. Tais possibilidades não devem ser significativamente reduzidas pela montagem de equipamentos nos invólucros ou compartimentos.

6.1.5 Identificação dos componentes

6.1.5.1 Generalidades

As placas indicativas ou outros meios adequados de identificação devem permitir identificar a finalidade dos dispositivos de comando e proteção, a menos que não exista qualquer possibilidade de confusão. Se o funcionamento de um dispositivo de comando e proteção não puder ser observado pelo operador e disso puder resultar perigo, uma placa indicativa, ou um dispositivo de sinalização, deve ser colocada(o) em local visível ao operador.

6.1.5.2 Linhas elétricas

As linhas elétricas devem ser dispostas ou marcadas de modo a permitir sua identificação quando da realização de verificações, ensaios, reparos ou modificações da instalação.

6.1.5.3 Condutores

6.1.5.3.1 Qualquer cabo unipolar ou veia de cabo multipolar utilizado como condutor neutro deve ser identificado conforme essa função. Em caso de identificação por cor, deve ser usada a cor azul-claro na veia do cabo multipolar ou na cobertura do cabo unipolar.

NOTA A veia com isolamento azul-claro de um cabo multipolar pode ser usada para outras funções, que não a de condutor neutro, se o circuito não possuir condutor neutro ou se o cabo possuir um condutor periférico utilizado como neutro.

6.1.5.3.2 Qualquer cabo unipolar ou veia de cabo multipolar utilizado como condutor de proteção (PE) deve ser identificado de acordo com essa função. Em caso de identificação por cor, deve ser usada a dupla coloração verde-amarela (cores exclusivas da função de proteção) na veia do cabo multipolar ou na cobertura do cabo unipolar.

NOTA Na falta da dupla coloração verde-amarela, admite-se o uso da cor verde.

6.1.5.3.3 Qualquer cabo unipolar ou veia de cabo multipolar utilizado como condutor PEN deve ser identificado de acordo com essa função. Em caso de identificação por cor, deve ser usada a cor azul-claro, com identificação verde-amarela nos pontos visíveis ou acessíveis, na veia do cabo multipolar ou na cobertura do cabo unipolar.

6.1.5.3.4 Qualquer cabo unipolar ou veia de cabo multipolar utilizado como condutor de fase deve ser identificado de acordo com essa função (por exemplo, por número, disposição, cores ou símbolos) e esta identificação deve estar indicada nos diagramas e desenhos.

6.1.5.3.5 Qualquer condutor nu utilizado como condutor de fase deve ser identificado de acordo com essa função. No caso de a identificação ser feita por cor, devem ser utilizadas as cores definidas em 6.1.5.3.6.

6.1.5.3.6 No caso de emprego de cores para identificação dos condutores de fase, devem ser utilizadas as seguintes cores:

a) em corrente alternada:

— fase A: vermelha;

— fase B: branca;



- fase C: marrom;
- b) em corrente contínua:
 - pólo positivo: vermelha;
 - pólo negativo: preta;
 - condutor médio: branca.

6.1.5.4 Equipamentos

6.1.5.4.1 Quando existirem na mesma instalação tensões diversas ou diferentes espécies de correntes, os equipamentos e materiais afetos a cada uma delas devem, tanto quanto possível, ser agrupados e separados dos outros e ser facilmente identificáveis.

6.1.5.4.2 Os dispositivos de proteção devem estar dispostos e identificados de forma que seja fácil reconhecer os respectivos circuitos protegidos.

6.1.5.4.3 As posições de “fechado” e “aberto” dos equipamentos de manobra de contatos não visíveis devem ser indicadas por meio de letras e cores, devendo ser adotada a seguinte convenção:

I – vermelho: contatos fechados;

O – verde: contatos abertos.

NOTAS

1 Chaves seccionadoras: deslocamento mecânico vertical da alavanca ou punho de manobra para baixo deve corresponder ao equipamento desligado.

2 Disjuntores: Os cabos ou barramentos provenientes da fonte devem estar conectados nos bornes superiores de entrada.

6.1.6 Independência dos componentes

Os componentes devem ser escolhidos e dispostos de modo a impedir qualquer influência prejudicial entre as instalações elétricas e as instalações não elétricas.

6.1.7 Documentação da instalação

6.1.7.1 A instalação deve ser executada a partir de projeto específico, que deve conter no mínimo:

- a) plantas;
- b) esquemas (unifilares e outros que se façam necessários);
- c) detalhes de montagem, quando necessários;
- d) memorial descritivo;
- e) especificação dos componentes: descrição sucinta do componente, características nominais e norma(s) a que devem atender.

6.1.7.2 Após concluída a instalação, a documentação indicada em 6.1.7.1 deve ser revisada de acordo com o que foi executado (projeto “como construído”).

6.2 Seleção e instalação das linhas elétricas

6.2.1 Generalidades

Na seleção e instalação de linhas elétricas deve ser considerada a aplicação de 4.1 aos condutores, suas terminações e/ou emendas, aos suportes e suspensões a eles associados e aos seus invólucros ou métodos de proteção contra influências externas.

6.2.2 Tipos de linhas elétricas

6.2.2.1 Os tipos de linhas elétricas estão indicados na tabela 26.

6.2.2.2 Outros tipos de linhas elétricas, além dos constantes da tabela 25, podem ser utilizados, desde que atendam às prescrições gerais desta seção.

Tabela 25 — Tipos de linhas elétricas

Método de instalação número	Descrição	Método de referência a utilizar para a capacidade de condução de corrente
1	Três cabos unipolares justapostos (na horizontal ou em trifólio) e um cabo tripolar ao ar livre	A
2	Três cabos unipolares espaçados ao ar livre	B
3	Três cabos unipolares justapostos (na horizontal ou em trifólio) e um cabo tripolar em canaleta fechada no solo	C
4	Três cabos unipolares espaçados em canaleta fechada no solo	D
5	Três cabos unipolares justapostos (na horizontal ou em trifólio) e um cabo tripolar em eletroduto ao ar livre	E
6	Três cabos unipolares justapostos (na horizontal ou em trifólio) e um cabo tripolar em banco de dutos ou eletroduto enterrado no solo	F
7	Três cabos unipolares em banco de dutos ou eletrodutos enterrados e espaçados – um cabo por duto ou eletroduto não condutor	G
8	Três cabos unipolares justapostos (na horizontal ou em trifólio) e um cabo tripolar diretamente enterrados	H
9	Três cabos unipolares espaçados diretamente enterrados	I

6.2.3 Cabos unipolares e multipolares

6.2.3.1 Os cabos utilizados nas linhas elétricas devem atender às prescrições da ABNT NBR 6251.

6.2.3.2 Nos locais AD8, independentemente do tipo de cabo, é obrigatório o emprego de condutores com construção bloqueada, conforme ABNT NBR 6251.

6.2.3.3 Nas instalações com tensão nominal superior a 3,6/6 kV, os cabos unipolares e as veias dos cabos multipolares devem ser do tipo a campo elétrico radial (providos de blindagens do condutor e da isolação), conforme a ABNT NBR 6251.

6.2.3.4 A tensão nominal dos cabos deve ser escolhida em função das características da instalação, conforme a ABNT NBR 6251. (C)

6.2.3.5 Nas instalações com tensão nominal superior a 3,6/6 kV, não é permitido o emprego de cabos com isolamento em cloreto de polivinila ou copolímero de cloreto de vinila e acetato de vinila ou polietileno termoplástico.

6.2.3.6 Os acessórios necessários para a correta instalação dos cabos devem ser compatíveis elétrica, química e mecanicamente com eles, atendendo às condições de influências externas previstas para o local de instalação.

6.2.3.7 As linhas pré-fabricadas devem atender às normas específicas e ser instaladas de acordo com as instruções do fabricante. (C)

6.2.4 Seleção e instalação em função das influências externas

NOTA As prescrições relativas à seleção e instalação das linhas são apresentadas na tabela 26, consideradas as influências externas indicadas em 4.3.

Tabela 26 — Seleção e instalação de linhas elétricas em função das influências externas

Código	Classificação	Seleção e instalação das linhas
A - Condições ambientais (4.3.1)		
AA = Temperatura ambiente (4.3.1.1)		
AA3	- 25°C a + 5°C	Para temperaturas inferiores a -10°C, os cabos com isolamento e/ou cobertura de PVC e PE termoplástico, bem como os condutos de PVC, não devem ser manipulados nem submetidos a esforços mecânicos, visto que o PVC e o PE termoplástico podem tornar-se quebradiços
AA4	- 5°C a + 40°C	Quando a temperatura ambiente (ou do solo) for superior aos valores de referência (20°C para linhas subterrâneas e 30°C para as demais), as capacidades de condução de corrente dos condutores e cabos isolados devem ser reduzidas de acordo com 6.2.5.3
AA5	+ 5°C a + 40°C	
AA6	+ 5°C a + 60°C	
AC = Altitude (4.3.1.2) (sem influência)		
AD = Presença de água (4.3.1.3)		
AD1	Desprezível	Nenhuma limitação
AD2	Queda de gotas de água	
AD3	Aspersão de água	Nas condições AD3 a AD6, só devem ser usadas linhas com proteção adicional à penetração de água com os graus IP adequados, a princípio sem revestimento metálico externo
AD4	Projeção de água	
AD5	Jatos de água	
AD6	Ondas	
AD7	Imersão	
AD8	Submersão	Cabos especiais para uso sob água e obrigatório o emprego de condutores com construção bloqueada. Linhas com graus IP adequados, a princípio sem revestimento metálico externo

Tabela 26 (continuação)

Código	Classificação	Seleção e instalação das linhas
AE = Presença de corpos sólidos (4.3.1.4)		
AE1	Desprezível	Nenhuma limitação
AE2	Objetos pequenos	Nenhuma limitação, desde que não haja exposição a danos mecânicos
AE3	Objetos muito pequenos	Nenhuma limitação
AE4	Poeira	Limitações restritas às influências AF, AJ e BE
AF = Presença de substâncias corrosivas ou poluentes (4.3.1.5)		
AF1	Desprezível	Nenhuma limitação
AF2	Agentes presentes na atmosfera Intermitente	As linhas devem ser protegidas contra corrosão ou contra agentes químicos. Os cabos uni e multipolares com cobertura extrudada são considerados adequados
AF3		
AF4	Permanente	Só é admitido o uso de cabos uni ou multipolares adequados aos agentes químicos presentes
AG = Choques mecânicos (4.3.1.6)		
AG1	Fracos	Nenhuma limitação
AG2	Médios	Linhas com proteção leve, sendo que os cabos uni e multipolares usuais são considerados adequados
AG3	Significativos	Linhas com proteção reforçada (AG3) e muito reforçada (AG4), observando-se que os cabos uni e multipolares providos de armação metálica são considerados adequados (armação intertravada para condição AG4)
AG4	Muito significativos	
AH = Vibrações (4.3.1.6)		
AH1	Fracas	Nenhuma limitação
AH2	Médias	Nenhuma limitação
AH3	Significativas	Só podem ser utilizadas linhas flexíveis constituídas por cabos uni ou multipolares flexíveis
AK = Presença de flora ou mofo (4.3.1.7)		
AK1	Desprezível	Nenhuma limitação
AK2	Riscos	Deve ser avaliada a necessidade de utilizar: <ul style="list-style-type: none"> — cabos providos de armação, se diretamente enterrados; — materiais especiais ou revestimento adequado protegendo cabos ou eletrodutos
AL = Presença de fauna (4.3.1.8)		
AL1	Desprezível	Nenhuma limitação
AL2	Riscos	Linhas com proteção especial. Se existir risco devido à presença de roedores e cupins, deve ser usada uma das soluções: <ul style="list-style-type: none"> — cabos providos de armação — materiais especialmente aditivados ou revestimento adequado em cabos ou eletrodutos

Tabela 26 (continuação)

Código	Classificação	Seleção e instalação das linhas
AM = Influências eletromagnéticas, eletrostáticas ou ionizantes (4.3.1.9)		
AM1	Desprezível	Nenhuma limitação
AM2	Correntes parasitas	Para as condições AM2, AM3 e AM5, a proteção pode ser garantida por revestimento metálico contínuo e aterrado, ou também por distanciamento. Para a condição AM4, deve-se recorrer a normas específicas
AM3		
AM4	Eletromagnéticas ionizantes	
AM5	Eletrostáticas	
AM6	Indução	Cabos com projeto especial, levando em consideração o fator de blindagem
AN = Radiações solares (4.3.1.10)		
AN1	Desprezível	Nenhuma limitação
AN2	Significativas	Os cabos ao ar livre ou em condutos abertos e os condutos devem ser resistentes às intempéries. A elevação da temperatura da superfície dos cabos deve ser levada em conta nos cálculos da capacidade de condução de corrente
B – Utilizações		
BA = Competência das pessoas (4.3.2.1) (sem influência)		
BB = Resistência elétrica do corpo humano (4.3.2.2)		
BB1	Elevada	Nenhuma limitação
BB2	Normal	
BB3	Fraca	Só devem ser utilizados, em princípio, cabos uni ou multipolares sem armação condutora. Admite-se o uso de cabos multipolares providos de armação condutora, desde que esta seja ligada ao condutor de proteção do circuito, nas duas extremidades
BC = Contatos de pessoas com o potencial local (4.3.2.3)		
BC3	Freqüentes	Só devem ser utilizados, em princípio, cabos sem armação condutora. Admite-se utilizar cabos multipolares providos de armação condutora, desde que esta seja ligada ao condutor de proteção do circuito nas duas extremidades. Admite-se também o uso de eletrodutos metálicos, desde que aterrados nas duas extremidades

Tabela 26 (continuação)

Código	Classificação	Seleção e instalação das linhas
BD = Fuga das pessoas em emergência (4.3.2.4)		
BD1	Normal	Nenhuma limitação
BD2	Longa	As linhas elétricas aparentes devem atender a uma das seguintes condições: a) no caso de linhas constituídas por cabos fixados em paredes ou em tetos, ou constituídas por condutos abertos, os cabos devem ser resistentes ao fogo sob condições simuladas de incêndio, livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos b) no caso de linhas em condutos fechados, estes devem ser resistentes ao fogo sob condições simuladas de incêndio, livres de halogênios e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos
BE = Natureza dos materiais processados ou armazenados (4.3.2.5)		
BE1	Riscos desprezíveis	Nenhuma limitação
BE2	Riscos de incêndio	As linhas elétricas aparentes devem atender a uma das seguintes condições: a) no caso de linhas constituídas por cabos fixados em paredes ou em tetos, ou constituídas por condutos abertos, os cabos devem ser resistentes ao fogo sob condições simuladas de incêndio, livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos b) no caso de linhas em condutos fechados, estes devem ser resistentes ao fogo sob condições simuladas de incêndio, livres de halogênios e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos
BE3	Riscos de explosão	Linhas protegidas por escolha adequada da maneira de instalar
C - Construção das edificações		
CA = Materiais de construção (4.3.3.1)		
CA1	Não combustíveis	Nenhuma limitação
CA2	Combustíveis	As linhas elétricas aparentes devem atender a uma das seguintes condições: a) no caso de linhas constituídas por cabos fixados em paredes ou em tetos, ou constituídas por condutos abertos, os cabos devem ser resistentes ao fogo sob condições simuladas de incêndio, livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos b) no caso de linhas em condutos fechados, estes devem ser resistentes ao fogo sob condições simuladas de incêndio, livres de halogênios e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos

Tabela 26 (conclusão)

Código	Classificação	Seleção e instalação das linhas
CB = Estrutura das edificações (4.3.3.2)		
CB1	Riscos desprezíveis	Nenhuma limitação
CB2	Propagação de incêndio	As linhas elétricas aparentes devem atender a uma das seguintes condições: a) no caso de linhas constituídas por cabos fixados em paredes ou em tetos, ou constituídas por condutos abertos, os cabos devem ser resistentes ao fogo sob condições simuladas de incêndio, livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos b) no caso de linhas em condutos fechados, estes devem ser resistentes ao fogo sob condições simuladas de incêndio, livres de halogênios e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos
CB3	Movimentos	Linhas flexíveis ou contendo juntas de dilatação e de expansão
CB4	Flexíveis	Só podem ser utilizadas linhas flexíveis constituídas por cabos uni ou multipolares flexíveis

6.2.5 Capacidades de condução de corrente

As prescrições desta subseção são destinadas a garantir uma vida satisfatória aos cabos elétricos submetidos aos efeitos térmicos produzidos pela circulação de correntes de valores iguais às capacidades de condução de corrente respectivas, durante períodos prolongados em serviço normal. Outras considerações intervêm na determinação da seção dos condutores, tais como as prescrições para a proteção contra choques elétricos (ver 5.1), a proteção contra efeitos térmicos (ver 5.2), a proteção contra sobrecorrentes (ver 5.3), a queda de tensão (ver 6.2.7), bem como as temperaturas limites para os terminais de equipamentos aos quais os condutores sejam ligados.

6.2.5.1 Métodos de referência

Os métodos de referência são os métodos de instalação para os quais a capacidade de condução de corrente foi determinada por cálculo. São eles:

- A - cabos unipolares justapostos (na horizontal ou em trifólio) e cabos tripolares ao ar livre;
- B - cabos unipolares espaçados ao ar livre;
- C - cabos unipolares justapostos (na horizontal ou em trifólio) e cabos tripolares em canaletas fechadas no solo;
- D - cabos unipolares espaçados em canaletas fechadas no solo;
- E - cabos unipolares justapostos (na horizontal ou em trifólio) e cabos tripolares em eletroduto ao ar livre;
- F - cabos unipolares justapostos (na horizontal ou em trifólio) e cabos tripolares em banco de dutos ou eletrodutos enterrados no solo;
- G - cabos unipolares em banco de dutos ou eletrodutos enterrados e espaçados – um cabo por duto ou eletroduto não condutor;
- H - cabos unipolares justapostos (na horizontal ou em trifólio) e cabos tripolares diretamente enterrados;
- I - cabos unipolares espaçados diretamente enterrados.

NOTAS

- 1 Nos métodos A e B, o cabo é instalado com convecção livre (sobre isoladores, bandejas, leitos etc.) e a distância a qualquer superfície adjacente deve ser de no mínimo 0,5 vez o diâmetro externo do cabo, para cabo unipolar, ou no mínimo 0,3 vez o diâmetro externo do cabo, para cabo tripolar, sem levar em consideração o efeito da radiação solar direta.
- 2 Nos métodos C e D, o cabo é instalado em canaleta fechada, com 0,5 m de largura e 0,5 m de profundidade, e a distância a qualquer superfície adjacente deve ser de no mínimo 0,5 vez o diâmetro externo do cabo, para cabo unipolar, ou no mínimo 0,3 vez o diâmetro externo do cabo, para cabo tripolar.
- 3 No método E, o cabo é instalado num eletroduto não condutor e a distância a qualquer superfície adjacente deve ser de no mínimo 0,3 vez o diâmetro externo do eletroduto, sem levar em consideração o efeito da radiação solar direta.
- 4 No método F, os cabos unipolares são instalados num eletroduto não condutor e os cabos tripolares em eletrodutos não condutores, metálico no solo de resistividade térmica de 2,5 K.m/W, a uma profundidade de 0,9 m. Foi considerado, no caso de banco de duto, largura de 0,3 m e altura de 0,3 m, e com resistividade térmica de 1,2 K.m/W.
- 5 No método G, os cabos unipolares são instalados em eletrodutos não condutores espaçados do duto adjacente em uma vez o diâmetro externo do duto, no solo de resistividade térmica de 2,5 K.m/W, a uma profundidade de 0,9 m. Foi considerado, no caso de banco de duto, largura de 0,5 m e altura de 0,5 m, com quatro dutos, e com resistividade térmica de 1,2 K.m/W.
- 6 No método H, o cabo é instalado diretamente no solo de resistividade térmica de 2,5 K.m/W, a uma profundidade de 0,9 m.
- 7 No método I, o cabo é instalado diretamente no solo de resistividade térmica de 2,5 K.m/W, a uma profundidade de 0,9 m e o espaçamento entre os cabos unipolares deve ser no mínimo igual ao diâmetro externo do cabo.
- 8 Na tabela 25, para cada método de instalação, é indicado o método de referência correspondente utilizado para a obtenção da capacidade de condução de corrente.

6.2.5.2 Generalidades

6.2.5.2.1 A corrente transportada por qualquer condutor, durante períodos prolongados em funcionamento normal, deve ser tal que a temperatura máxima para serviço contínuo dada na tabela 27 não seja ultrapassada. A capacidade de condução de corrente deve estar de acordo com 6.2.5.2.2 ou determinada de acordo com 6.2.5.2.3.

Tabela 27 — Temperaturas características dos condutores

Tipo de isolamento	Temperatura máxima para serviço contínuo (condutor) °C	Temperatura limite de sobrecarga (condutor) °C	Temperatura limite de curto-circuito (condutor) °C
Cloreto de polivinila (PVC)	70	100	160
Polietileno (PE)	70	100	160
Borracha etileno-propileno (EPR)	90	130	250
Polietileno reticulado (XLPE)	90	130	250
Borracha etileno-propileno (EPR 105)	105	140	250

6.2.5.2.2 A prescrição de 6.2.5.2.1 é considerada atendida se a corrente nos cabos não for superior às capacidades de condução de corrente adequadamente escolhidas nas tabelas 28, 29, 30 e 31, afetadas, se for o caso, dos fatores de correção dados nas tabelas 32 a 38. 

NOTAS

1 As tabelas 28, 29, 30 e 31 dão as capacidades de condução de corrente para os métodos de referência A, B, C, D, E, F, G, H e I, descritos em 6.2.5.1.2, aplicáveis aos diversos tipos de linhas, conforme indicado na tabela 25.

2 As capacidades de condução de corrente dadas nas tabelas 28, 29, 30 e 31 referem-se ao funcionamento contínuo em regime permanente (fator de carga 100%), em corrente contínua ou em corrente alternada com frequência de 50 Hz ou 60 Hz.

3 As capacidades de condução de corrente em canaletas (colunas C e D das tabelas de 28 a 31) foram calculadas para condições de instalação pré-fixadas (exemplo: dimensões das canaletas, agrupamento dos cabos etc.). A alteração de uma ou mais dessas condições de instalação implica uma variação na temperatura no interior da canaleta, diferente da utilizada no cálculo dos valores. Dessa forma, recomenda-se consultar o fabricante de cabos, caso seja necessário o cálculo dos fatores de correção para este tipo de instalação.

6.2.5.2.3 Os valores adequados de capacidades de condução de corrente podem ser calculados como indicado na ABNT NBR 11301. Em cada caso pode-se levar em consideração as características da carga e, para os cabos enterrados, a resistividade térmica real do solo. 

6.2.5.3 Temperatura ambiente

6.2.5.3.1 O valor da temperatura ambiente a utilizar é o da temperatura do meio circundante quando o cabo ou o condutor considerado não estiver carregado. 

6.2.5.3.2 Quando o valor da capacidade de condução de corrente for escolhido utilizando as tabelas 28 a 31, as temperaturas ambientes de referência são as seguintes:

- a) para cabos enterrados diretamente no solo ou em eletrodutos enterrados: 20°C;
- b) para as demais maneiras de instalar: 30°C.

6.2.5.3.3 Quando forem utilizadas as tabelas 28 a 31 e a temperatura ambiente no local em que devem ser instalados os cabos diferir das temperaturas de referência, os fatores de correção especificados na tabela 32 devem ser aplicados aos valores de capacidade de condução de corrente das tabelas 28 a 31.

6.2.5.3.4 Os fatores de correção da tabela 32 não consideram o aumento de temperatura devido à radiação solar ou a outras radiações infravermelhas. Quando os cabos forem submetidos a tais radiações, as capacidades de condução de corrente devem ser calculadas pelos métodos especificados na ABNT NBR 11301.

6.2.5.4 Resistividade térmica do solo

6.2.5.4.1 As capacidades de condução de corrente das tabelas 28 a 31 para os cabos enterrados correspondem a uma resistividade térmica do solo de 2,5 K.m/W.

6.2.5.4.2 Em locais onde a resistividade térmica do solo for superior a 2,5 K.m/W, caso típico de solos secos, deve ser feita uma redução adequada nos valores de capacidade de condução de corrente, a menos que o solo na vizinhança imediata dos cabos seja substituído por terra mais apropriada. A tabela 33 fornece os fatores de correção para resistividades térmicas do solo diferentes de 2,5 K.m/W.

6.2.5.5 Agrupamento de circuitos

6.2.5.5.1 Os fatores de correção especificados nas tabelas 34 a 38 são aplicáveis a grupos de cabos unipolares ou cabos multipolares com a mesma temperatura máxima para serviço contínuo. Para grupos contendo cabos com diferentes temperaturas máximas para serviço contínuo, a capacidade de condução de corrente de todos os cabos do grupo deve ser baseada na menor das temperaturas máximas para serviço contínuo de qualquer cabo do grupo, afetada do fator de correção adequado.

6.2.5.5.2 Se, devido a condições de funcionamento conhecidas, um circuito ou cabo multipolar for previsto para conduzir não mais do que 30% da capacidade de condução de corrente de seus condutores, já afetada pelo fator de correção aplicável, o circuito ou cabo multipolar pode ser omitido para efeito da obtenção do fator de correção do restante do grupo.

6.2.5.6 Condutores em paralelo

Quando dois ou mais condutores são ligados em paralelo na mesma fase ou polaridade, devem ser tomadas medidas para garantir que a corrente se divida igualmente entre eles.

6.2.5.7 Variações das condições de instalação num percurso

Quando os condutores e cabos são instalados num percurso ao longo do qual as condições de resfriamento (dissipação de calor) variam, as capacidades de condução de corrente devem ser determinadas para a parte do percurso que apresenta as condições mais desfavoráveis.

Tabela 28 — Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A, B, C, D, E, F, G, H e I

- cabos unipolares e multipolares - condutor de cobre, isolamento de XLPE e EPR
- temperatura de 90°C no condutor
- temperaturas: 30°C (ambiente); 20°C (solo)

		Métodos de instalação definidos na tabela 25									
		Seção mm ²	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Tensão nominal menor ou igual a 8,7/15 kV		10	87	105	80	92	67	55	63	65	78
		16	114	137	104	120	87	70	81	84	99
		25	150	181	135	156	112	90	104	107	126
		35	183	221	164	189	136	108	124	128	150
		50	221	267	196	226	162	127	147	150	176
		70	275	333	243	279	200	154	178	183	212
		95	337	407	294	336	243	184	213	218	250
		120	390	470	338	384	278	209	241	247	281
		150	445	536	382	433	315	234	270	276	311
		185	510	613	435	491	357	263	304	311	347
		240	602	721	509	569	419	303	351	358	395
		300	687	824	575	643	474	340	394	402	437
		400	796	959	658	734	543	382	447	453	489
		500	907	1100	741	829	613	426	502	506	542
		630	1027	1258	829	932	686	472	561	562	598
		800	1148	1411	916	1031	761	517	623	617	655
	1000	1265	1571	996	1126	828	555	678	666	706	
Tensão nominal maior que 8,7/15 kV		16	118	137	107	120	91	72	83	84	98
		25	154	179	138	155	117	92	106	108	125
		35	186	217	166	187	139	109	126	128	149
		50	225	259	199	221	166	128	148	151	175
		70	279	323	245	273	205	156	181	184	211
		95	341	394	297	329	247	186	215	219	250
		120	393	454	340	375	283	211	244	248	281
		150	448	516	385	423	320	236	273	278	311
		185	513	595	437	482	363	265	307	312	347
		240	604	702	510	560	425	306	355	360	395
		300	690	802	578	633	481	342	398	404	439
		400	800	933	661	723	550	386	452	457	491
		500	912	1070	746	817	622	431	507	511	544
		630	1032	1225	836	920	698	477	568	568	602
	800	1158	1361	927	1013	780	525	632	628	660	
	1000	1275	1516	1009	1108	849	565	688	680	712	

Tabela 29 — Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A, B, C, D, E, F, G, H e I

- cabos unipolares e multipolares - condutor de alumínio, isolamento de XLPE e EPR
- temperatura de 90°C no condutor
- temperaturas: 30°C (ambiente); 20°C (solo)

		Métodos de instalação definidos na tabela 26									
		Seção mm ²	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Tensão nominal menor ou igual a 8,7/15 kV	10	67	81	61	71	51	42	49	50	60	
	16	88	106	80	93	67	55	63	65	77	
	25	116	140	105	121	87	70	81	83	98	
	35	142	172	127	147	105	83	96	99	117	
	50	171	208	152	176	126	98	114	117	137	
	70	214	259	188	217	156	120	139	142	166	
	95	262	317	228	262	188	143	166	169	197	
	120	303	367	263	300	216	163	189	192	222	
	150	346	418	297	338	245	182	211	215	246	
	185	398	480	339	385	279	205	239	243	276	
	240	472	566	398	448	328	238	277	281	316	
	300	541	649	453	508	373	267	312	316	352	
	400	635	763	525	586	433	305	357	361	398	
	500	735	885	601	669	496	345	406	409	447	
	630	848	1026	685	763	566	388	461	462	501	
	800	965	1167	770	856	640	432	519	517	556	
1000	1083	1324	853	953	709	473	576	568	610		
Tensão nominal maior que 8,7/15 kV	16	91	106	82	93	70	56	64	65	76	
	25	119	139	107	121	91	71	82	83	97	
	35	144	169	129	145	108	84	98	99	116	
	50	174	201	154	172	129	100	115	117	137	
	70	217	251	190	212	159	121	141	143	166	
	95	264	306	230	256	192	145	168	170	196	
	120	306	354	264	293	220	164	191	193	221	
	150	348	402	299	330	248	183	213	216	246	
	185	400	465	341	377	283	207	241	244	276	
	240	472	550	399	440	333	239	280	282	316	
	300	541	630	454	498	378	269	315	317	352	
	400	634	740	525	575	437	306	361	363	399	
	500	733	858	601	657	501	347	410	412	448	
	630	845	994	686	750	572	391	465	465	502	
	800	961	1119	774	837	649	437	526	522	559	
	1000	1081	1270	858	934	722	479	584	576	614	

Tabela 30 — Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A, B, C, D, E, F, G, H e I

- cabos unipolares e multipolares - condutor de cobre, isolamento de EPR
- temperatura de 105°C no condutor
- temperaturas: 30°C (ambiente); 20°C (solo)

		Métodos de instalação definidos na tabela 25								
Seção mm ²		A	B	C	D	E	F	G	H	I
Tensão nominal menor ou igual a 8,7/15 kV	10	97	116	88	102	75	60	68	70	84
	16	127	152	115	133	97	76	88	90	107
	25	167	201	150	173	126	98	112	115	136
	35	204	245	182	209	153	117	134	137	162
	50	246	297	218	250	183	138	158	162	190
	70	307	370	269	308	225	168	192	197	229
	95	376	453	327	372	273	200	229	235	270
	120	435	523	375	425	313	227	260	266	303
	150	496	596	424	479	354	254	291	298	336
	185	568	683	482	543	403	286	328	335	375
	240	672	802	564	630	472	330	379	387	427
	300	767	918	639	712	535	369	426	434	473
	400	890	1070	731	814	613	416	483	490	529
	500	1015	1229	825	920	693	465	543	548	588
	630	1151	1408	924	1035	777	515	609	609	650
800	1289	1580	1022	1146	863	565	676	671	712	
1000	1421	1762	1112	1253	940	608	738	725	769	
Tensão nominal maior que 8,7/15 kV	16	131	151	118	132	102	78	90	91	106
	25	171	199	153	171	131	100	114	116	135
	35	207	240	184	206	156	118	136	138	161
	50	250	286	220	244	187	139	160	163	189
	70	b	357	272	301	230	169	195	198	228
	95	379	436	329	362	278	202	232	236	269
	120	438	503	377	414	319	229	263	267	303
	150	498	572	426	467	360	256	294	299	336
	185	571	660	484	532	409	288	331	337	375
	240	672	779	565	619	479	332	383	389	427
	300	768	891	641	699	542	372	430	436	475
	400	891	1037	734	800	621	420	488	493	531
	500	1018	1192	829	905	703	469	549	553	590
	630	1155	1367	930	1020	790	521	616	616	653
	800	1297	1518	1033	1124	882	574	686	682	718
1000	1430	1694	1125	1231	961	619	748	739	775	

Tabela 31 — Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A, B, C, D, E, F, G, H e I

- cabos unipolares e multipolares – condutor de alumínio, isolamento de EPR
- temperatura de 90°C no condutor
- temperaturas: 30°C (ambiente); 20°C (solo)

		Métodos de instalação definidos na tabela 25								
Seção mm ²		A	B	C	D	E	F	G	H	I
Tensão nominal menor ou igual a 8,7/15 kV	10	75	89	68	79	58	51	53	54	64
	16	98	118	89	103	75	66	68	70	83
	25	129	156	116	134	98	85	87	89	106
	35	158	190	141	162	118	102	104	106	126
	50	191	231	169	194	141	121	123	126	148
	70	239	288	209	240	175	147	150	153	179
	95	292	352	253	289	212	177	179	182	212
	120	338	408	291	331	243	201	203	207	239
	150	385	464	329	374	275	226	227	231	266
	185	443	534	376	425	314	256	257	261	298
	240	525	629	441	495	370	298	298	303	341
	300	603	722	502	561	421	337	336	341	381
	400	708	850	582	648	488	387	386	389	430
	500	820	986	666	740	560	440	439	442	483
	630	947	1145	760	844	639	499	498	499	542
800	1079	1302	856	948	723	560	562	559	603	
1000	1213	1480	950	1057	803	618	624	616	663	
Tensão nominal maior que 8,7/15 kV	16	101	117	91	102	79	68	69	70	82
	25	133	154	118	133	102	87	89	90	105
	35	160	186	143	160	121	103	105	107	125
	50	194	222	171	189	145	123	124	126	147
	70	241	278	211	234	179	150	152	154	178
	95	294	339	255	282	216	179	181	183	211
	120	340	391	293	323	247	204	205	208	239
	150	387	445	330	363	279	229	230	232	265
	185	444	516	377	416	318	259	260	262	298
	240	524	610	441	485	374	302	302	304	341
	300	601	699	501	550	425	340	340	342	381
	400	705	822	581	635	493	390	389	391	431
	500	815	953	665	726	565	444	443	444	484
	630	941	1106	760	829	646	504	503	503	543
	800	1070	1244	857	926	733	568	569	565	606
1000	1205	1414	953	1034	815	628	632	624	666	

Tabela 32 — Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para linhas não subterrâneas e de 20°C (temperatura do solo) para linhas subterrâneas

Temperatura °C	Isolação	
	EPR ou XLPE	EPR 105
Ambiente	1,15	1,13
10	1,12	1,10
15	1,08	1,06
20	1,04	1,03
25	0,96	0,97
35	0,91	0,93
40	0,87	0,89
45	0,82	0,86
50	0,76	0,82
55	0,71	0,77
60	0,65	0,73
65	0,58	0,68
70	0,50	0,63
75	0,41	0,58
80		
Do solo		
10	1,07	1,06
15	1,04	1,03
25	0,96	0,97
30	0,93	0,94
35	0,89	0,91
40	0,85	0,87
45	0,80	0,84
50	0,76	0,80
55	0,71	0,76
60	0,65	0,72
65	0,60	0,68
70	0,53	0,64
75	0,46	0,59
80	0,38	0,54

Tabela 33 — Fatores de correção para cabos contidos em eletrodutos enterrados no solo ou diretamente enterrados, com resistividades térmicas diferentes de 2,5 K.m/W, a serem aplicados às capacidades de condução de corrente do método de referência F, G, H e I

Resistividade térmica (K.m/W)	1	1,5	2	3
Fator de correção métodos F e G	1,25	1,15	1,07	0,94
Fator de correção métodos H e I	1,46	1,24	1,10	0,92

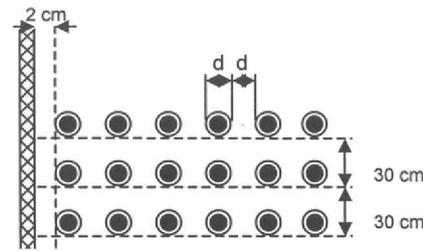
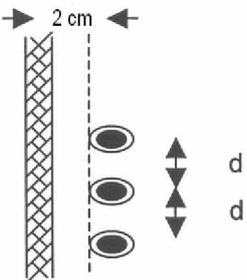
NOTAS

1 Os fatores de correção dados são valores médios para as seções nominais incluídas nas tabelas 28, 29, 30 e 31, com uma dispersão geralmente inferior a 5%.

2 Os fatores de correção são aplicáveis a cabos em eletrodutos enterrados ou diretamente enterrados, a uma profundidade de até 0,9 m.

3 Fatores de correção para resistividades térmicas diferentes podem ser calculados pelos métodos dados na ABNT NBR 11301.

Tabela 34 — Fatores de correção para cabos unipolares em plano espaçados ao ar livre a serem aplicados às capacidades de condução de corrente do método de referência B

Agrupamento de cabos em sistemas trifásicos, instalados em ambientes abertos e ventilados. Estes valores são válidos, desde que os cabos mantenham as disposições de instalação propostas		Número de ternas			
		1	2	3	
Instalação em bandejas 	Número de bandejas	Fator de correção (fa)			
		1	1,00	0,97	0,96
		2	0,97	0,94	0,93
		3	0,96	0,93	0,92
		6	0,94	0,91	0,90
Instalação vertical		0,94	0,91	0,89	
Casos onde não há necessidade de correção	No caso de instalações em plano, aumentando-se a distância entre os cabos, reduz-se o aquecimento mútuo. Entretanto, simultaneamente, aumentam-se as perdas nas blindagens metálicas. Por isso torna-se impossível dar indicação sobre disposições para as quais não há necessidade de fator de correção.				
NOTAS					
1 Esses fatores são aplicáveis a grupos de cabos uniformemente carregados.					
2 Os valores indicados são médios para a faixa usual de seções nominais, com dispersão geralmente inferior a 5%.					

6.2.6 Correntes de curto-circuito

6.2.6.1 Correntes de curto-circuito nos condutores

Os valores máximos das correntes de curto-circuito que podem percorrer os condutores dos cabos devem ser indicados pelos fabricantes.

6.2.6.2 Correntes de curto-circuito na blindagem metálica do cabo

Os valores máximos das correntes de curto-circuito que podem percorrer as blindagens metálicas dos cabos devem ser indicados pelos fabricantes.

6.2.7 Quedas de tensão

NOTA Para o cálculo da queda de tensão num circuito, deve ser utilizada a corrente de projeto do circuito, calculada a partir das prescrições de 4.2.1.

6.2.7.1 A queda de tensão entre a origem de uma instalação e qualquer ponto de utilização deve ser menor ou igual a 5%.

6.2.7.2 Quedas de tensão maiores que as indicadas em 6.2.7.1 são permitidas para equipamentos com corrente de partida elevada, durante o período de partida, desde que dentro dos limites permitidos em suas normas respectivas.

Tabela 35 — Fatores de correção para cabos unipolares em trifólio ao ar livre a serem aplicados às capacidades de condução de corrente do método de referência A

Agrupamento de cabos em sistemas trifásicos, instalados em ambientes abertos e ventilados. Estes valores são válidos, desde que os cabos mantenham as disposições de instalação propostas			Número de ternas			
			1	2	3	
Instalação em bandejas		Número de bandejas	Fator de correção (fa)			
			1	1,00	0,98	0,96
			2	1,00	0,95	0,93
			3	1,00	0,94	0,92
			6	1,00	0,93	0,90
Instalação vertical			1,00	0,93	0,90	
Casos onde não há necessidade de correção			Número qualquer de ternas			
<p>NOTAS</p> <p>1 Esses fatores são aplicáveis a grupos de cabos uniformemente carregados.</p> <p>2 Os valores indicados são médios para a faixa usual de seções nominais, com dispersão geralmente inferior a 5%.</p>						

Tabela 36 — Fatores de correção para cabos tripolares ao ar livre a serem aplicados às capacidades de condução de corrente do método de referência A

Agrupamento de cabos em sistemas trifásicos, instalados em ambientes abertos e ventilados. Estes valores são válidos, desde que os cabos mantenham as disposições de instalação propostas		Número de cabos					
		1	2	3	6	9	
Instalação em bandejas		Número de bandejas	Fator de correção (fa)				
		1	1,00	0,98	0,96	0,93	0,92
		2	1,00	0,95	0,93	0,90	0,89
		3	1,00	0,94	0,92	0,89	0,88
		6	1,00	0,93	0,90	0,87	0,86
Instalação vertical		1,00	1,00	0,90	0,87	0,87	
Casos onde não há necessidade de correção		Número qualquer de cabos					
NOTAS							
1 Esses fatores são aplicáveis a grupos de cabos uniformemente carregados.							
2 Os valores indicados são médios para a faixa usual de seções nominais, com dispersão geralmente inferior a 5%.							

6.2.8 Conexões

6.2.8.1 As conexões de condutores entre si e com equipamentos devem ser adequadas aos materiais do(s) condutor(es) ou dos terminais dos equipamentos e instaladas e utilizadas de modo adequado.

6.2.8.2 As conexões devem estar em condições de suportar os esforços provocados por correntes de valores iguais às capacidades de condução de corrente e por correntes de curto-circuito, determinadas pelas características dos dispositivos de proteção. Por outro lado, as conexões não devem sofrer modificações inadmissíveis em decorrência de seu aquecimento, do envelhecimento dos isolantes e das vibrações que ocorrem em serviço normal. Em particular, devem ser consideradas as influências da dilatação térmica e das tensões eletroquímicas que variam de metal para metal, bem como as influências das temperaturas que afetam a resistência mecânica dos materiais.



6.2.8.3 Devem ser tomadas precauções para evitar que partes metálicas de conexões energizem outras partes metálicas normalmente isoladas de partes vivas.

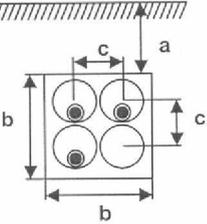
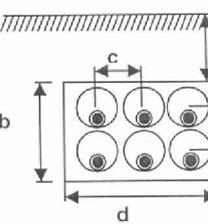
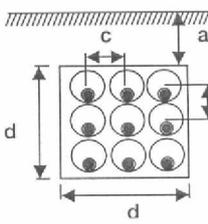
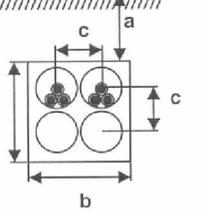
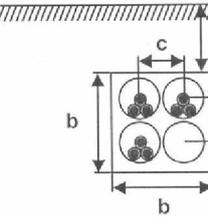
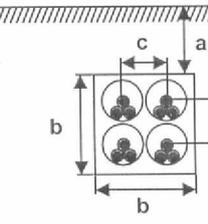
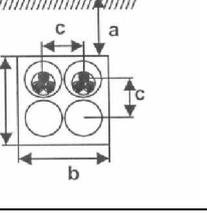
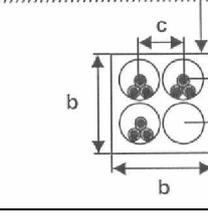
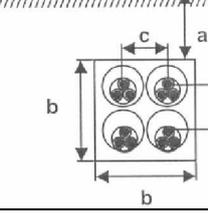
6.2.8.4 Salvo nos casos de linhas aéreas, as conexões de condutores entre si e com equipamentos não devem ser submetidas a qualquer esforço de tração ou de torção.

6.2.8.5 Para as linhas elétricas constituídas por condutos fechados, só se admitem conexões contidas em invólucros apropriados, tais como caixas, quadros etc., que garantam a necessária acessibilidade e proteção mecânica.

6.2.8.6 As conexões devem ser realizadas de modo que a pressão de contato independa do material isolante.

6.2.8.7 Quando dispositivos ou equipamentos elétricos forem previstos para serem diretamente ligados a condutores de alumínio, estes devem atender aos requisitos das normas de conexões para alumínio.

Tabela 37 — Fatores de correção para cabos unipolares e cabos tripolares em banco de dutos a serem aplicados às capacidades de condução de corrente dos métodos de referência F e G

Multiplicar pelos valores do método de referência G (um cabo unipolar por duto)			
Até seção 95 mm ² inclusive	1,00	0,90	0,82
Acima de 95 mm ²	1,00	0,87	0,77
Multiplicar pelos valores do método de referência F (três cabos unipolares em trifólio por duto)			
Até seção 95 mm ² inclusive	0,91	0,85	0,79
Acima de 95 mm ²	0,88	0,81	0,73
Multiplicar pelos valores do método de referência F (1 cabo tripolar por duto)			
Até seção 95 mm ² inclusive	0,91	0,85	0,79
Acima de 95 mm ²	0,88	0,81	0,73

NOTAS

1 Os valores indicados são aplicáveis para uma resistividade térmica do solo de 0,9 K.m/W. São valores médios para as mesmas dimensões dos cabos utilizados nas colunas F e G das tabelas 28 a 31. Os valores médios arredondados podem apresentar erros de 10% em certos casos. Se forem necessários valores mais precisos ou para outras configurações, deve-se recorrer à ABNT NBR 11301.

2 Dimensões: a = 76 cm, b = 48 cm, c = 20 cm, d = 68 cm.

6.2.8.8 As conexões para alumínio com aperto por meio de parafuso devem ser instaladas de forma a garantir pressão adequada sobre o condutor de alumínio. Esta pressão é assegurada pelo uso de torque controlado durante o aperto do parafuso. O torque adequado deve ser fornecido pelo fabricante do conector ou do equipamento que possua os conectores.

6.2.8.9 As conexões prensadas devem ser realizadas por meio de ferramentas adequadas para o tipo de tamanho de conector utilizado, de acordo com as recomendações do fabricante do conector.

6.2.8.10 Em condutores de alumínio somente são admitidas emendas por meio de conectores por compressão ou solda adequada.

6.2.8.11 A conexão entre cobre e alumínio somente deve ser realizada por meio de conectores adequados a este fim.

6.2.8.12 Em locais sujeitos às condições de influências externas AD2, AD3 e AD4, todos os componentes de uma conexão devem ser protegidos contra corrosões provocadas pela presença de água e/ou umidade



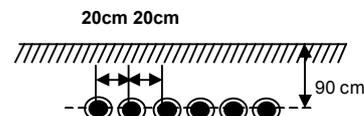
Tabela 38 — Fatores de correção para cabos unipolares e cabos tripolares em banco de dutos a serem aplicados às capacidades de condução de corrente dos métodos de referência H e I

Multiplicar pelos valores do método de referência I (cabos unipolares espaçados diretamente enterrados)			
Até seção 95 mm ² inclusive	1,00	0,87	0,80
Acima de 95 mm ²	1,00	0,85	0,78
Multiplicar pelos valores do método de referência H (cabos unipolares em trifólio diretamente enterrados)			
Até seção 95 mm ² inclusive	0,86	0,79	0,71
Acima de 95 mm ²	0,83	0,76	0,67
Multiplicar pelos valores do método de referência H (cabo tripolar diretamente enterrado)			
Até seção 95 mm ² inclusive	0,86	0,79	0,71
Acima de 95 mm ²	0,83	0,76	0,67

NOTAS

1 Os valores indicados são aplicáveis para uma resistividade térmica do solo de 2,5 K.m/W. São valores médios para as mesmas dimensões dos cabos utilizados nas colunas H e I das tabelas 28 a 31. Os valores médios arredondados podem apresentar erros de 10% em certos casos. Se forem necessários valores mais precisos ou para outras configurações, deve-se recorrer à ABNT NBR 11301.

2 Dimensões (para todas as configurações da tabela 38):



6.2.9 Condições gerais de instalação

6.2.9.1 Proteção contra influências externas

A proteção contra influências externas conferida pela maneira de instalar deve ser assegurada de maneira contínua.

6.2.9.2 Extremidades

Nas extremidades das linhas elétricas e especialmente nos locais de penetração nos equipamentos, a proteção deve ser conseguida de maneira contínua e, se necessário, deve ser assegurada a estanqueidade.

6.2.9.3 Travessias de paredes

Nas travessias de paredes, as linhas elétricas devem ser providas de proteção mecânica adequada.

6.2.9.4 Vizinhança

6.2.9.4.1 Nos casos de vizinhança entre linhas elétricas e canalizações não elétricas, as linhas e as canalizações devem ser dispostas de forma a manter entre suas superfícies externas uma distância tal que toda intervenção em uma instalação não arrisque danificar as outras. Na prática, uma distância de 20 cm é considerada como suficiente. Esta regra não se aplica às linhas e canalizações embutidas.

6.2.9.4.2 Na vizinhança de canalizações de calefação, de ar quente ou de dutos de exaustão de fumaça, as linhas elétricas não devem correr o risco de serem levadas a uma temperatura prejudicial e, por conseguinte, devem ser mantidas a uma distância suficiente ou ser separadas daquelas canalizações por anteparos adequados.

6.2.9.4.3 As linhas elétricas não devem utilizar dutos de exaustão de fumaça ou de ventilação.

6.2.9.4.4 As linhas elétricas não devem ser colocadas paralelamente abaixo de canalizações que possam gerar condensações (tais como tubulações de água, de vapor, de gás etc.), a menos que sejam tomadas precauções para proteger as linhas elétricas dos efeitos dessas condensações.

6.2.9.4.5 As linhas elétricas não devem utilizar as mesmas canaletas ou poços que as canalizações não elétricas, exceto se as seguintes condições forem simultaneamente atendidas:

- a) a proteção contra contatos indiretos for assegurada conforme as prescrições de 5.1.2, considerando-se as canalizações metálicas não elétricas como elementos condutores;
- b) as linhas elétricas forem completamente protegidas contra perigos que possam resultar da presença de outras instalações.

6.2.9.5 Vizinhança com outras linhas elétricas

As linhas elétricas de diferentes tensões nominais não devem ser colocadas nas mesmas canaletas ou poços, a menos que sejam tomadas precauções adequadas para evitar que, em caso de falta, os circuitos de menores tensões nominais sejam submetidos a sobretensões.

6.2.9.6 Barreiras corta-fogo

6.2.9.6.1 Nas travessias de pisos e paredes por linhas elétricas, devem ser tomadas precauções adequadas para evitar a propagação de um incêndio.

6.2.9.6.2 Nos espaços de construção e nas galerias, devem ser tomadas precauções adequadas para evitar a propagação de um incêndio.

6.2.10 Instalações de cabos

6.2.10.1 Os cabos multipolares só devem conter os condutores de um e apenas um circuito e, se for o caso, o condutor de proteção respectivo.

6.2.10.2 Os condutos fechados podem conter condutores de mais de um circuito, quando as três condições seguintes forem simultaneamente atendidas:

- a) os circuitos pertencerem à mesma instalação, isto é, se originarem do mesmo dispositivo geral de manobra e proteção, sem a interposição de equipamentos que transformem a corrente elétrica;
- b) as seções nominais dos condutores fase estiverem contidas dentro de um intervalo de três valores normalizados sucessivos;
- c) os cabos tiverem a mesma temperatura máxima para serviço contínuo.

6.2.10.3 Os cabos unipolares pertencentes a um mesmo circuito devem ser instalados na proximidade imediata uns dos outros. Essa regra aplica-se igualmente ao condutor de proteção correspondente.

6.2.10.4 Não é permitida a instalação de um único cabo unipolar no interior de um conduto fechado de material condutor.

6.2.10.5 Quando vários cabos forem reunidos em paralelo, eles devem ser reunidos em tantos grupos quantos forem os cabos em paralelo, com cada grupo contendo um cabo de cada fase ou polaridade. Os cabos de cada grupo devem estar instalados na proximidade imediata uns dos outros.

NOTA Em particular, no caso de condutos fechados de material condutor, todos os condutores vivos de um mesmo circuito devem estar contidos em um mesmo conduto.

6.2.10.6 Devem ser ligadas à terra as blindagens e/ou capas metálicas dos cabos em uma das extremidades. A segunda extremidade pode ser aterrada.



NOTA A segunda extremidade pode ser aterrada, desde que a transferência de potencial e a corrente que circula pela blindagem estejam dentro de limites aceitáveis. São exemplos de situações onde isto ocorre:

- a) em alimentadores longos, onde a força eletromotriz induzida na blindagem ou capa metálica, quando aterrada em uma só extremidade, pode atingir um valor perigoso para as pessoas ou mesmo causar centelhamento;
- b) quando se pretende utilizar as blindagens como caminho de retorno da corrente de falta para a fonte.

6.2.11 Prescrições para instalação

6.2.11.1 Eletrodutos não enterrados

6.2.11.1.1 As dimensões internas dos eletrodutos e respectivos acessórios de ligação devem permitir instalar e retirar facilmente os cabos após a instalação dos eletrodutos e acessórios. Para isso, é necessário que a taxa máxima de ocupação em relação à área da seção transversal dos eletrodutos não seja superior a:

- a) 40% no caso de um cabo;
- b) 30% no caso de dois ou mais cabos.

6.2.11.1.2 Em cada trecho de tubulação, entre duas caixas, entre extremidades, ou entre extremidade e caixa, podem ser previstas no máximo três curvas de 90° ou seu equivalente até no máximo 270°. Em nenhuma hipótese devem ser previstas curvas com deflexão superior a 90°.

6.2.11.1.3 As curvas feitas diretamente nos eletrodutos não devem reduzir efetivamente seu diâmetro interno.

6.2.11.1.4 Devem ser empregadas caixas de derivação:

- a) em todos os pontos de entrada ou saída dos cabos da tubulação, exceto nos pontos de transição ou passagem de linhas abertas para linhas em eletrodutos, os quais, nestes casos, devem ser rematados com buchas;
- b) em todos os pontos de emenda ou derivação de cabos;
- c) para dividir a tubulação em trechos adequados que considerem os esforços de tração aos quais os cabos possam estar sujeitos durante o puxamento.

6.2.11.1.5 Os cabos devem formar trechos contínuos entre as caixas de derivação; as emendas e derivações devem ficar colocadas dentro das caixas. Cabos emendados ou cujos componentes tenham sido danificados e recompostos não devem ser enfiados em eletrodutos.

6.2.11.1.6 Os eletrodutos embutidos em concreto armado devem ser colocados de modo a evitar sua deformação durante a concretagem, devendo ainda ser fechadas as caixas e bocas dos eletrodutos com peças apropriadas, para impedir a entrada de argamassas ou nata de concreto durante a concretagem.

6.2.11.1.7 As junções dos eletrodutos embutidos devem ser efetuadas com auxílio de acessórios estanques em relação aos materiais de construção.

6.2.11.1.8 Os eletrodutos só devem ser cortados perpendicularmente a seu eixo. Deve ser retirada toda rebarba suscetível de danificar a isolação dos cabos.

6.2.11.1.9 Nas juntas de dilatação, os eletrodutos rígidos devem ser seccionados, devendo ser mantidas as características necessárias à sua utilização (por exemplo, no caso de eletrodutos metálicos, a continuidade elétrica deve ser sempre mantida).

6.2.11.1.10 Quando necessário, os eletrodutos rígidos isolantes devem ser providos de juntas de expansão para compensar as variações térmicas.

6.2.11.1.11 Os cabos somente devem ser enfiados depois de estar completamente terminada a rede de eletrodutos e concluídos todos os serviços de construção que os possam danificar. O puxamento só deve ser iniciado após a tubulação estar perfeitamente limpa.

6.2.11.1.12 Para facilitar a enfição dos cabos, podem ser utilizados:

- a) guias de puxamento que, entretanto, só devem ser introduzidos no momento do puxamento dos cabos e não durante a execução das tubulações;
- b) talco, parafina ou outros lubrificantes que não prejudiquem a integridade do cabo.

6.2.11.1.13 Somente são admitidos em instalação aparente eletrodutos que não propaguem a chama.

6.2.11.1.14 Somente são admitidos em instalação embutida os eletrodutos que suportem os esforços de deformação característicos do tipo de construção utilizado.

6.2.11.1.15 Em instalação embutida, os eletrodutos que possam propagar a chama devem ser totalmente envolvidos por materiais incombustíveis.

6.2.11.2 Ao ar livre (cabos em bandejas, leitos, prateleiras e suportes)

6.2.11.2.1 Os meios de fixação, as bandejas, leitos, prateleiras ou suportes devem ser escolhidos e dispostos de maneira a não poder trazer prejuízo aos cabos. Eles devem possuir propriedades que lhes permitam suportar sem danos as influências externas a que são submetidos.

6.2.11.2.2 Nos percursos verticais deve ser assegurado que os esforços de tração exercidos pelo peso dos cabos não conduzam a deformações ou rupturas dos condutores. Tais esforços de tração não devem ser exercidos sobre as conexões.

6.2.11.2.3 Nas bandejas, leitos e prateleiras, os cabos devem ser dispostos preferencialmente em uma única camada.



6.2.11.3 Canaletas

As canaletas instaladas no solo são classificadas, sob o ponto de vista das influências externas (presença de água), como AD4, conforme tabela 3.

6.2.11.4 Linhas elétricas enterradas

6.2.11.4.1 Em instalações com cabos diretamente enterrados, somente são admitidos:

- a) cabos unipolares ou multipolares providos de armação; ou
- b) cabos unipolares ou multipolares sem armação, porém com proteção mecânica adicional provida pelo método construtivo adotado.

6.2.11.4.2 Os cabos devem ser protegidos contra as deteriorações causadas por movimentação de terra, contato com corpos duros, choque de ferramentas em caso de escavações, bem como contra umidade e ações químicas causadas pelos elementos do solo.

6.2.11.4.3 Como prevenção contra os efeitos de movimentação de terra, os cabos devem ser instalados, em terreno normal, pelo menos a 0,90 m da superfície do solo. Essa profundidade deve ser aumentada para 1,20 m na travessia de vias acessíveis a veículos e numa zona de 0,50 m de largura, de um lado e de outro dessas vias. Essas profundidades podem ser reduzidas em terreno rochoso ou quando os cabos estiverem protegidos, por exemplo, por eletrodutos que suportem sem danos as influências externas a que possam ser submetidos.

6.2.11.4.4 Quando uma linha enterrada cruzar com uma outra linha elétrica enterrada, elas devem, em princípio, encontrar-se a uma distância mínima de 0,20 m.

6.2.11.4.5 Quando uma linha elétrica enterrada estiver ao longo ou cruzar com condutos de instalações não elétricas, uma distância mínima de 0,20 m deve existir entre seus pontos mais próximos. Em particular, no caso de linhas de telecomunicações que estejam paralelas às linhas de média tensão, deve ser mantida uma distância mínima de 0,50 m.

6.2.11.4.6 Qualquer linha enterrada deve ser continuamente sinalizada por um elemento de advertência (por exemplo, fita colorida) não sujeito à deterioração, situado no mínimo a 0,10 m acima dela.



6.2.11.4.7 As emendas e derivações devem ser feitas de modo a assegurar a continuidade das características elétricas e mecânicas dos cabos.

As emendas e derivações dos cabos instalados em eletrodutos devem localizar-se em poços de inspeção.

6.2.11.4.8 Os poços de inspeção devem ser construídos em alvenaria ou material equivalente, ter resistência e drenagens adequadas e dispor de tampa superior resistente à carga a que pode ser submetida.



Os poços com mais de 0,60 m de profundidade devem permitir o ingresso de uma pessoa. Para isso, devem ter dimensões mínimas tais que seja possível inscrever-se, na parte inferior livre para circulação, um círculo de diâmetro mínimo de 0,80 m. O tampão de entrada deve ser circular com diâmetro mínimo de 0,60 m. Na parte interna, o poço deve dispor de degraus espaçados em 0,30 m.

O piso do poço deve situar-se 0,30 m abaixo da parte inferior do eletroduto de nível mais baixo.

Os poços devem ter dispositivo para facilitar a drenagem.

6.2.11.4.9 O raio de curvatura mínimo dos cabos deve obedecer à ABNT NBR 9511.

6.2.11.4.10 Os cabos com armação podem ser enterrados diretamente no solo.

6.2.11.4.11 Os cabos não armados somente podem ser instalados devidamente protegidos por eletrodutos, salvo quando fabricados especialmente para instalação direta no solo. Quando instalados em canaletas abertas, são considerados como instalação ao ar livre.

6.2.11.4.12 Em caso de utilização de eletrodutos de material condutor, todos os condutores vivos devem passar pelo mesmo eletroduto.

As dimensões internas dos eletrodutos e respectivos acessórios de ligação devem permitir instalar e retirar facilmente os cabos após a instalação dos eletrodutos e acessórios. Para isso, é necessário que a taxa máxima de ocupação em relação à área da seção transversal dos eletrodutos não seja superior a:

- a) 40% no caso de um cabo;
- b) 30% no caso de dois ou mais cabos.

As linhas de eletrodutos devem ter declividade adequada, para facilitar o escoamento das águas de infiltração, sendo no mínimo de 1%.

Entre dois poços de inspeção consecutivos, é permitida uma única curva, em qualquer plano, não superior a 45°.

6.2.11.5 Linhas aéreas

6.2.11.5.1 Condições mecânicas

É permitido o emprego de condutores nus, sendo necessária a utilização, nas proximidades de árvores, de condutores com proteção adequada ao contato acidental com a árvore. O condutor de proteção pode ser nu, em qualquer condição.

As emendas dos condutores devem ser executadas de modo a assegurar o perfeito e permanente contato elétrico e a continuidade das características mecânicas do condutor, não devendo ser feitas sobre os isoladores.

Sempre que houver esforços resultantes não suportáveis pelos pinos, provenientes de pontos finais, ângulos, esforços desbalanceados etc., devem ser usados isoladores e ferragens com características adequadas para as solicitações mecânicas, de acordo com as ABNT NBR 5433 e ABNT NBR 5434.

As junções entre condutores de materiais diferentes devem ser feitas exclusivamente com conectores apropriados que não possibilitem a corrosão.

A solicitação mecânica máxima dos condutores deve estar de acordo com as ABNT NBR 5433 e ABNT NBR 5434.

O pino deve suportar o peso do condutor, a pressão do vento sobre este e os esforços mecânicos do condutor, quando em ângulo ou em tangente.

As cruzetas podem ser de concreto armado, conforme ABNT NBR 8453, madeira adequada e tratada contra apodrecimento, conforme ABNT NBR 8458, ou de aço zincado, conforme acordo entre as partes. Os acessórios de fixação das cruzetas, quando de aço, devem ser zincados.

As cruzetas e os acessórios de fixação devem ser dimensionados para resistir à resultante dos esforços mecânicos provenientes dos condutores. No caso de pontos de deflexão, deve ser considerado ainda o desequilíbrio mais desfavorável da ruptura dos condutores. No caso de pontos de amarração, deve ser considerado o desequilíbrio resultante de ruptura de linhas, na situação mais desfavorável.

Os postes ou torres para suporte de linhas aéreas devem ser calculados de modo a resistirem à resultante de todos os esforços das linhas, pressão de vento e esforços provenientes de montagem. No caso de pontos de deflexão, deve ser considerado ainda o desequilíbrio mais desfavorável resultante da ruptura dos condutores. No caso de pontos de amarração, deve ser considerado o desequilíbrio resultante da ruptura de linhas, na situação mais desfavorável.

Os postes podem ser de concreto armado, conforme ABNT NBR 8451, de madeira adequadamente tratada, conforme ABNT NBR 8456, ou de aço (perfilado ou tubular), conforme acordo entre as partes.

6.2.11.5.2 Disposição dos condutores

Quando forem instalados diversos circuitos de tensões diferentes, eles devem ser dispostos em ordem decrescente de suas tensões, a partir da parte superior do suporte.

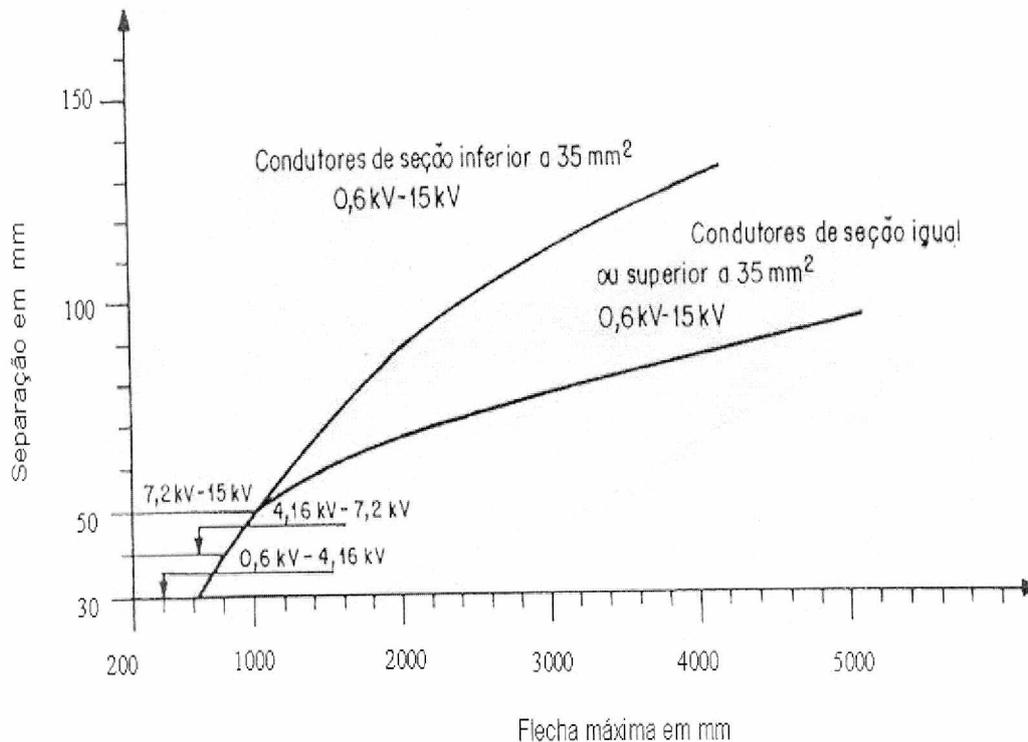
Os circuitos exclusivos para telefonia, sinalização e semelhantes devem ser instalados em nível inferior ao dos condutores de energia elétrica, de acordo com a ABNT NBR 5434.

As linhas aéreas, quando nas proximidades de linhas de comunicação ou semelhantes, devem ser instaladas de modo a evitar tensões induzidas que possam causar distúrbios ou danos aos operadores ou seus usuários.

6.2.11.5.3 Afastamentos

A distância entre condutores de um mesmo circuito ou circuitos diferentes, sustentados na mesma estrutura, deve obedecer:

- a) em plano horizontal, aos valores indicados no gráfico da figura 9;
- b) em qualquer outro plano, aos valores indicados no gráfico da figura 9, não devendo, porém, ser inferior a 0,66 m.



NOTA

- 1 Tensão entre fases - Cobre ou alumínio.
- 2 Para os valores de tensão nominal acima de 15 kV os dados acima estão em estudo.

Figura 9 — Separação mínima entre condutores de um mesmo circuito ou circuitos diferentes

A distância mínima, em qualquer direção, entre condutores de um circuito e os condutores de outro circuito, ou linhas de comunicação, messageiros e cabos blindados instalados em estruturas diferentes, deve ser igual à flecha máxima mais 1 cm/kV, considerando o circuito de maior tensão. Esta separação não deve ser inferior a 1,20 m.

A distância vertical mínima entre condutores de um circuito e circuitos de natureza diferentes, instalados na mesma estrutura, deve estar de acordo com as ABNT NBR 5433 e ABNT NBR 5434.

A distância vertical mínima dos condutores, quando em cruzamento, instalados em estruturas diferentes, nas condições mais desfavoráveis, deve estar de acordo com as ABNT NBR 5433 e ABNT NBR 5434.

A distância vertical mínima dos condutores, acima do solo ou trilhos, nas condições mais desfavoráveis, deve estar de acordo com as ABNT NBR 5433 e ABNT NBR 5434.

A distância mínima de condutores de um circuito a qualquer parte da estrutura de suporte de circuitos diferentes deve ser maior ou igual a $1\text{ m} + 0,7 f$, onde f é a flecha, em metros, do condutor considerado.

Quando existirem circuitos instalados em planos horizontais diferentes, as flechas dos condutores do plano inferior devem ser iguais ou maiores que as do plano superior.

A distância vertical mínima de condutores a edificações, em locais acessíveis ou não, deve ser maior ou igual 2,40 m.

A distância horizontal mínima de condutores a edificações, em locais acessíveis, janelas, terraços, marquises e sacadas deve ser maior ou igual a $1,50\text{ m} + 0,7 f$, onde f é a flecha, em metros, do condutor considerado.

A distância horizontal mínima de condutores a edificações, em locais não acessíveis, como paredes e telhados, deve ser maior ou igual a $0,8\text{ m} + 0,7 f$, onde f é a flecha, em metros, do condutor considerado.

A distância entre linhas laterais e qualquer ponto de pontes ou estruturas deve ser no mínimo de 5 m em todas as direções, devendo, no entanto, estar de acordo com as ABNT NBR 5433 e ABNT NBR 5434.

6.2.11.6 Cabos aéreos isolados

Os cabos auto-sustentados devem ser instalados de forma a obedecer às condições de instalação estabelecidas pelo fabricante.

Nas instalações de cabos não auto-sustentados, os apoios e suportes do cabo-guia não podem ter espaçamentos superiores a 40 m, salvo especificações contrárias do fabricante.

As presilhas, envolventes ou simples suportes de fixação ou apoio, quando de seção retangular, não devem apresentar, no contato, dimensão inferior a 6% do diâmetro do cabo suportado e, quando de seção circular, seu diâmetro não deve ser inferior a 8% do diâmetro do cabo, sendo que em ambos os casos a dimensão mínima deve ser de 3 mm.

6.2.11.7 Barramentos blindados

6.2.11.7.1 Definição

Os barramentos blindados devem ser utilizados exclusivamente em instalações não embutidas, devendo ser previstas as possibilidades de impactos mecânicos e de agressividade do meio ambiente.

O invólucro deve ser solidamente ligado à terra e ao condutor de proteção, em toda sua extensão, por meio de condutor contínuo, acessível e instalado externamente.

Quando instalado em altura menor ou igual a 2,50 m, o invólucro não pode ter aberturas ou orifícios. Acima desse nível, são permitidos invólucros vazados, desde que não haja a possibilidade de contato acidental.

Quando instalado em ambiente sujeito a poeiras ou material em suspensão no ar, o invólucro deve ser do tipo hermético.

6.3 Dispositivos de proteção, seccionamento e comando

6.3.1 Generalidades

As prescrições desta subseção complementam as regras comuns de 6.1.

6.3.2 Prescrições comuns

6.3.2.1 Quando um dispositivo seccionar todos os condutores vivos de um circuito com mais de uma fase, o seccionamento do condutor neutro deve efetuar-se após ou virtualmente ao mesmo tempo em que o dos condutores fase e o condutor neutro deve ser religado antes ou virtualmente ao mesmo tempo que os condutores fase.

6.3.2.2 Em circuitos com mais de uma fase, não devem ser inseridos dispositivos unipolares no condutor neutro.

6.3.2.3 Dispositivos que assegurem, ao mesmo tempo, mais de uma função, devem satisfazer todas as prescrições previstas, nesta subseção, para cada uma das funções.

6.3.3 Dispositivos de proteção contra sobrecorrentes

6.3.3.1 Disposições gerais

Os disjuntores e as chaves seccionadoras sob carga devem ser operados em uma única tentativa por pessoas advertidas (BA4) e/ou qualificadas (BA5), conforme tabela 12. 

6.3.3.2 Seleção dos dispositivos de proteção contra sobrecargas

Quando aplicável, a proteção contra sobrecargas deve ser assegurada por dispositivos que interrompam a corrente quando um condutor ao menos é percorrido por uma corrente de sobrecarga, a interrupção intervindo em um tempo suficientemente curto para que os condutores não sejam danificados.

6.3.3.3 Seleção dos dispositivos de proteção contra curtos-circuitos

A proteção contra curtos-circuitos deve ser assegurada por dispositivos que interrompam a corrente quando um condutor ao menos é percorrido por uma corrente de curto-circuito, a interrupção intervindo em um tempo suficientemente curto para que os condutores não sejam danificados. 

6.3.3.4 Natureza dos dispositivos de proteção contra curtos-circuitos

Os dispositivos de proteção contra os curtos-circuitos são escolhidos entre os seguintes:

- a) fusíveis;
- b) disjuntores munidos de disparos associados aos relés.

6.3.3.5 Características dos dispositivos de proteção contra os curtos-circuitos

6.3.3.5.1 Um dispositivo que assegura a proteção contra curtos-circuitos deve atender às seguintes condições:

- a) sua capacidade de interrupção deve ser no mínimo igual à corrente de curto-circuito presumida no ponto onde este dispositivo é instalado;
- b) o tempo de atuação do dispositivo deve ser menor do que o tempo de circulação da corrente de curto-circuito presumida de forma que a temperatura dos condutores atinja um valor menor ou igual aos valores especificados na tabela 27;
- c) o dispositivo de proteção deve atuar para todas as correntes de curto-circuito, inclusive para a corrente de curto-circuito presumida mínima, a qual, geralmente, corresponde a um curto-circuito bifásico no ponto mais distante da linha elétrica.

6.3.4 Dispositivos de proteção contra mínima tensão e falta de tensão

Por ocasião da seleção dos dispositivos de proteção contra mínima tensão e falta de tensão, devem ser satisfeitas as prescrições de 5.5.

6.3.4.1 Os dispositivos de proteção contra mínima tensão e falta de tensão devem ser constituídos por relés de subtensão atuando sobre contadores ou disjuntores e, ou por seccionadoras para abertura sob carga equipadas com disparador elétrico de abertura.

6.3.4.2 Os dispositivos de proteção contra mínima tensão e falta de tensão podem ser retardados se o funcionamento do equipamento protegido puder admitir, sem inconvenientes, uma falta ou mínima tensão de curta duração.

6.3.4.3 A abertura retardada e o restabelecimento dos dispositivos de proteção não devem, em qualquer caso, impedir o seccionamento instantâneo devido à atuação de outros dispositivos de comando e proteção.

6.3.4.4 Quando o restabelecimento de um dispositivo de proteção for suscetível de criar uma situação de perigo, o restabelecimento não deve ser automático.

6.3.5 Seletividade entre dispositivos de proteção contra sobrecorrentes

Quando dois ou mais dispositivos de proteção forem colocados em série e quando a segurança ou as necessidades de utilização o justificarem, suas características de funcionamento devem ser escolhidas de forma a somente seccionar a parte da instalação onde ocorreu a falta.

6.3.6 Dispositivos de seccionamento e de comando

Todo dispositivo de seccionamento ou de comando deve satisfazer às suas respectivas especificações. Se um dispositivo for utilizado para mais de uma função, ele deve satisfazer às prescrições de cada uma de suas funções.

NOTA Em certos casos podem ser necessárias prescrições complementares para as funções combinadas.

6.3.6.1 Dispositivos de seccionamento

6.3.6.1.1 Os dispositivos de seccionamento devem seccionar efetivamente todos os condutores vivos de alimentação do circuito considerado, levando-se em conta as disposições de 6.3.2.1 e 6.3.2.2.

Os equipamentos utilizados para o seccionamento devem satisfazer às prescrições desde a alínea a) desta seção até 6.3.6.1.5.

a) a distância de abertura entre os contatos do dispositivo deve ser visível ou ser clara e confiavelmente indicada pela marcação “Desligado” ou “Ligado”. Tal indicação deve aparecer somente quando a distância de abertura entre os contatos de abertura for atendida em todos os pólos do dispositivo;

NOTA Essa marcação prescrita pode ser realizada pela utilização dos símbolos “O” e “I”, indicando, respectivamente, as posições aberta e fechada.

b) os dispositivos a semicondutores não devem ser utilizados como dispositivos de seccionamento.

6.3.6.1.2 Os dispositivos de seccionamento devem ser projetados e instalados de modo a impedir qualquer restabelecimento inadvertido.

NOTA Um tal estabelecimento pode ser provocado, por exemplo, por choques mecânicos ou por vibrações.



6.3.6.1.3 Devem ser tomadas precauções para proteger os dispositivos de seccionamento apropriados para abertura sem carga contra aberturas acidentais ou desautorizadas.

NOTA Isso pode ser conseguido colocando-se o dispositivo em um local ou invólucro fechado a chave. Uma outra solução seria a de intertravar o dispositivo de seccionamento com outro apropriado para abertura sob carga.

6.3.6.1.4 O seccionamento deve ser garantido por dispositivo multipolar que seccione todos os pólos da alimentação correspondente.

NOTA O seccionamento pode, por exemplo, ser realizado por meio de:

- a) seccionadores, disjuntores;
- b) fusíveis (retirada de);
- c) barras;
- d) terminais especialmente concebidos, que não exijam a retirada de condutores;
- e) dispositivos de comando, contatores.

6.3.6.1.5 Os dispositivos utilizados para seccionamento devem ser claramente identificados, por exemplo, por meio de marcas para indicar os circuitos seccionados.

6.3.6.1.6 A instalação de chaves desligadoras e chaves fusíveis deve ser feita de forma a impedir seu fechamento pela ação da gravidade. Quando esta ação atuar no sentido de abertura, as chaves desligadoras devem ser providas de dispositivos de travamento.

6.3.6.1.7 As chaves que não possuem características adequadas para manobra em carga devem ser instaladas com a indicação seguinte, colocada de maneira bem visível "Esta chave não deve ser manobrada em carga".

6.3.6.1.8 As chaves desligadoras simples e chaves fusíveis devem ser dispostas de forma que, quando abertas, as partes móveis não estejam sob tensão.

6.3.6.2 Dispositivos de seccionamento para manutenção mecânica



6.3.6.2.1 Os dispositivos de seccionamento para manutenção mecânica devem, de preferência, ser dispostos no circuito principal de alimentação. Quando forem previstos interruptores para essa função, eles devem poder seccionar a corrente de plena carga da parte correspondente da instalação.

NOTA O seccionamento para manutenção mecânica pode, por exemplo, ser realizado por meio de:

- a) interruptores multipolares;
- b) disjuntores;
- c) dispositivos de comando que possam ser travados na posição aberta, atuando sobre os contatores.

6.3.6.2.2 Os dispositivos de seccionamento para manutenção mecânica, ou os respectivos dispositivos de comando, devem ser de operação manual. A distância de abertura entre os contatos do dispositivo deve ser visível ou ser clara e confiavelmente indicada pela marcação "Desligado" ou "Ligado". Tal indicação deve aparecer somente quando a posição "Desligado" ou "Ligado" for alcançada em todos os pólos do dispositivo.

NOTA Essa marcação pode ser realizada pela utilização dos símbolos "O" e "I", indicando, respectivamente, as posições aberta e fechada.

6.3.6.2.3 Os dispositivos de seccionamento para manutenção mecânica devem ser concebidos e/ou instalados de modo a impedir qualquer restabelecimento inadvertido.

NOTA Um tal restabelecimento pode ser provocado, por exemplo, por choques mecânicos ou por vibrações.

6.3.6.2.4 Os dispositivos de seccionamento para manutenção mecânica devem ser localizados de modo a serem facilmente identificados e devem ser adequados ao uso previsto.

6.3.6.3 Dispositivos de seccionamento de emergência (incluindo parada de emergência)

6.3.6.3.1 Os dispositivos de seccionamento de emergência devem poder interromper a corrente de plena carga da parte correspondente da instalação.

6.3.6.3.2 Os dispositivos de seccionamento de emergência podem ser constituídos por:

- a) um dispositivo de seccionamento capaz de interromper diretamente a alimentação apropriada;
- b) uma combinação de dispositivos, desde que acionados por uma única operação que interrompa a alimentação apropriada.

6.3.6.3.3 Os dispositivos de seccionamento a comando manual devem, de preferência, ser escolhidos para o seccionamento direto do circuito principal. Os disjuntores, contatores etc. acionados por comando a distância devem se abrir quando interrompida a alimentação das bobinas, ou outras técnicas que apresentem segurança equivalente devem ser utilizadas.

6.3.6.3.4 Os elementos de comando (punhos, botoeiras etc.) dos dispositivos de seccionamento de emergência devem ser claramente identificados, de preferência pela cor vermelha contrastando com o fundo amarelo.

6.3.6.3.5 Os elementos de comando devem ser facilmente acessíveis a partir dos locais onde possa ocorrer um perigo e, quando for o caso, de qualquer outro local de onde um perigo possa ser eliminado à distância.

6.3.6.3.6 Os elementos de comando de um dispositivo de seccionamento de emergência devem poder ser travados na posição aberta do dispositivo, a menos que esses elementos e os de reenergização do circuito estejam ambos sob o controle da mesma pessoa.

6.3.6.3.7 Os dispositivos de seccionamento de emergência, inclusive os de parada de emergência, devem ser localizados e marcados de modo tal que possam ser facilmente identificados e adequados para o uso previsto.

6.4 Aterramento e condutores de proteção

6.4.1 Generalidades

6.4.1.1 As características e a eficácia dos aterramentos devem satisfazer as prescrições de segurança das pessoas e funcionais da instalação.

6.4.1.2 O valor da resistência de aterramento deve satisfazer as condições de proteção e de funcionamento da instalação elétrica, de acordo com o esquema de aterramento utilizado.

NOTA O arranjo e as dimensões do sistema de aterramento são mais importantes que o próprio valor da resistência de aterramento. Entretanto, recomenda-se uma resistência da ordem de grandeza de 10 ohms, como forma de reduzir os gradientes de potencial no solo.



6.4.2 Ligações à terra

6.4.2.1 Aterramento

6.4.2.1.1 A seleção e instalação dos componentes dos aterramentos devem ser tais que:

- a) o valor da resistência de aterramento obtida não se modifique consideravelmente ao longo do tempo;
- b) resistam às solicitações térmicas, termomecânicas e eletromecânicas;
- c) sejam adequadamente robustos ou possuam proteção mecânica apropriada para atender às condições de influências externas (ver 4.3).

6.4.2.1.2 Devem ser tomadas precauções para impedir danos aos eletrodos e a outras partes metálicas por efeitos de eletrólise.

6.4.2.1.3 Conexões mecânicas embutidas no solo devem ser protegidas contra corrosão, através de caixa de inspeção com diâmetro mínimo de 250 mm que permita o manuseio de ferramenta. Esta exigência não se aplicaria a conexões entre peças de cobre ou cobreadas, com solda exotérmica.

6.4.2.1.4 Os pára-raios de resistência não linear devem ter ligação a terra, a mais curta possível, na qual devem ser evitados curvas e ângulos pronunciados.

6.4.2.2 Eletrodos de aterramento

6.4.2.2.1 O eletrodo de aterramento deve constituir uma malha sob o piso da edificação, no mínimo um anel circundando o perímetro da edificação. A eficiência de qualquer eletrodo de aterramento depende da sua distribuição espacial e das condições locais do solo; deve ser selecionado um eletrodo adequado às condições do solo, ao valor da resistência de aterramento exigida pelo esquema de aterramento adotado e a tensão de contato máxima de acordo com 5.1.2.1.2.

6.4.2.2.2 Podem ser utilizados os eletrodos de aterramento convencionais, indicados na tabela 39, observando-se que:

- a) o tipo e a profundidade de instalação dos eletrodos de aterramento devem ser tais que as mudanças nas condições do solo (por exemplo, secagem) não provoquem uma grande variação na resistência do aterramento;
- b) o projeto do aterramento deve considerar o possível aumento da resistência de aterramento dos eletrodos devido à corrosão.

6.4.2.2.3 Podem ser utilizadas como eletrodo de aterramento as fundações da edificação.

6.4.2.2.4 Não devem ser usados como eletrodo de aterramento canalizações metálicas de fornecimento de água e outros serviços, o que não exclui a ligação equipotencial.



Tabela 39 — Eletrodos de aterramento convencionais

Tipo de eletrodo	Dimensões mínimas	Observações
Tubo de aço zincado	2,40 m de comprimento e diâmetro nominal de 25 mm	Enterramento totalmente vertical
Perfil de aço zincado	Cantoneira de (20 mm x 20 mm x 3 mm) com 2,40 m de comprimento	Enterramento totalmente vertical
Haste de aço zincado	Diâmetro de 15 mm com 2,00 m ou 2,40 m de comprimento	Enterramento totalmente vertical
Haste de aço revestida de cobre	Diâmetro de 15 mm com 2,00 m ou 2,40 m de comprimento	Enterramento totalmente vertical
Haste de cobre	Diâmetro de 15 mm com 2,00 m ou 2,40 m de comprimento	Enterramento totalmente vertical
Fita de cobre	50 mm ² de seção, 2 mm de espessura e 10 m de comprimento	Profundidade mínima de 0,60 m. Largura na posição vertical
Fita de aço galvanizado	100 mm ² de seção, 3 mm de espessura e 10 m de comprimento	Profundidade mínima de 0,60 m. Largura na posição vertical
Cabo de cobre	50 mm ² de seção e 10 m de comprimento	Profundidade mínima de 0,60 m. Posição horizontal
Cabo de aço zincado	95 mm ² de seção e 10 m de comprimento	Profundidade mínima de 0,60 m. Posição horizontal
Cabo de aço cobreado	50 mm ² de seção e 10 m de comprimento	Profundidade mínima de 0,60 m. Posição horizontal

6.4.2.3 Condutores de aterramento



6.4.2.3.1 Os condutores de aterramento devem atender às prescrições gerais de 6.4.3.

6.4.2.3.2 Quando o condutor de aterramento estiver enterrado no solo, sua seção mínima deve estar de acordo com a tabela 40.

Tabela 40 — Seções mínimas convencionais de condutores de aterramento

	Protegido mecanicamente	Não protegido mecanicamente
Protegido contra corrosão	De acordo com 6.4.3.1	Cobre: 16 mm ² Aço: 16 mm ²
Não protegido contra corrosão	Cobre: 16 mm ² (solos ácidos) 25 mm ² (solos alcalinos) Aço: 50 mm ²	

6.4.2.3.3 Na execução da ligação de um condutor de aterramento a um eletrodo de aterramento, deve-se garantir a continuidade elétrica e a integridade do conjunto.

6.4.2.4 Terminal de aterramento principal

6.4.2.4.1 Onde aplicável, deve ser instalado um terminal ou barra de aterramento principal e os seguintes condutores devem ser a ele ligados:

- a) condutor de aterramento;
- b) condutores de proteção principais;
- c) condutores de equipotencialidade principais;
- d) condutor neutro, se disponível;
- e) condutores de equipotencialidade ligados a eletrodos de aterramento de outros sistemas (por exemplo, SPDA);
- f) estrutura da edificação.

6.4.2.4.2 Quando forem utilizados eletrodos de aterramento convencionais, deve ser previsto, em local acessível, um dispositivo para desligar o condutor de aterramento. Tal dispositivo deve ser combinado ao terminal ou barra de aterramento principal, de modo a permitir a medição da resistência de aterramento do eletrodo, ser somente desmontável com o auxílio de ferramenta, ser mecanicamente resistente e garantir a continuidade elétrica.

6.4.3 Condutores de proteção

6.4.3.1 Seções mínimas

A seção dos condutores de proteção deve ser:

- a) calculada de acordo com 6.4.3.1.1; ou
- b) selecionada de acordo com 6.4.3.1.2.

6.4.3.1.1 A seção não deve ser inferior ao valor determinado pela expressão seguinte (aplicável apenas para tempos de atuação dos dispositivos de proteção que não excedam 5 s):

$$S = \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{k}$$

onde:

S é a seção do condutor, em milímetros quadrados;

I é o valor (eficaz) da corrente de falta que pode circular pelo dispositivo de proteção, para uma falta direta, em ampères;

t é o tempo de atuação do dispositivo de proteção, em segundos;

NOTA Deve ser levado em conta o efeito de limitação de corrente das impedâncias do circuito, bem como a capacidade limitadora (integral de Joule) do dispositivo de proteção.

K é o fator que depende das temperaturas iniciais e finais e do material: do condutor de proteção, de sua isolação e outras partes.

As tabelas 41, 42 e 43 dão os valores de k para condutores de proteção em diferentes condições de uso ou serviço. Se, ao ser aplicada a expressão, forem obtidos valores não padronizados, devem ser utilizados condutores com a seção normalizada imediatamente superior.

Tabela 41 — Valores de k para condutores de proteção providos de isolamento, não incorporados em cabos multipolares ou condutores de proteção nus em contato com a cobertura de cabos

Material do condutor	Isolação ou cobertura protetora	
	PVC	EPR ou XLPC
Cobre	143	176
Alumínio	95	116
Aço	52	64

NOTAS

- 1 A temperatura inicial considerada é de 30°C.
- 2 A temperatura final do condutor é considerada igual a 160°C para o PVC e a 250°C para o EPR e o XLPE.

Tabela 42 — Valores de k para condutores de proteção que sejam veia de cabos multipolares

Material do condutor	Isolação ou cobertura protetora	
	PVC	EPR ou XLPC
Cobre	115	143
Alumínio	76	94

NOTAS

- 1 A temperatura inicial do condutor é considerada igual a 70°C para o PVC e a 90°C para o EPR e o XLPE.
- 2 A temperatura final do condutor é considerada igual a 160°C para o PVC e a 250°C para o EPR e o XLPE.

Tabela 43 — Valores de k para condutores de proteção nus onde não haja risco de dano em qualquer material vizinho pelas temperaturas indicadas

Material do condutor	Condições		
	Visível e em áreas restritas	Condições normais	Risco de incêndio
Temperatura máxima Cobre K	500°C 228	200°C 159	150°C 138
Temperatura máxima Alumínio K	300°C 125	200°C 105	150°C 91
Temperatura máxima Aço K	500°C 82	200°C 58	150°C 50

NOTAS

- 1 As temperaturas indicadas são válidas apenas quando não puderem prejudicar a qualidade das ligações.
- 2 A temperatura inicial considerada é de 30°C.

6.4.3.1.2 A seção do condutor de proteção pode, opcionalmente ao método de cálculo de 6.4.3.1.1, ser determinada através da tabela 44. Se a aplicação da tabela conduzir a valores não padronizados, devem ser usados condutores com a seção normalizada mais próxima. Os valores da tabela 44 são válidos apenas se o condutor de proteção for constituído do mesmo metal que os condutores fase. Caso não seja, sua seção deve ser determinada de modo que sua condutância seja equivalente à da seção obtida pela tabela.

Tabela 44 — Seção mínima do condutor de proteção

Seção dos condutores fase da instalação $S \text{ mm}^2$	Seção mínima do condutor de proteção correspondente $S_p \text{ mm}^2$
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S/2$

6.4.3.2 Tipos de condutores de proteção

Podem ser usados como condutores de proteção:

- a) veias de cabos multipolares;
- b) cabos unipolares ou condutores nus num conduto comum aos condutores vivos;
- c) cabos unipolares ou condutores nus independentes;
- d) proteções metálicas ou blindagens de cabos.

6.4.3.3 Preservação da continuidade elétrica dos condutores de proteção

6.4.3.3.1 Os condutores de proteção devem estar convenientemente protegidos contra as deteriorações mecânicas, químicas e eletroquímicas e forças eletrodinâmicas.

6.4.3.3.2 As conexões devem estar acessíveis para verificações e ensaios.

6.4.3.3.3 Nenhum dispositivo de comando ou proteção deve ser inserido no condutor de proteção, porém podem ser utilizadas conexões desmontáveis por meio de ferramentas, para fins de ensaio.

6.4.3.3.4 As partes condutoras expostas de equipamentos não devem ser utilizadas como partes de condutores de proteção.

6.4.4 Condutores de equipotencialidade

6.4.4.1 Os condutores de equipotencialidade da ligação equipotencial principal devem possuir seções que não sejam inferiores à metade da seção do condutor de proteção de maior seção da instalação, com um mínimo de 16 mm^2 .

6.4.4.2 Um condutor de equipotencialidade de uma ligação equipotencial suplementar ligando duas massas deve possuir uma seção equivalente igual ou superior à seção do condutor de proteção de menor seção ligado a essas massas.

Um condutor de equipotencialidade de uma ligação equipotencial suplementar ligando uma massa a um elemento condutor estranho à instalação deve possuir uma seção equivalente igual ou superior à metade da seção do condutor de proteção ligado a essa massa.

Uma ligação equipotencial suplementar pode ser assegurada por elementos condutores estranhos à instalação não desmontáveis, tais como estruturas metálicas, ou por condutores suplementares ou por uma combinação dos dois tipos.

6.5 Outros equipamentos

6.5.1 Transformadores, autotransformadores e bobinas de indutância

Quando um transformador é levado a alimentar um circuito desequilibrado parcialmente ou totalmente, as condições de funcionamento e as garantias correspondentes (variação relativa de tensão, aquecimentos etc.) devem ser acordadas com o fabricante do mesmo.

Devem ser previstos dispositivos de supervisão, regulação e comando na medida em que estes dispositivos forem necessários ao uso correto dos transformadores e quando a importância desses transformadores e a do serviço que é por estes garantido o justifiquem.

Neste caso, se um transformador comportar muitos elementos monofásicos, cada um deles deve ser munido de um dispositivo de supervisão.

Os transformadores de potência devem ser protegidos contra defeitos internos, sobrecargas e curtos-circuitos e, em certos casos, contra defeitos de isolamento à massa e sobretensões.

6.5.2 Transformadores de medição

Os transformadores de medição devem estar dispostos de forma a serem facilmente acessíveis para sua verificação ou eventual substituição.

6.5.2.1 Transformadores de tensão

O secundário dos transformadores de tensão deve ser protegido contra os defeitos a jusante por fusíveis de baixa tensão, salvo em caso de equipamento da concessionária de distribuição de energia. Estes fusíveis devem ser colocados em um cofre com cadeado independente da alta tensão, sendo que o acesso aos transformadores deve ser possível somente após seccionamento de seu circuito primário.

6.5.2.2 Transformadores de corrente

As seguintes prescrições aplicam-se aos transformadores de corrente:

- a) os valores limites térmicos de corrente de curta duração de um transformador devem ser escolhidos em função do valor máximo da corrente de curto-circuito presumida no local onde o transformador é instalado e do eventual poder limitador do dispositivo de proteção contra os curtos-circuitos;
- b) os transformadores de corrente destinados às medições devem ser escolhidos de tal maneira que os aparelhos de medição que eles alimentam não sejam danificados quando a corrente primária atinge o valor da corrente de curto-circuito no ponto da instalação;
- c) os transformadores de corrente destinados a proteção devem ser escolhidos de modo que seu fator limite de precisão seja suficientemente elevado para que os erros de corrente em caso de curto-circuito não sejam muito grandes;
- d) transformadores de corrente devem ser providos de meios para curto-circuitar seus bornes secundários.

7 Verificação final

7.1 Prescrições gerais

7.1.1 Toda instalação, extensão ou alteração de instalação existente deve ser visualmente inspecionada e ensaiada, durante e/ou quando concluída a instalação, antes de ser colocada em serviço pelo usuário, de forma a se verificar, tanto quanto possível, a conformidade com as prescrições desta Norma. 

7.1.2 Deve ser fornecida a documentação da instalação, conforme 6.1.7, às pessoas encarregadas da verificação, na condição de documentação como construído (*as built*).

7.1.3 Durante a realização da inspeção e dos ensaios, devem ser tomadas precauções que garantam a segurança das pessoas e evitem danos à propriedade e aos equipamentos instalados.

7.1.4 Quando a instalação a ser verificada constituir uma extensão ou alteração de instalação existente, deve ser verificado se esta não anula as medidas de segurança da instalação existente.

7.1.5 A partir desta verificação deve ser elaborado um laudo que certifique a conformidade da instalação com esta Norma, por profissional devidamente habilitado e/ou credenciado.

7.2 Inspeção visual

A inspeção visual deve preceder os ensaios e deve ser realizada com a instalação desenergizada.

7.2.1 A inspeção visual deve ser realizada para confirmar se os componentes elétricos permanentemente conectados estão:

a) em conformidade com os requisitos de segurança das normas aplicáveis;

NOTA Isto pode ser verificado pela avaliação da conformidade do componente, por exemplo, pela marca de conformidade.

b) corretamente selecionados e instalados de acordo com esta Norma e o projeto da instalação;

c) não visivelmente danificados, de modo a restringir sua segurança.

d) desimpedidos de restos de materiais, ferramentas ou outros objetos que venham a comprometer seu isolamento.

7.2.2 A inspeção visual deve incluir no mínimo a verificação dos seguintes pontos, quando aplicáveis:

a) medidas de proteção contra choques elétricos, incluindo medição de distâncias relativas à proteção por barreiras ou invólucros, por obstáculos ou pela colocação fora de alcance;

b) presença de barreiras contra fogo e outras precauções contra propagação de incêndio e proteção contra efeitos térmicos;

c) seleção de condutores, de acordo com sua capacidade de condução de corrente e queda de tensão;

d) escolha e ajuste dos dispositivos de proteção e monitoração;

e) presença de dispositivos de seccionamento e comandos, corretamente localizados;

f) seleção dos componentes e das medidas de proteção de acordo com as influências externas;

g) identificação dos condutores neutro e de proteção;

h) presença de esquemas, avisos e outras informações similares;

- i) identificação dos circuitos, dispositivos fusíveis, disjuntores, seccionadoras, terminais, transformadores etc.;
- j) correta execução das conexões;
- l) conveniente acessibilidade para operação e manutenção;
- m) medição das distâncias mínimas entre fase e neutro.

7.3 Ensaios

7.3.1 Prescrições gerais

Os ensaios da instalação devem incluir no mínimo os seguintes:

- a) continuidade elétrica dos condutores de proteção e das ligações eqüipotenciais principais e suplementares;
- b) resistência de isolamento da instalação elétrica;
- c) ensaio de tensão aplicada;
- d) ensaio para determinação da resistência de aterramento;
- e) ensaios recomendados pelos fabricantes dos equipamentos;
- f) ensaios de funcionamento.

Os ensaios devem ser realizados com valores compatíveis aos valores nominais dos equipamentos utilizados e o valor nominal de tensão da instalação.

7.3.1.1 No caso de não-conformidade em qualquer dos ensaios, este deve ser repetido, após a correção do problema, bem como todos os ensaios precedentes que possam ter sido influenciados.

7.3.1.2 Os métodos de ensaios aqui descritos são fornecidos como métodos de referência; outros métodos, no entanto, podem ser utilizados, desde que, comprovadamente, produzam resultados não menos confiáveis.

7.3.2 Continuidade elétrica dos condutores de proteção e das ligações eqüipotenciais principal e suplementares

Um ensaio de continuidade deve ser realizado. Recomenda-se que a fonte de tensão tenha uma tensão em vazio entre 4 V e 24 V, em corrente contínua ou alternada. A corrente de ensaio deve ser de no mínimo 0,2 A.

7.3.3 Resistência de isolamento da instalação

7.3.3.1 A resistência de isolamento deve ser medida:

- a) entre os condutores vivos, tomados dois a dois;
- b) entre cada condutor vivo e a terra.

Durante esta medição os condutores fase e neutro podem ser interligados.

7.3.3.2 A resistência de isolamento deve atender aos valores mínimos especificados nas normas aplicáveis aos componentes da instalação. Esses valores são fornecidos pelos fabricantes de cada componente da instalação.

7.3.4 Ensaio de tensão aplicada

Este ensaio deve ser realizado em equipamento construído ou montado no local da instalação, de acordo com o método e valores limites de ensaio descrito nas normas aplicáveis ao equipamento ou quando recomendado pelo seu fabricante.

7.3.5 Ensaio para determinação da resistência de aterramento

7.3.5.1 Este ensaio deve ser realizado toda a vez que houver a instalação ou ampliação de malhas de terra visando a garantir o atendimento dos valores previstos em projeto.

7.3.5.2 Para a realização desse ensaio todos os cuidados referentes à segurança devem ser tomados, principalmente no caso das ampliações nas instalações em operação. Nesses casos é muitas vezes necessário o desligamento total das instalações.

7.3.6 Ensaios recomendados pelos fabricantes dos equipamentos

Todos os equipamentos que possuem condições especiais de instalações devem sofrer a inspeção de sua montagem com base nas informações fornecidas pelos seus fabricantes. Nos documentos apropriados pode ser verificada a necessidade de ensaios especiais nos equipamentos que fazem parte integrante da sua aprovação para energização.

NOTA São citados como exemplos de ensaios especiais:

- a) ensaio de rigidez dielétrica do óleo isolante - aplicável a transformadores, disjuntores e chaves seccionadoras;
- b) ensaio de fator de potência - aplicável a transformadores, máquinas elétricas de grande porte e geradores;
- c) ensaio de cromatografia de gases e análises físico-químicas de óleos isolantes - aplicável a transformadores de força;
- d) ensaio de tempos de operação - aplicável a disjuntores;
- e) ensaios de resistência de contatos elétricos - aplicável a disjuntores e barramentos de alta capacidade de corrente;
- f) ensaio de tensão aplicada - aplicável a cabos elétricos, equipamentos isolados a vácuo e a gás SF₆.

7.3.7 Ensaios de funcionamento

7.3.7.1 Montagens tais como quadros, acionamentos, controles, intertravamentos, comandos etc. devem ser submetidas a um ensaio de funcionamento para verificar se o conjunto está corretamente montado, ajustado e instalado em conformidade com esta Norma e filosofia operativa de projeto.

7.3.7.2 Dispositivos de proteção devem ser submetidos a ensaios de funcionamento, se necessários e aplicáveis, para verificar se estão corretamente instalados e ajustados.

8 Manutenção e operação

8.1 Condições gerais

Antes da realização de qualquer serviço de manutenção e/ou operação, devem ser atendidas as prescrições de 8.1.1 a 8.1.7.

8.1.1 Sempre que aplicável, a instalação a ser verificada deve ser desenergizada após a manobra de desenergização, todas as partes vivas devem ser ensaiadas quanto à presença de energia mediante dispositivos de detecção compatíveis ao nível de tensão da instalação. 

Todo equipamento e/ou instalação desenergizado deve ser aterrado, conforme esquema de aterramento adotado (ver 4.2.3) e proteção contra contato direto e contato indireto (ver 5.1.1 e 5.1.2).

Toda instalação e/ou todo equipamento desenergizado deve ser bloqueado e identificado, conforme esquema de aterramento adotado (ver 4.2.3) e proteção contra contato direto e contato indireto (ver 5.1.1 e 5.1.2).

NOTA Antes de proceder ao aterramento de uma instalação desenergizada, deve-se garantir que não haja carga residual ou cumulativa, efetuando-se primeiro a sua descarga elétrica.

8.1.2 Os dispositivos e as disposições adotados para garantir que as partes vivas fiquem fora do alcance podem ser retirados para uma melhor verificação, devendo ser impreterivelmente restabelecidos ao término da manutenção.

8.1.3 Deve-se garantir a confiabilidade dos instrumentos de medição e do ensaio, calibrando-os conforme orientação do fabricante.

8.1.4 Os acessos de entrada e saída aos locais de manutenção devem ser desobstruídos, sendo obrigatória a inclusão de sinalização adequada que impossibilite a entrada de pessoas não BA4 e BA5, conforme tabela 12. 

8.1.5 Qualquer manobra, programada ou de emergência, deve ser efetuada somente com a autorização de pessoa qualificada (BA5), conforme tabela 12.

8.1.6 Qualquer manobra deve ser efetuada por no mínimo duas pessoas, sendo que uma delas deve ser BA5.

8.1.7 É obrigatório o uso de EPC (equipamentos de proteção coletiva) e EPI (equipamentos de proteção individual) apropriados, em todos os serviços de manutenção das instalações elétricas de média tensão. 

NOTA Os envolvidos no serviço devem ter conhecimento dos procedimentos que vierem a ser executados.

8.2 Manutenção

8.2.1 Periodicidade

A periodicidade da manutenção deve adequar-se a cada tipo de instalação, considerando-se, entre outras, a sua complexidade e importância, as influências externas e a vida útil dos componentes.

8.2.2 Manutenção preventiva

Manutenção preventiva é aquela efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item.

8.2.2.1 Cabos e acessórios

Devem ser inspecionados o estado dos cabos e seus respectivos acessórios, assim como os dispositivos de fixação e suporte, observando sinais de aquecimento excessivo, rachaduras, ressecamento, fixação, identificação e limpeza.

8.2.2.2 Conjunto de manobra e controle

Deve ser verificada a estrutura do conjunto de manobra e controle, observando seu estado geral quanto a fixação, danos na estrutura, pintura, corrosão, fechaduras e dobradiças. Deve ser verificado o estado geral dos condutores e dispositivos de aterramento.

No caso de componentes com partes internas móveis, devem ser inspecionados, quando o componente permitir, o estado dos contatos e das câmaras de arco, sinais de aquecimento, limpeza, fixação, ajustes e aferições. Se possível, devem ser realizadas algumas manobras no componente, verificando seu funcionamento.

No caso de componentes fixos, deve ser inspecionado o estado geral, observando sinais de aquecimento, fixação, identificação, ressecamento e limpeza.

8.2.2.3 Equipamentos móveis

As ligações flexíveis que alimentam equipamentos móveis devem ser verificadas conforme 8.2.2.2, bem como a sua adequada articulação.

8.2.2.4 Ensaio geral

Ao término das verificações e ensaios deve ser efetuado um ensaio geral de funcionamento, simulando todas as situações de comando, seccionamento, proteção e sinalização, observando também os ajustes e aferições dos componentes (relés, sensores, temporizadores etc.), bem como a utilização de fusíveis, disjuntores, chaves seccionadoras etc., em conformidade com o projeto.

8.2.3 Manutenção corretiva

8.2.3.1 Manutenção corretiva é aquela que é efetuada após a ocorrência de uma pane, destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.

8.2.3.2 Toda instalação ou parte dela, que por qualquer motivo coloque em risco a segurança dos seus usuários, deve ser imediatamente desenergizada, no todo ou na parte afetada, e somente deve ser recolocada em serviço após reparação satisfatória.

8.2.3.3 Toda falha ou anomalia constatada nas instalações, ou componentes ou equipamentos elétricos, ou em seu funcionamento, deve ser comunicada à pessoa qualificada (BA5), para fins de reparação, notadamente quando os dispositivos de proteção contra sobrecorrentes ou contra choques elétricos atuarem sem causa conhecida.

8.3 Operação

8.3.1 Somente é admitida a operação de instalações de média tensão por pessoal qualificado (BA5).

8.3.2 É obrigatório o uso de EPC (equipamentos de proteção coletiva) e EPI (equipamentos de proteção individual) apropriados em todos os serviços de operação das instalações elétricas de média tensão, exceto nos casos de operação remota, onde as medidas de proteção contra contato direto e indireto devem atender à ABNT NBR 5410.

9 Subestações

9.1 Disposições gerais

9.1.1 As subestações podem ser abrigadas ou ao tempo. Quanto à sua posição em relação ao solo, podem ser instaladas na superfície, abaixo da superfície do solo (subterrânea) ou acima da superfície do solo (aérea).

9.1.2 As subestações devem ter características de construção definitiva, ser de materiais incombustíveis e de estabilidade adequada, oferecendo condições de bem-estar e segurança aos operadores, quando estes se fizerem necessários.

9.1.3 As subestações devem ser localizadas de forma a permitir fácil acesso a pessoas, materiais e equipamentos, para operação e manutenção, e possuir adequadas dimensões, ventilação e iluminação natural ou artificial compatível com a sua operação e manutenção.

9.1.4 As subestações podem ou não ser parte integrante de outras edificações, devem atender a requisitos de segurança e ser devidamente protegidas contra danos acidentais decorrentes do meio ambiente.

9.1.5 Nas instalações internas e externas, os afastamentos entre partes vivas devem ser os indicados na tabela 21. Estes afastamentos devem ser tomados entre extremidades mais próximas e não de centro a centro.

9.1.6 O acesso a subestações somente é permitido a pessoas BA4 e BA5, sendo proibido o acesso a pessoas BA1. 

9.1.7 Os equipamentos de controle, proteção, manobra e medição, operando em baixa tensão, devem constituir conjunto separado, a fim de permitir fácil acesso, com segurança, a pessoas qualificadas, sem interrupção de circuito de média tensão.

9.1.8 A disposição do equipamento deve oferecer condições adequadas de operação, segurança e facilidade de substituição do todo ou parte.

9.1.9 Devem ser fixadas placas com os dizeres “Perigo de morte” e o respectivo símbolo nos seguintes locais:

- a) externamente, nos locais possíveis de acesso;
- b) internamente, nos locais possíveis de acesso às partes energizadas.

9.1.10 No interior das subestações deve estar disponível, em local acessível, um esquema geral da instalação.

9.1.11 Todos os dizeres das placas e da documentação devem ser em língua portuguesa, sendo permitido o uso de línguas estrangeiras adicionais.

9.1.12 Nas instalações de equipamentos que contenham líquido isolante inflamável com volume superior a 100 L devem ser observadas as seguintes precauções: 

- a) construção de barreiras incombustíveis entre os equipamentos ou outros meios adequados para evitar a propagação de incêndio;
- b) construção de dispositivo adequado para drenar ou conter o líquido proveniente de eventual vazamento.

9.2 Subestações abrigadas

9.2.1 Prescrições gerais

9.2.1.1 As subestações abrigadas são aquelas nas quais os seus componentes estão ao abrigo das intempéries.

9.2.1.2 Os corredores de controle e manobra e os locais de acesso devem ter dimensões suficientes para que haja espaço livre mínimo de circulação de 0,70 m, com todas as portas abertas, na pior condição ou equipamentos extraídos em manutenção.

Havendo equipamentos de manobra, deve ser mantido o espaço livre em frente aos volantes e alavancas. Em nenhuma hipótese esse espaço livre pode ser utilizado para outras finalidades.

9.2.1.3 As subestações devem ter iluminação artificial, obedecendo aos níveis de iluminamento fixados pela ABNT NBR 5413, e iluminação natural, sempre que possível. As janelas e vidraças utilizadas para este fim devem ser fixas e protegidas por meio de telas metálicas resistentes, com malhas de 13 mm, no máximo, e de 5 mm, no mínimo, quando sujeitas a possíveis danos. O uso de vidro aramado dispensa a tela de proteção.

As subestações devem ser providas de iluminação de segurança, com autonomia mínima de 2 h.

9.2.1.4 As subestações devem possuir ventilação natural, sempre que possível, ou forçada.

9.2.1.5 No local de funcionamento do equipamento, a diferença entre a temperatura interna, medida a 1 m da fonte de calor a plena carga, e a externa, medida à sombra, não deve ultrapassar 15°C.

9.2.1.6 No local de permanência interna dos operadores, a temperatura ambiente não pode ser superior a 35°C. Em regiões onde a temperatura externa, à sombra, exceder esse limite, a temperatura ambiente no local da permanência pode, no máximo, igualar a temperatura externa. Quando esta condição não puder ser conseguida mantendo os ambientes em conjunto, o local de permanência dos operadores deve ser separado.

9.2.1.7 As aberturas para ventilação natural devem ser convenientes dispostas, de modo a promover circulação do ar.

9.2.1.8 No caso de ventilação forçada, quando o ar aspirado contiver em suspensão poeira ou partículas provenientes da fabricação, as tomadas de ar devem ser providas de filtros adequados.

9.2.1.9 Nas subestações situadas em ambiente de natureza corrosiva, o ar deve ser aspirado do exterior e o local deve ser mantido sob pressão superior à do ambiente de natureza corrosiva. Devem ser previstos dispositivos de alarme ou desligamento automático, no caso de falha deste sistema.

9.2.1.10 A fim de evitar a entrada de chuva, enxurrada e corpos estranhos, as aberturas para ventilação devem ter as seguintes características:

- a) devem se situar no mínimo 20 cm acima do piso exterior;
- b) devem ser construídas em forma de chicana;
- c) devem ser protegidas externamente por tela metálica resistente, com malha de abertura mínima de 5 mm e máxima de 13 mm.

9.2.1.11 Nas entradas subterrâneas, do lado externo, o cabo deve ser protegido por eletroduto metálico, classe pesada, no trecho exposto, até a altura mínima de 3 m acima do nível do solo.

9.2.1.12 Todas as partes vivas acessíveis do lado normal de operação devem ser providas de anteparos suficientemente rígidos e incombustíveis, com proteção contra contatos acidentais.

9.2.1.13 Quando tratar-se de cabina metálica, esta deve estar em conformidade com o prescrito na ABNT NBR 6979.

9.2.2 Instalações na superfície e acima da superfície do solo

As subestações devem ser providas de portas metálicas, com dimensões mínimas de 0,80 m x 2,10 m. Todas as portas devem abrir para fora.

9.2.3 Subestações subterrâneas

9.2.3.1 Estas subestações devem ter impermeabilização total contra infiltração de água.

NOTA Nos casos em que a impermeabilização não for viável ou não puder evitar a infiltração de água, deve ser implementado um sistema de drenagem.

9.2.3.2 As subestações devem ser providas no mínimo de uma abertura para serviço ou emergência, com dimensões mínimas de 0,80 m x 2,10 m, quando laterais, e ter dimensões suficientes para permitir a inscrição de círculo de no mínimo 0,60 m, quando localizados no teto.

9.2.3.3 Quanto à proteção contra invasão de águas, admitem-se os seguintes tipos:

- a) de porta estanque;
- b) com desembocadura a céu aberto (localização em encosta, com escoamento natural).

NOTAS

1 No primeiro caso, deve ser prevista entrada de emergência, não sujeita à inundação. No segundo caso, a desembocadura deve ser provida de tela, para evitar a entrada de animais. Não sendo possível a construção de recintos com as características acima, o equipamento e a instalação devem ser à prova d'água (do tipo submersível).

2 As subestações semi-enterradas aplicam-se a essas mesmas disposições, sendo entretanto desnecessário o emprego de porta estanque e equipamento submersível, desde que não estejam sujeitos a inundações.

9.2.3.4 As aberturas de acesso de serviço e emergência devem abrir para fora e apresentar facilidade de abertura pelo lado interno.

9.2.3.5 Devem ser previstos meios adequados para a instalação inicial e eventual substituição/remoção posterior dos componentes individuais.

9.2.3.6 Os acessos podem ser do tipo chaminé, devendo, nesse caso, ter altura suficiente de modo a impedir inundação.

9.2.3.7 Todas as entradas e saídas de condutos devem ser obturadas de maneira a assegurar a estanqueidade da subestação.

9.3 Subestações ao tempo

9.3.1 Disposições gerais

9.3.1.1 As subestações ao tempo são aquelas nas quais os seus componentes estão sujeitos à ação das intempéries.

9.3.1.2 Nas subestações ao tempo, todo equipamento deve ser resistente às intempéries, em conformidade com 4.3.

9.3.2 Subestações instaladas na superfície do solo

9.3.2.1 Estas instalações devem ser providas, à sua volta, de elementos de proteção, a fim de evitar a aproximação de pessoas BA1, BA2, BA3 e de animais.

9.3.2.2 Quando usada tela como proteção externa, esta deve ter malhas de abertura máxima de 50 mm e ser constituída de aço zincado de diâmetro 3 mm, no mínimo, ou material de resistência mecânica equivalente.

9.3.2.3 Devem ser fixadas placas com os dizeres "Perigo de morte" e um símbolo em local bem visível do lado externo; em todas as faces da proteção externa e junto ao acesso.

9.3.2.4 A parte inferior da proteção deve ficar no máximo 10 cm acima da superfície do solo.

9.3.2.5 O sistema de proteção externo, quando metálico, deve ser ligado à terra, satisfazendo, no que couber, as condições prescritas em 5.1.

9.3.2.6 O acesso a pessoal BA4 e BA5 deve ser feito por meio de porta, abrindo para fora, com dimensões mínimas de 0,80 m x 2,10 m. Quando utilizada também para acesso de materiais, a porta deve ter dimensões adequadas. A porta deve ser provida de fecho de segurança externo, permitindo livre abertura do lado interno.

9.3.2.7 A instalação deve ser dotada de sistema adequado de escoamento de águas pluviais.

9.3.2.8 As subestações devem ter iluminação artificial, obedecendo aos níveis de iluminamento fixados pela ABNT NBR 5413 e iluminação natural, sempre que possível. As janelas e vidraças utilizadas para este fim devem ser fixas e protegidas por meio de telas metálicas resistentes, com malhas de 13 mm, no máximo, e de 5 mm, no mínimo, quando sujeitas a possíveis danos. O uso de vidro aramado dispensa a tela de proteção.

As subestações devem ser providas de iluminação de segurança, com autonomia mínima de 2 h.

9.3.2.9 Nas instalações de equipamentos que contenham líquido isolante devem ser observadas as prescrições de 5.8.

9.3.3 Subestações instaladas acima da superfície do solo

9.3.3.1 Todas as partes vivas não protegidas em áreas de circulação de pessoal BA1 devem estar situadas no mínimo a 5 m acima da superfície do solo.

Quando não for possível observar a altura mínima de 5 m para as partes vivas, pode ser tolerado o limite de 3,5 m, desde que o local seja provido de um anteparo horizontal em tela metálica ou equivalente, devidamente ligado à terra, com as seguintes características:

- a) afastamento mínimo de 40 cm das partes vivas;
- b) malha de 50 mm de abertura, no máximo;
- c) fios de aço zincado ou material equivalente, de 3 mm de diâmetro, no mínimo.

9.3.3.2 A disposição do equipamento deve prever espaço livre de segurança, que permita o acesso de uma pessoa BA4 ou BA5 para fins de manobras, inspeção ou manutenção, com dimensões tais que seja possível a inscrição de um cilindro reto, de eixo vertical, com diâmetro mínimo de 0,60 m e altura suficiente para permitir o acesso às partes mais elevadas.

9.3.3.3 As estruturas de suporte dos equipamentos devem oferecer condições adequadas de operação, segurança e manutenção.

9.3.3.4 O equipamento pode ser instalado sobre:

- a) postes ou torres de aço, concreto ou madeira adequada, conforme ABNT NBR 5433 ou ABNT NBR 5434;
- b) plataformas elevadas sobre estrutura de concreto, aço ou madeira adequada, conforme ABNT NBR 5433 ou ABNT NBR 5434;
- c) áreas sobre a cobertura de edifícios, inacessíveis a pessoas BA1 ou providas do necessário sistema de proteção externa. Neste equipamento não é permitido o emprego de líquido isolante inflamável.

9.4 Subestação de transformação

9.4.1 As subestações de transformação são instalações destinadas a transformar qualquer das grandezas da energia elétrica, dentro do âmbito desta Norma.

9.4.2 Deve ser dispensada especial atenção aos aparelhos com carcaça sob tensão, os quais devem ter sinalização indicadora de perigo.

9.4.3 Quando a subestação de transformação fizer parte integrante da edificação industrial, somente é permitido o emprego de transformadores a seco. Quando forem utilizados disjuntores com líquidos isolantes não inflamáveis, estes devem ter um volume de líquido por pólo inferior a 1 L. 

NOTA Considera-se como parte integrante o recinto não isolado ou desprovido de paredes de alvenaria e portas corta-fogo.

9.4.4 Quando a subestação de transformação fizer parte integrante da edificação residencial e/ou comercial, somente é permitido o emprego de transformadores a seco, mesmo que haja paredes de alvenaria e portas corta-fogo. Quando forem utilizados disjuntores com líquidos isolantes não inflamáveis, estes devem ter um volume de líquido por pólo inferior a 1 L. 

9.4.5 No caso de instalação de transformadores em ambientes perigosos, o equipamento deve obedecer às normas específicas.

9.4.6 Quando o dispositivo de manobra que alimenta um equipamento situar-se em uma posição não visível, sob o ponto de vista do operador deste equipamento, deve ser empregada uma chave desligadora junto a esse equipamento. Quando a chave desligadora não tiver capacidade de interrupção para a corrente de carga, esta deve ser intertravada com o dispositivo de manobra.

9.5 Subestação de controle e manobra

9.5.1 As subestações de controle e manobra são instalações destinadas a controlar qualquer das grandezas da energia elétrica, ligar ou desligar circuitos elétricos ou, ainda, prover meios de proteção para esses circuitos.

9.5.2 Deve situar-se na posição mais conveniente para sua operação, podendo localizar-se no mesmo recinto das subestações de medição ou de transformação.

9.5.3 Os instrumentos indicadores e dispositivos de controle e manobra devem ser agrupados de maneira a facilitar as operações. Esse agrupamento deve obedecer ao critério de separação dos diversos circuitos e linhas com devida identificação.

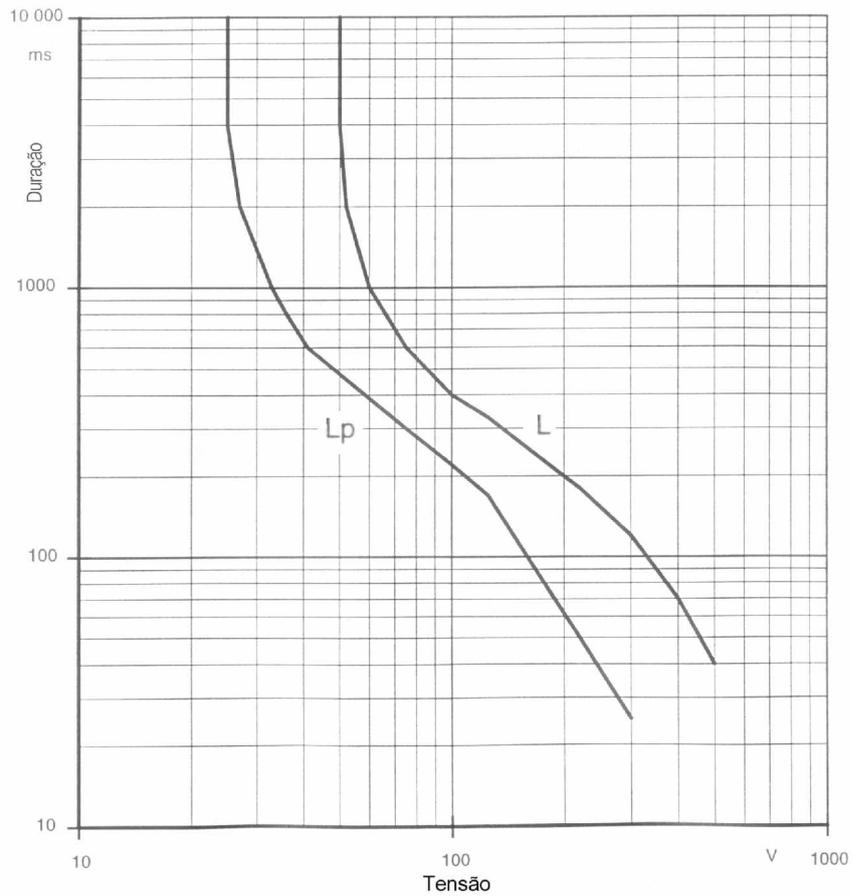
9.5.4 Não é permitido o emprego exclusivo de intertravamento elétrico em aparelhos contíguos, onde possíveis falhas daquele ocasionem danos a pessoas ou coisas.

Quando, no caso de aparelhos não contíguos, o intertravamento mecânico não for possível, a execução do intertravamento elétrico deve ser complementada com outra medida redundante.

Anexo A (normativo)

Duração máxima da tensão de contato presumida

(L para a situação 1 e Lp para a situação 2)



Início dos comentários da norma NBR 14039:2005



Target



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

Título: *Instalações elétrica de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV*

COMENTÁRIO 0.C

Princípios estabelecidos para esta revisão publicada como NBR 14039:2003

A revisão da norma brasileira de média tensão, a NBR 14039:2000, teve os seguintes princípios estabelecidos:

- estrutura semelhante à NBR 5410:1997;
- baseada na norma francesa NFC 13200:1989;
- baseada em projeto de norma IEC.

Estes três princípios são coerentes entre si, e foram estabelecidos para uma melhor compreensão do texto da nova norma.

O primeiro princípio, que é o de estrutura semelhante à NBR 5410 - norma brasileira de instalações elétricas de baixa tensão -, tem o objetivo de facilitar o entendimento por parte dos interessados: projetistas, instaladores, consultores, ou seja, as normas brasileiras de instalações elétricas de baixa e de média tensão teriam estruturas semelhantes, uma vez que, dentro da realidade nacional, a maioria dos usuários da nova norma de média tensão já é usuária da norma de baixa tensão, o que facilitaria a compreensão de um texto mais complexo.

Um objetivo técnico também norteou essa decisão: os princípios físicos básicos de instalações elétricas, nas faixas de baixa e média tensão, são basicamente os mesmos, existindo particularidades para cada nível de tensão que foram consideradas na NBR 14039, relativas à faixa de tensão entre 1 kV e 36,2 kV.

Ao observar a mesma estrutura da norma de baixa tensão, a norma brasileira de média tensão também se harmoniza com a IEC 60364, já que esta é a norma internacional a qual a NBR 5410 foi baseada.

A norma francesa NFC 13200 seguiu essa filosofia. Portanto, o fato de a norma brasileira ser baseada na norma francesa de média tensão é uma consequência natural e justifica o segundo princípio.

A adoção de um texto-base estrangeiro (no caso, francês) para a elaboração da norma brasileira se justifica pelo fato de não existir um documento IEC (norma internacional) para esse nível de tensão.

Além disso, o trabalho hoje em curso no âmbito da IEC, visando igualmente à elaboração de uma norma de média tensão, tem como referência a NFC 13200.

A harmonização com a IEC é natural e necessária, já que a economia globalizada fortalece ainda mais o papel da normalização internacional. O incremento do comércio mundial e a internacionalização da economia exigem a adoção de referências técnicas comuns. A experiência do Mercosul, do qual o Brasil é um dos atores, ilustra bem essa questão. Por decisão comum de todos os parceiros, as normas técnicas destinadas a reger o comércio de produtos eletroeletrônicos no Mercosul têm como base a normalização IEC.

A Comissão de Estudo CE 03:064.11 da ABNT tem acompanhado o trabalho do Technical Committee - TC 99 da IEC, que é o grupo encarregado de elaborar a norma internacional de média tensão. Os documentos de trabalho produzidos pelo TC 99 são analisados detalhadamente pela comissão brasileira, que se preocupa em harmonizar, o máximo possível, seus trabalhos com os trabalhos da IEC. O objetivo é conservar a coerência da nossa nova norma com a futura IEC, indo assim ao encontro do terceiro princípio mencionado.

[Voltar para a Norma](#)



ITEM DA NORMA

1.1 *Esta Norma estabelece um sistema para o projeto e execução de instalações elétricas de média tensão, com tensão nominal de 1,0 kV a 36,2 kV, à frequência industrial, de modo a garantir segurança e continuidade de serviço.*

COMENTÁRIO 1.1.C

A NBR 14039 contém prescrições relativas ao projeto, à execução, à verificação final e à manutenção das instalações elétricas a que se aplica.

O limite de aplicação da norma de média tensão é dado pelo valor da tensão em corrente alternada (CA): o limite inferior é de 1 kV e o limite superior é de 36,2 kV, e, em corrente contínua (CC), o limite inferior é de 1,5 kV e o superior é de 36,2 kV. Portanto, se em uma determinada instalação na transformação ou no fornecimento estes limites forem violados, a norma de média tensão deixa de ser aplicável.

No caso de tensão CA inferior a 1 kV e CC inferior a 1,5 kV, a norma aplicável é a NBR 5410. No caso dos limites superiores serem violados, não existem normas brasileiras e normas IEC, devendo ser adotada uma norma estrangeira, como por exemplo, a norma francesa NFC 13200 - que tem validade até 64 kV -, mas precedido de um acordo entre o proprietário e o projetista da instalação.

Pode-se ter várias instalações, inclusive com normas diferentes, dentro de uma mesma planta.

O caso mais comum é o de receber a alimentação em média tensão e rebaixar para baixa tensão ou outras tensões nominais, e ainda distribuir na planta em média tensão no nível recebido. Pode-se também ter o caso de receber em uma tensão mais elevada que 36,2 kV, rebaixar para a faixa de média tensão, e ainda se ter alimentação de segurança ou cogeração em baixa tensão com elevação para média tensão. Como pode ser visto na figura 1 C, cada nível de tensão pode ser regido por uma norma diferente. Os limites estão nos terminais de saída dos transformadores, tanto abaixadores como elevadores.

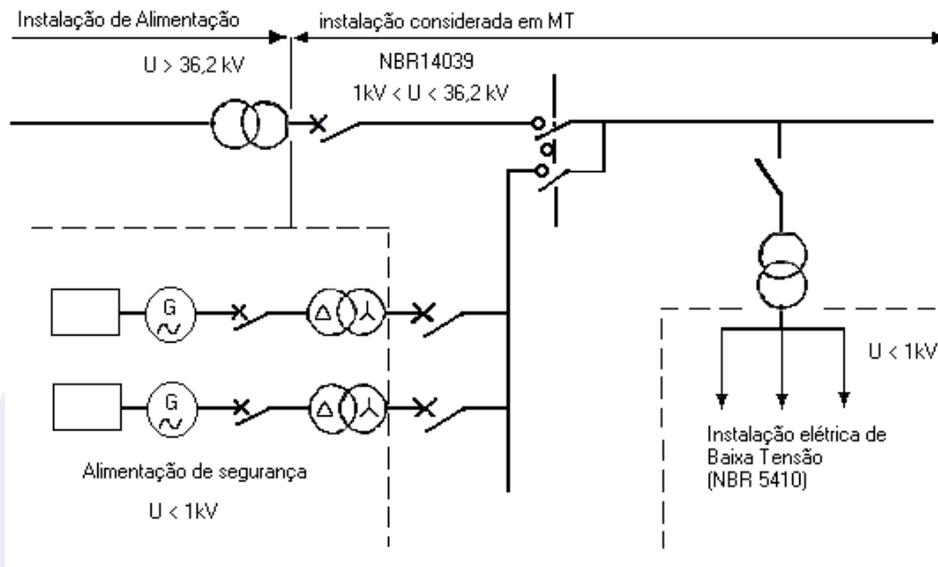


Figura 1 C

No caso da entrada de energia elétrica, há dois pontos importantes:

- a origem da instalação – o ponto S (indicado na figura 2C);
- e o ponto de entrega – ponto O (indicado na figura 2C).

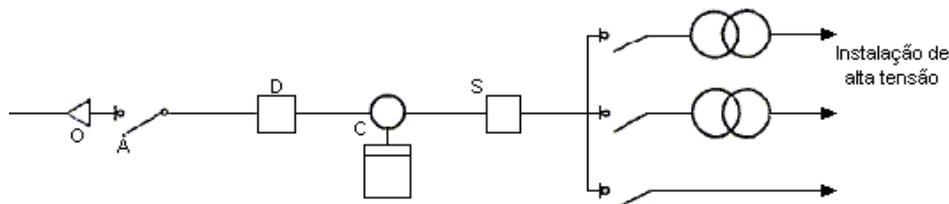


Figura 2 C

Vale a pena lembrar que, no Brasil, a obrigatoriedade do uso de normas é explicitada em vários textos legais, como por exemplo:

- Código de Defesa do Consumidor LEI Nº 8.078 - de 11 SET 1990: lei que regula as transações de compra e venda de produtos e serviços no território nacional.

Seção IV - Das Práticas Abusivas, no Art. 39 - É vedado a fornecedor de produtos ou serviços: VIII – “colocar, no mercado de consumo, qualquer produto ou serviço em desacordo com as normas expedidas pelos órgãos oficiais competentes, ou, se normas específicas não existirem, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas ou outra entidade credenciada pelo Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – CONMETRO”;

- A NR-10 estabelece no item 10.1.2 que “**Nas instalações e serviços em eletricidade, devem ser observadas no projeto, execução, operação, manutenção, reforma e ampliação, as normas técnicas estabelecidas pelos órgãos oficiais competentes e, na falta destas, as normas internacionais vigentes.**”

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

1.2 *Esta Norma aplica-se a partir de instalações alimentadas pelo concessionário, o que corresponde ao ponto de entrega definido através da legislação vigente emanada da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Esta Norma também se aplica a instalações alimentadas por fonte própria de energia em média tensão.*

COMENTÁRIO 1.2.C

As instalações elétricas de média tensão podem ser alimentadas:

- diretamente em média tensão, por rede pública de média tensão da concessionária, caso típico de edificações comerciais de grande porte e industriais de médio e grande porte;
- em média tensão, através de subestação de transformação do usuário, caso típico de edificações de uso industrial de grande porte;
- por fonte própria em média tensão (gerador ou gerador e transformador), caso típico de sistema de alimentação elétrica de substituição, geração no horário de ponta e geração própria, em qualquer tipo de edificação.

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

1.5 *Esta Norma aplica-se às instalações novas, às reformas em instalações existentes e às instalações de caráter permanente ou temporário.*

COMENTÁRIO 1.5.C

Em princípio, pode-se entender como “reforma” qualquer ampliação de instalação existente (criação de novos circuitos, alimentação de novos equipamentos, etc.), bem como qualquer substituição de componentes que implique em alteração de circuito. A adequação à Norma deve ser feita, no mínimo, a partir do quadro de distribuição que alimenta o circuito ou circuitos envolvidos, incluindo o quadro e todos os demais circuitos por ele alimentados.

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

1.7 *A aplicação desta Norma não dispensa o respeito aos regulamentos de órgãos públicos aos quais a instalação deva satisfazer. Em particular, no trecho entre o ponto de entrega e a origem da instalação, pode ser necessário, além das prescrições desta Norma, o atendimento das normas e/ou padrões do concessionário quanto à conformidade dos valores de graduação (sobrecorrentes temporizadas e instantâneas de fase/neutro) e capacidade de interrupção da potência de curto-circuito.*

COMENTÁRIO 1.7.C

A princípio, a utilização de uma norma não exclui a aplicação de regulamentos, que são documentos oficiais de uso compulsório. Em particular nas instalações de média tensão, além da NBR 14039 devem-se observar, por exemplo:

- Norma Regulamentadora NR-10 – Instalações e Serviços em Eletricidade;
- Resolução 456/00 da ANEEL – Condições Gerais de Fornecimento.

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

1.8 *Esta Norma não se aplica:*

c) trabalhos com circuitos energizados.

COMENTÁRIO 1.8.c.C

No caso de trabalhos com circuitos energizados devem ser atendidas as prescrições da NR-10 - Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego -, que trata de segurança de serviços em instalações elétricas. A NR-10 define o que se entende por circuitos energizados.

[Voltar para a Norma](#)



ITEM DA NORMA

4.1 Prescrições fundamentais

Em 4.1.1 a 4.1.11 são indicadas prescrições fundamentais destinadas a garantir a segurança de pessoas, e de animais e a conservação dos bens e do meio ambiente contra os perigos e danos que possam resultar da utilização das instalações elétricas, em condições que possam ser previstas.

COMENTÁRIO 4.1.C

As prescrições fundamentais constituem a base desta Norma, e todas as demais têm por objetivo dar à instalação condições de atendê-la plenamente. Nessas condições, as prescrições específicas contidas nas seções 5 e 6, e indicadas na tabela 1 C, constituem as formas de implementação das prescrições fundamentais.

Tabela 1 C – Prescrições fundamentais da Norma

Prescrições fundamentais	Prescrições específicas			
	Medidas	Aplicação das medidas	Seleção em função das influências externas	Dispositivos
1.3.1 Proteção contra choques elétricos	5.1	5.7.2	5.8.1	6.3.3
1.3.2 Proteção contra efeitos térmicos	5.2	---	5.8.2	---
1.3.3 Proteção contra sobrecorrentes	5.3	5.7.4	---	6.3.4
1.3.4 Proteção contra sobretensões	5.4	5.7.5	---	6.3.5
1.3.5 Seccionamento e comando	5.6	5.7.7	---	6.3.8
1.3.6 Independência da instalação elétrica	6.1.6	---	---	---
1.3.7 Acessibilidade dos componentes	6.1.4	---	---	---
1.3.8 Condições de alimentação	6.1.3.1	---	---	---
1.3.9 Condições de instalação	6.1.3.2	---	---	---



ITEM DA NORMA

4.2.1 Potência de alimentação

COMENTÁRIO 4.2.1.C

Um projeto de instalações elétricas se inicia sempre com o levantamento das cargas dos equipamentos elétricos desta instalação. Isto é necessário para a determinação da potência de alimentação da instalação. Para cada carga devem ser determinadas as características elétricas principais, tais como, a potência, a tensão nominal e o fator de potência. Posteriormente, esta carga deve ser classificada quanto:

- o seu tipo;
- a sua localização;
- a sua sensibilidade;
- as perturbações que pode produzir, e
- as suas diferentes condições de funcionamento.

Duas características devem ser inicialmente conhecidas em uma instalação elétrica: a potência instalada e a potência de alimentação.

A potência instalada é a soma das potências nominais de todos os equipamentos de utilização existentes ou previstos na instalação, na parte considerada da instalação ou no conjunto de equipamentos.

A potência de alimentação de uma instalação é a soma das potências nominais de todos os equipamentos de utilização existentes ou previstos na instalação, ou na parte considerada da instalação, susceptíveis de funcionarem simultaneamente. A potência de alimentação deve corresponder à demanda máxima presumida de uma instalação ou de uma parte da instalação.

A potência de alimentação da instalação deve ser determinada a partir das correntes nominais das cargas, levando-se em consideração as possibilidades de não simultaneidade no funcionamento das cargas, o que é feito através da adoção de um fator de demanda adequado. A determinação do fator de demanda pressupõe um conhecimento detalhado da instalação e das condições de funcionamento dos equipamentos. A potência de alimentação deve ser calculada em todos os níveis da distribuição (por cargas ou grupo de cargas, por local ou por grupo de locais, por nível de tensão).

A determinação da potência em cada ponto de utilização é feita a partir da análise de dados relativos às cargas, e considerando a utilização prevista dos locais. Deve se espelhar na experiência de outras instalações análogas, levando-se em conta prováveis extensões ou evoluções das potências

previstas. Tal como a determinação dos fatores de demanda, a consideração de uma capacidade de reserva exige do projetista conhecimento das características do tipo particular de instalação e das condições de funcionamento das cargas.

O fator de utilização, que é a razão entre a potência efetivamente absorvida e a potência nominal, caracteriza o fato de que uma carga não funciona sempre em sua potência normal. Para a aplicação de um fator inferior a 1, é necessário um conhecimento das condições de operação e utilização dos equipamentos. Uma recomendação existente em normas européias, e que pode servir de guia, é a de adotar para uma instalação industrial o valor de 0,75 para os motores. Para os equipamentos de iluminação e aquecimento, o fator de utilização é sempre assumido como 1.

[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA**4.2.3 Esquemas de aterramento****COMENTÁRIO 4.2.3 C**

A classificação de esquemas de aterramento apresentada nesta revisão da NBR 14039 é muito semelhante à da NBR 5410, a norma de baixa tensão, pois foi baseada na NFC 13200, que, por sua vez, adotou os esquemas de aterramento da IEC 60364, “norma base” da NBR 5410.

O conceito de esquemas é muito útil quando há necessidade de definir os aterramentos sem ambigüidades. Trata-se de uma classificação de todas as combinações possíveis de ligações do condutor neutro e do condutor de proteção nos eletrodos de aterramento, ou seja, todas as combinações possíveis e/ou aplicáveis de interligações entre os aterramentos funcional e de proteção. Por esta classificação, o aterramento do neutro e sua ligação com o condutor de proteção ficam completamente definidos com apenas três letras, sem deixar margem a dúvidas.

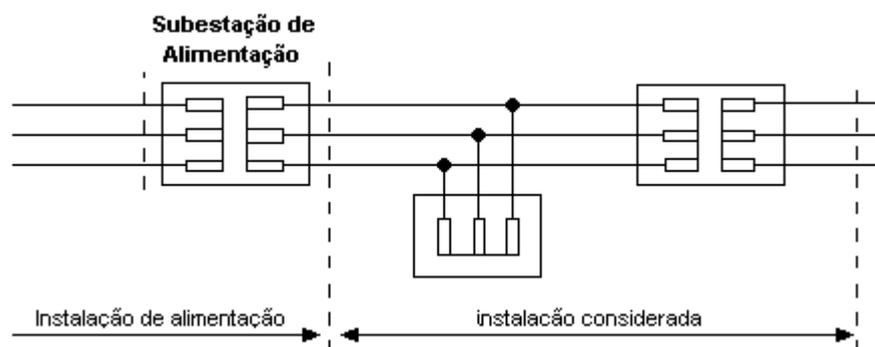


Figura 3 C

O esquema de aterramento é um importante fator na proteção contra choques por contatos indiretos e contra sobretensões.

Em uma instalação média tensão típica, como apresentado na figura 3 C, os esquemas de aterramento podem ser classificados, como consta também na revisão da norma, em função de três fatores:

- do modo de aterramento do neutro da subestação de alimentação;
- do modo de aterramento das massas da instalação;
- do modo de aterramento das massas da subestação de alimentação.

Pode-se verificar que a total liberdade na escolha do sistema de aterramento a ser usado na instalação só existirá quando o suprimento de energia da instalação for feito por subestação de alimentação do consumidor. Quando o fornecimento de energia for em média tensão, a escolha do esquema de aterramento a ser utilizado pelo consumidor é limitada pelo concessionário de energia elétrica. Neste caso, por exemplo, a terceira letra, referente à instalação de alimentação, é definida na subestação do concessionário. O fato de o neutro ser ou não fornecido também pode restringir o usuário: o não-fornecimento do neutro implica na utilização dos esquemas TT.

[Voltar para a Norma](#)



ITEM DA NORMA

4.2.3.1 Esquema TNR

O esquema TNR possui um ponto da alimentação diretamente aterrado, sendo as massas da instalação e da subestação ligadas a esse ponto através de condutores de proteção (PE) ou condutor de proteção com função combinada de neutro (PEN). Nesse esquema, toda corrente de falta direta fase-massa é uma corrente de curto-circuito (figura 1). (...)

COMENTÁRIO 4.2.3.1.C

Nos esquemas TN, o percurso da corrente de falta fase-massa é constituído exclusivamente por elementos condutores, sendo, portanto, um percurso de baixa impedância. Neste caso, todo defeito de isolamento é um curto-circuito, sendo permitido que a detecção dos defeitos seja efetuada por dispositivos de proteção contra sobrecorrentes instalados em todos os condutores de fase. Porém, é obrigatória a verificação das condições de funcionamento destes dispositivos, através da avaliação da corrente de curto circuito mínima.

O cálculo da corrente de curto-circuito mínima deve considerar a impedância do percurso da corrente de falta, incluindo a fonte, os condutores de fase em defeito e o condutor de proteção. Para permitir este cálculo, o condutor de proteção deve, em princípio, caminhar ao lado dos condutores de fase sem interposição de elementos ferromagnéticos (armaduras, telas) ou fazer parte do mesmo eletroduto.

Em uma instalação alimentada em média tensão pela concessionária, no caso de ser adotado o esquema TN, o neutro da rede de distribuição deve ser considerado como condutor PEN.

É importante ressaltar que, instalações com alimentação aterrada por uma impedância que visa somente limitar a corrente de falta, por exemplo, a 500 A, são instalações TN.



ITEM DA NORMA

4.2.3.2 Esquemas TTN e TTS

Os esquemas TTx possuem um ponto da alimentação diretamente aterrado, estando as massas da instalação ligadas a eletrodos de aterramento eletricamente distintos do eletrodo de aterramento da subestação. (...)

COMENTÁRIO 4.2.3.2.C

No esquema TT, o percurso da corrente de falta fase-massa inclui a terra. É, portanto, um percurso de impedância elevada.

Nos esquemas TT, a corrente de falta é limitada por:

- resistências dos eletrodos de aterramento: das massas e do neutro, esta última aumentada ao valor da resistência de limitação, que pode ser inserida entre o ponto neutro e a terra;
- resistência das ligações eventuais, utilizadas por interconexão das massas e do eletrodo de aterramento.

Devido a esta limitação, a magnitude da corrente de falta será muito menor do que a corrente de curto-circuito fase neutro. A detecção destas baixas correntes de fuga não é possível com dispositivos cujo valor de funcionamento é muito elevado (muitas vezes sua corrente nominal).

Por isso, é necessária a utilização de dispositivos sensíveis à corrente diferencial. Neste caso, não é permitido que a detecção da corrente de falta seja assegurada por dispositivos de proteção contra sobrecorrentes, pois o seu funcionamento seria de difícil verificação.

A detecção das faltas deve ser efetuada por dispositivos sensíveis à corrente diferencial e provocam a interrupção da alimentação, não necessitando de uma verificação das condições de disparo.

Os eletrodos de aterramento do ponto de alimentação e o eletrodo de aterramento das massas devem ser distintos, mesmo que haja superposição nas zonas de influência dos eletrodos da alimentação e das massas. O esquema é considerado TT, para efeito de aplicação das medidas de proteção contra contatos indiretos.



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

4.2.3.3 Esquemas ITN, ITS e ITR

Os esquemas Itx não possuem qualquer ponto da alimentação diretamente aterrado ou possuem um ponto da alimentação aterrado através de uma impedância, estando as massas da instalação ligadas a seus próprios eletrodos de aterramento. (...)

COMENTÁRIO 4.2.3.3.C

Em um esquema IT, a alimentação pode estar isolada da terra ou aterrada através de uma impedância. As massas, por sua vez, individualmente, ou por grupos, ou coletivamente, podem estar aterradas em eletrodo ou eletrodos específicos ou, no caso da alimentação aterrada por impedância, no mesmo eletrodo da alimentação.

Em qualquer caso, a corrente de uma primeira falta fase-massa apresenta um valor limitado, visto que seu percurso se fecha através da capacitância do circuito em relação à terra ou, eventualmente, através da impedância por meio da qual é aterrada a alimentação.

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

4.2.5.2 *As tensões nominais da instalação são as seguintes: 3 kV, 4,16 kV, 6 kV, 13,8 kV, 23,1 kV e 34,5 kV.*

COMENTÁRIO 4.2.5.2.C

O valor da tensão nominal de uma instalação é determinado em função da tensão da rede de distribuição pública, da tensão de alimentação das cargas, da divisão e da potência dos centros de carga da instalação, do funcionamento particular de algumas cargas e da potência mínima de curto-circuito necessária ao bom funcionamento das cargas alimentadas.

A instalação de média tensão do usuário liga a subestação de entrada de energia às cargas alimentadas diretamente em média tensão, ou às subestações de transformação MT/MT ou MT/BT. Segundo a potência instalada necessária, é possível adotar uma das seguintes soluções para a escolha da tensão nominal da instalação:

- a mesma tensão da rede de distribuição pública;
- a tensão nominal das cargas alimentadas diretamente em média tensão;
- uma tensão intermediária entre a da rede de distribuição pública e a das cargas: por exemplo, a tensão nominal da instalação de 13,8 kV, se a da rede de distribuição pública é de 34,5 kV e a das cargas de 3 kV ou 6 kV.

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

4.2.5.4 *A tensão nominal, padronizada na NBR 10478, dos equipamentos utilizados nas instalações deve ser igual ou superior à tensão nominal da instalação.*

COMENTÁRIO 4.2.5.4.C

A NBR 5459 define como tensão nominal de um equipamento o “*valor eficaz da tensão pelo qual um dispositivo de manobra ou proteção é designado e ao qual são referidos outros valores nominais*”.

Ainda apresenta a seguinte nota: “*esse valor é igual ao da tensão máxima do sistema para o qual o dispositivo é projetado*”. Logo, a tensão nominal do equipamento nunca pode ser inferior à tensão nominal da instalação.

[Voltar para a Norma](#)

**ITEM DA NORMA**

4.2.5.5 Os valores de tensão máxima para o equipamento em função da tensão nominal da instalação devem ser selecionados de acordo com a norma do equipamento.

COMENTÁRIO 4.2.5.5.C

Como regra geral, pode-se usar a tabela 2 C:

Tabela 2 C – Tensões nominais da instalação x Tensões máximas para os equipamentos

Tensão nominal da Instalação (kV)	Tensão máxima para o equipamento (valor eficaz) (kV)
3	3,6
4,16	7,2
6	7,2
13,8	15 ou 17,5
23,1	24,5
34,5	36,2



ITEM DA NORMA

4.2.6 Corrente de curto-circuito

COMENTÁRIO 4.2.6.C

As normas de instalações elétricas determinam que as instalações devem ser projetadas e construídas para suportar com segurança os efeitos térmicos e mecânicos resultantes de correntes de curto-circuito.

Para o correto dimensionamento e seleção dos componentes da instalação, é necessário o conhecimento prévio da corrente de curto-circuito presumido no ponto de instalação do componente. Esta determinação é, a rigor, um problema muito complexo, que envolve modelos matemáticos sofisticados com parâmetros de difícil obtenção, e várias configurações de curto-circuito.

Uma estimativa muito grosseira pode levar ao sub-dimensionamento dos componentes, o que compromete a segurança dos usuários. O sobre-dimensionamento pode levar ao encarecimento desnecessário dos componentes da instalação. Portanto, é necessário um conhecimento preciso do valor da corrente de curto-circuito, nos diversos pontos da instalação.

O grande problema que enfrentamos é que, quanto mais precisos forem os resultados, mais sofisticados terão que ser os modelos matemáticos e, portanto, mais complexa é a determinação, o que gera um sobre custo no projeto.

Simplificar o modelo pode ser a solução para o problema do custo de projeto. Mas até quanto simplificar? Um modelo simplificado leva a resultados imprecisos. A solução de melhor custo benefício para este problema, isto é, que nos levará a uma relação simplicidade do modelo versus precisão dos resultados satisfatória, é apresentado pelas normas, o que dá ao projetista uma garantia de que o resultado encontrado está dentro da precisão adequada e com um modelo relativamente simples.

Porém, não existe norma brasileira referente a este assunto, mas sim, uma norma internacional, a IEC 60909. E a legislação brasileira explicita que, na falta de uma norma brasileira, devemos usar uma norma internacional, e, na área de eletricidade, a única norma internacional é a IEC. Portanto, a utilização da IEC 60909 é adequada tanto tecnicamente quanto legalmente, oferecendo a garantia que o projetista precisa de que os resultados obtidos têm a precisão necessária, utilizando para isto um modelo relativamente simples.

Determinação das correntes de curto-circuito

O cálculo das correntes do curto-circuito, em geral, é baseado nos valores nominais do componente da instalação e no arranjo topológico do sistema, podendo ser feito tanto para a instalação já existente quanto na fase de projeto.

Para se projetar uma instalação elétrica de média tensão de acordo com a norma, o projetista deve calcular as correntes de curto-circuito para a correta especificação dos componentes da instalação. Em geral, nos sistemas trifásicos, a corrente de curto-circuito presumida, I_k , é a que corresponde a um curto-circuito trifásico. No caso de instalações alimentadas por rede pública, devem ser levados em consideração os dados obtidos da concessionária.

Dois correntes de curtos-circuitos, de diferentes magnitudes, devem ser calculadas:

- A máxima corrente, denominada corrente de curto-circuito presumida, que determina a capacidade de interrupção dos dispositivos de proteção e corrente suportável de curta duração;
- A mínima corrente de curto-circuito, que serve de base para o ajuste dos relés ou seleção da corrente nominal dos fusíveis.

A corrente de curto-circuito mínima presumida é geralmente considerada igual à corrente de curto-circuito correspondente a um curto-circuito de impedância desprezível, ocorrendo no ponto mais distante da linha protegida.

Para determinação dos valores máximos e mínimos, quatro tipos de curtos-circuitos deverão ser considerados: trifásico, entre fases, entre fases e neutro e entre duas fases e neutro. A figura 4 C ilustra estes tipos de curtos-circuitos:

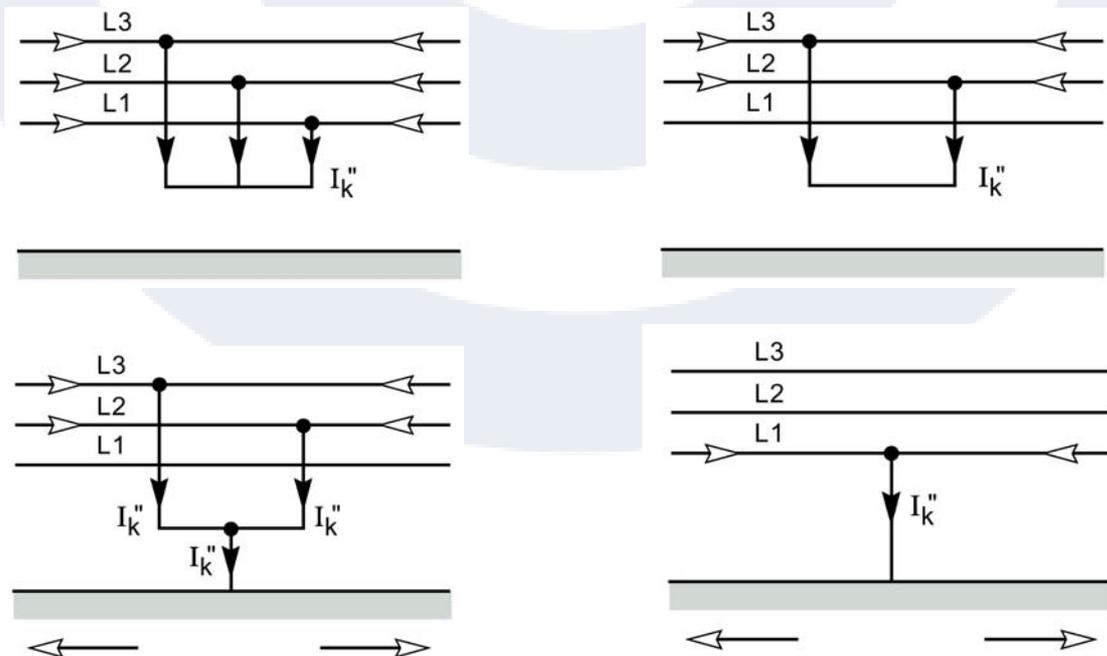


Figura 4 C – Tipos de curto-circuito

Para o cálculo das correntes de curto-circuito em instalações elétricas industriais de média tensão com modelos aproximados, pode-se usar como base os métodos apresentados na IEC 60909 Correntes de curto-circuito nos sistemas trifásicos de corrente alternada – Parte 0: Cálculo das correntes.

Mesmo utilizando a norma IEC é possível aplicar ao problema específico, neste caso, instalações industriais e hipóteses simplificadoras, tornando ainda mais fácil a compreensão dos fenômenos físicos e, com isto, o cálculo das correntes de curto-circuito.

A norma IEC 60909 aplica-se a todas as redes de média tensão, e é baseada no teorema de Thevenin, que consiste em calcular uma fonte de tensão equivalente no ponto de curto-circuito, para, em seguida, determinar a corrente neste mesmo ponto. Todas as fontes e os motores são substituídos por suas impedâncias (direta, inversa e de seqüência zero). Com este método, desprezam-se todas as capacitâncias das linhas e as admitâncias em paralelo das cargas não giratórias, salvo as do sistema homopolar.

O cálculo com a ajuda das componentes simétricas é particularmente útil para o caso de defeitos em redes trifásicas desequilibradas, pois as impedâncias clássicas R e X, chamadas «cíclicas», não são utilizáveis devido, por exemplo, aos fenômenos magnéticos.

Portanto, é necessário este tipo de cálculo:

- para um sistema no simétrico de tensões e correntes (vetores de Fresnel com módulos diferentes e com defasagens diferentes de 120°); é o caso de um curto-circuito monofásico (fase-terra), bifásico, ou bifásico com terra;
- para uma rede que tem sobretudo máquinas rotativas e transformadores especiais (conexão estrela-estrela neutro, por exemplo). Este método é aplicável a qualquer tipo de rede de distribuição radial e para qualquer tensão.

A simplificação dos modelos, na maioria dos casos, oferece resultados conservativos e de precisão satisfatória. Para as instalações elétricas industriais de média tensão, pode-se utilizar as seguintes hipóteses simplificadoras:

1. A rede considerada é de média tensão (de 1 kV a 36,2 kV);
2. A falta é admitida distante de qualquer gerador e é alimentada em um único ponto;
3. Durante todo o curto-circuito, tanto as tensões que provocaram a circulação de corrente como as impedâncias dos componentes da instalação não variam de forma significativa;
4. A falta é direta, ou seja, são desprezadas todas as resistências de contato e de arco;
5. A falta é simultânea em todas as fases em um curto-circuito polifásico;
6. Durante o curto-circuito, o número de fases afetadas não se modifica. Por exemplo: um defeito trifásico permanece trifásico e um defeito fase-terra permanece fase-terra durante toda a duração do curto-circuito;
7. São desprezadas todas as capacitâncias das linhas, assim como as admitâncias paralelas;
8. Os transformadores são considerados com o tap na posição nominal;
9. A corrente de carga é desprezível.

Cálculo segundo a IEC 60909

A norma IEC 60909 define e apresenta um procedimento que pode ser utilizado por técnicos não especializados, que utilizam as componentes simétricas.

Aplica-se a redes elétricas com uma tensão de serviço que seja inferior a 230 kV. Desenvolve os cálculos das correntes de curto-circuito máximas e mínimas. As primeiras, as máximas, permitem determinar as características que são usadas para selecionar os componentes das instalações elétricas. As segundas, as mínimas, são necessárias para determinar os valores nominais e de ajustes das proteções de sobrecorrentes.

Procedimento

1. Cálculo da tensão equivalente no ponto de defeito, igual a: $c \cdot U_n / 3$. O fator c foi introduzido na tensão porque é necessário considerar:
 - as variações de tensão no espaço e no tempo;
 - as mudanças eventuais nas conexões dos transformadores;
 - comportamento subtransitório dos alternadores e dos motores;
 - segundo os cálculos a efetuar e as margens de tensão considerada, os valores normativos deste fator de tensão.
2. Determinação e soma das impedâncias equivalentes: direta, inversa e de seqüência zero, a montante do ponto de defeito.
3. Cálculo da corrente de curto-circuito inicial, com ajuda dos componentes simétricos.
4. A partir do valor de $I_{cc} (I_k'')$, calculam-se outras magnitudes, como I_{cc} de crista, I_{cc} permanente o, incluso, I_{cc} permanente máxima.

[Voltar para a Norma](#)



ITEM DA NORMA

4.3 Classificação das influências externas

Esta seção estabelece uma classificação e uma codificação das influências externas que devem ser consideradas na concepção e na execução das instalações elétricas. Cada condição de influência externa é designada por um código que compreende sempre um grupo de duas letras maiúsculas e um número, como descrito a seguir: (...)

COMENTÁRIO 4.3.C

Em princípio, a determinação das influências externas nos diversos locais de uma edificação abrangidos pela instalação elétrica deve constituir-se em um dos primeiros passos do projeto.

Uma vez determinadas as influências, através das tabelas 1 a 18 da norma, devem ser determinadas as características dos diversos componentes, com auxílio das tabelas 24 (componentes em geral) e 26 (linhas elétricas).

Quando as condições às quais estão submetidas as instalações forem diferentes daquelas definidas na norma, as instalações podem ser objeto de convenções particulares, que podem se referir às normas relativas as suas prescrições especiais, quando existirem.

A codificação das influências externas é aquela adotada internacionalmente no conjunto das regras de instalação, tal como está definida na norma relativa às instalações de baixa tensão.

Dado que algumas condições de influências externas não são aplicáveis às instalações de média tensão, certas categorias ou classes podem não aparecer na presente norma, mas na norma de baixa tensão.

A tabela 3 C serve como roteiro para a consulta das tabelas relativas às influências externas:

Tabela 3 C – Roteiro para consulta das tabelas 1 a 18

Influência externa			Tabela
Categoria	Descrição	Indicação	
Meio ambiente	Temperatura ambiente	AA	1
	Altitude	AC	2
	Presença de água	AD	3
	Presença de corpos sólidos	AE	4
	Presença de substâncias corrosivas ou poluentes	AF	5
	Solicitações mecânicas:		
	- Choques mecânicos	AG	6
	- Vibrações	AH	6
	Presença de flora e mofo	AK	7
	Presença de fauna	AL	8
	Influências eletromagnéticas, eletrostáticas ou ionizantes	AM	9
Radiações solares	AN	10	
Raios	AQ	11	
Utilizações	Competência das pessoas	BA	12
	Resistência elétrica do corpo humano	BB	13
	Contatos das pessoas com o potencial local	BC	14
	Condições de fuga das pessoas em emergência	BD	15
	Natureza das matérias processadas ou armazenadas	BE	16
Construção das edificações	Materiais de construção	CA	17
	Estrutura das edificações	CB	18

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

4.3.1.2 Altitude

Conforme a tabela 2.

COMENTÁRIO 4.3.1.2.C

As tensões nominais e os níveis de isolamento nesta norma aplicam-se aos componentes previstos para a utilização em altitudes de até 1000 m. Quando os componentes que compreendem uma instalação externa são utilizados em uma altitude superior a 1000 m, é conveniente que se adote um dos seguintes métodos:

- As tensões de ensaio das partes isolantes no ar são determinadas multiplicando-se as tensões de ensaio normais por fatores de correção apropriados indicados pelo fabricante do componente;
- Os componentes podem ser escolhidos de uma determinada tensão que, multiplicada pelo fator de correção apropriado fornecido pelo fabricante, não seja inferior a tensão mais elevada da rede.

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

4.3.1.3 Presença de água

Conforme a tabela 3.

COMENTÁRIO 4.3.1.3.C

- A classe AD1 encontra-se nas instalações internas;
- A classe AD2 encontra-se nas instalações abrigadas ou internas que estão sujeitas à condensação;
- As classes AD3 e AD4 encontram-se nas instalações externas.

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

4.3.1.4 Presença de corpos sólidos

Conforme a tabela 4.

COMENTÁRIO 4.3.1.4.C

A classe AE0 encontra-se nas instalações que estão em locais onde não são manipulados pequenos objetos.

Se, do ponto de vista da proteção contra a penetração de corpos sólidos, esta classe não necessita de proteção especial, em muitos casos é necessário um grau de proteção no mínimo igual a IP3x para a proteção contra os contatos diretos (ver [5.1.1.2.2](#)).

As classes AE1 , AE2 e AE3 correspondem a aplicações industriais:

- Pequenas esferas são exemplos de corpos sólidos cuja menor dimensão é, no mínimo, igual a 12,5 mm;
- as ferramentas e pequenos objetos são exemplos de corpos sólidos cujas menores dimensões são iguais, no mínimo, a 2,5mm;
- os fios são corpos sólidos cuja menor dimensão é 1,0 mm.

Nas condições AE1, AE2 e AE3 pode haver poeira, desde que esta não tenha influência sobre os materiais elétricos.

A classe AE4 corresponde aos locais empoeirados. Quando as poeiras são inflamáveis, condutoras, corrosivas ou abrasivas, devem ser consideradas outras classes de influência externa, como:

- BE2 ou BE3, se as poeiras forem inflamáveis ou explosivas;
- AF3 ou AF4, se as poeiras forem corrosivas ou poluentes.

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

4.3.1.5 Presença de substâncias corrosivas ou poluentes

Conforme a tabela 5.

COMENTÁRIO 4.3.1.5.C

Uma classificação completa segundo a natureza das substâncias corrosivas seria muito complexa para poder ser introduzida aqui.

Por esta razão é que a classificação é limitada às classes para as quais a natureza das substâncias é conhecida, com suficiente precisão para se definir a proteção aplicável a uma categoria de materiais.

A condição AF3 permite prever uma classe comum de proteção, podendo convir por um determinado número de agentes corrosivos definidos e conhecidos. Ela se aplica, por exemplo, aos materiais utilizados em locais onde se manipulam certos produtos químicos em pequenas quantidades, e onde esses produtos só entrariam em contato com os componentes elétricos acidentalmente. Por exemplo, os laboratórios de indústrias.

Na condição AF4, que se aplica por exemplo na indústria química, é necessário precisar a natureza do agente químico para permitir ao instalador e / ou projetista definir o tipo de proteção do componente.

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

4.3.1.6 Solicitações mecânicas

Conforme a tabela 6.

COMENTÁRIO 4.3.1.6.C

Vibrações

Em casos especiais, devem ser considerados os inconvenientes mecânicos complexos resultantes dos movimentos diferenciais entre as partes de um edifício ou de uma estrutura. Estes inconvenientes podem ser devido aos métodos de construção, a efeitos térmicos, ou à terraplanagem do terreno.

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

4.3.1.7 Presença de flora e mofo

Conforme a tabela 7.

COMENTÁRIO 4.3.1.7.C

Os riscos dependem das condições locais e da natureza da flora. Deve-se distinguir o risco devido ao crescimento da vegetação ou devido a sua abundância.

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

4.3.1.8 Presença de fauna

Conforme a tabela 8.

COMENTÁRIO 4.3.1.8.C

Os riscos dependem da natureza da fauna. Pode-se distinguir:

- os riscos devido aos insetos em quantidades consideráveis ou de natureza agressiva;
- a presença de pequenos animais ou pássaros em quantidades consideráveis ou de natureza agressiva.

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

4.3.1.9 Influências eletromagnéticas, eletrostáticas ou ionizantes

Conforme a tabela 9.

COMENTÁRIO 4.3.1.9.C

Tais influências se encontram nas proximidades de estações de distribuição, emissores de corrente a alta frequência, aparelhos contendo substâncias radioativas, linhas de alta tensão, linhas de tração elétrica, etc.

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

4.3.1.10 Radiações solares

Conforme a tabela 10.

COMENTÁRIO 4.3.1.10.C

Em locais sujeitos aos raios solares, os efeitos da radiação podem acarretar um aumento da temperatura e modificações na estrutura devido à dilatação de certos elementos que constituem os componentes da instalação elétrica.

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

4.3.1.11 Raios

Conforme a tabela 11.

COMENTÁRIO 4.3.1.11.C

- A classe AQ2 concerne as instalações alimentadas por linhas aéreas;
- A classe AQ3 concerne as instalações externas;
- As classes AQ2 e AQ3 se encontram em regiões particularmente expostas aos efeitos de raios, ou seja, locais onde ocorram mais de 25 dias de trovoadas por ano.

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

4.3.2.1 Competência das pessoas

Conforme a tabela 12.

COMENTÁRIO 4.3.2.1.C

As pessoas advertidas (BA4) são agentes de operação e manutenção que receberam uma formação limitada para efetuar certas manobras, em último caso com o acompanhamento de pessoas qualificadas.

As pessoas qualificadas (BA5) são engenheiros ou técnicos que receberam uma formação apropriada às operações e manobras a que estão destinados a fazer.

Como não podemos dissociar na aplicação da NBR 14039 os vários documentos legais existentes, neste quesito o atendimento à NR-10 é de essencial importância. Na NR-10 está prescrito que só podem executar serviços de eletricidade pessoas que, além de formação, têm autorização formal da empresa. Logo, os profissionais da área elétrica devem ter consignados no seu registro de empregados esta autorização.

Concluindo, a definição precisa do item competência das pessoas deverá ser feita de acordo com a NR-10.

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

4.3.2.2 Resistência elétrica do corpo humano

Conforme a tabela 13.

COMENTÁRIO 4.3.2.2.C

A condição BB1 é de difícil obtenção, pois precisa de um controle rigoroso do ar, de modo a garantir que as pessoas não terão sequer a umidade natural do suor.

A condição BB2 encontra-se nas instalações internas e a condição BB3 encontra-se nas instalações exteriores ou abrigadas.

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

4.3.2.3 Contatos das pessoas com o potencial local

Conforme a tabela 14.

COMENTÁRIO 4.3.2.3.C

No conjunto da presente norma, esta classificação está limitada à única classe BC3 na qual as pessoas estão freqüentemente em contato ao potencial da terra.

Os locais nos quais são realizadas as instalações de alta tensão são geralmente considerados como condutores pela natureza do solo e das paredes.

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

4.3.2.5 Natureza das matérias processadas ou armazenadas

Conforme a tabela 16.

COMENTÁRIO 4.3.2.5.C

No que concerne às condições BE2, pode-se citar como exemplos de matérias facilmente inflamáveis: papéis, palha, poeira de farinha, açúcar, fibras de madeira, serragem, fibras de algodão ou lã.

As quantidades mínimas de matérias para se considerar que um local entre na categoria BE2 estão definidas pelos regulamentos em vigor.

As condições BE3 são objeto de regras especiais e regulamentos particulares.

[Voltar para a Norma](#)

[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

5.1 Proteção contra choques elétricos

A proteção contra choques elétricos deve ser prevista pela aplicação das medidas especificadas em 5.1.1 e 5.1.2.

COMENTÁRIO 5.1.C

A proteção contra choque visa impedir que uma pessoa ou animal estabeleça contato com alguma parte da instalação elétrica que esteja em potencial e que seja perigosa para a sua integridade física. Este potencial pode ser originado tanto de uma parte da instalação que está energizada para o seu funcionamento normal, quanto de uma parte que foi acidentalmente energizada. Uma instalação elétrica deve ser segura – ter a devida proteção – tanto em situações de funcionamento normal quanto em uma situação de falta.

A proteção contra choques elétricos deve considerar os seguintes elementos da instalação elétrica: partes vivas, massas e elementos condutores estranhos à instalação.

A proteção contra choques elétricos que visa impedir o acesso às partes vivas da instalação é chamada de proteção contra choque por contato direto. A proteção que visa impedir o choque elétrico a partir da parte condutora da instalação, que se torna energizada com um potencial perigoso – normalmente devido a um defeito na isolamento básica de um componente - é conhecida como proteção contra choque por contato indireto.

A base técnica para as prescrições de proteção contra choque nas normas brasileiras é o relatório IEC/TR 60479-1, que trata dos efeitos do choque elétrico no corpo humano. Portanto, realizar a proteção contra choques, no âmbito das normas baseadas nesta filosofia, é manter as partes acessíveis das instalações dentro dos limites estabelecidos pela IEC/TR 60479-1. A proteção contra choques, portanto, independe do valor da tensão nominal da instalação, dependendo somente da suportabilidade do corpo humano ao choque elétrico.

[Voltar para a Norma](#)



ITEM DA NORMA

5.1.1 Proteção contra contatos diretos

A proteção contra contatos diretos deve ser assegurada por meio de:

- a) proteção por isolamento das partes vivas, conforme 5.1.1.1;
- b) proteção por meio de barreiras ou invólucros, conforme 5.1.1.2;
- c) proteção por meio de obstáculos, conforme 5.1.1.3;
- d) proteção parcial por colocação fora de alcance, conforme 5.1.1.4.

COMENTÁRIO 5.1.1.C

As medidas de proteção contra choque elétrico por contato direto adotadas na NBR 14039 seguem a filosofia internacional de instalações elétricas, adotadas também na NBR 5410. Porém, deve ser alertado que, embora a filosofia adotada na norma de média tensão seja a mesma adotada na norma de baixa tensão, a aplicação desta filosofia, que é chamada nas normas brasileiras de medidas de proteção, não tem as mesmas características e as mesmas exigências. Portanto, evidentemente não se pode tratar a média tensão da mesma forma que se trata a baixa tensão.

A proteção contra choque elétrico por contato direto visa impedir o contato com uma parte condutora a ser submetida a uma tensão, não havendo defeito. Esta regra se aplica igualmente ao condutor neutro. A maneira de impedir este acesso constitui as medidas de proteção. Cada uma das medidas tem características e aplicações específicas.

As medidas de proteção contra contato direto, segundo a filosofia internacional adotada na norma, são divididas em dois grupos distintos: o primeiro é composto pelas medidas que garantem a proteção por si só, ou seja, estas medidas **são suficientes** na garantia da proteção e protegem todas as pessoas que possam vir a ter contato com o componente da instalação. O segundo grupo é composto pelas medidas que **não são suficientes** na garantia da proteção, necessitando, como premissa de utilização, do conhecimento ou informação das pessoas a serem protegidas. Evidentemente, a aplicação destas medidas dependem do conhecimento das pessoas que terão contato com os componentes da instalação.

As medidas do primeiro grupo são chamadas de medidas de proteção completas, enquanto que as medidas do segundo grupo são chamadas de medidas de proteção parciais.

Note que, no enunciado das medidas, a norma diferencia as medidas totais das parciais. No caso das medidas totais, a norma declara que as mesmas destinam-se a impedir **todo o contato** com as partes vivas. No caso das medidas parciais, a norma declara que estas medidas destinam-se a impedir somente **os contatos fortuitos**, não impedindo, portanto, o contato deliberado.

A proteção contra contatos diretos deve ser assegurada por meio das seguintes medidas:

- totais (locais a que qualquer pessoa pode ter acesso):
 - isolamento das partes vivas (ver [5.1.1.1](#));
 - barreiras e invólucros (ver definições 826-03-13 e 826-03-12 na NBR IEC 60050(826)) (ver [5.1.1.2](#)).

- parciais (locais acessíveis apenas a pessoas BA4 e BA5):
 - obstáculos (ver definição 826-03-14 na NBR IEC 60050 (826)) (ver [5.1.1.3](#));
 - colocação fora de alcance (ver [5.1.1.4](#)).

A NBR 14039 não admite a omissão da proteção contra contatos diretos. O único caso em que esta possibilidade é admitida é em caso de trabalho em circuitos energizados, em que devem ser atendidas as prescrições da NR-10.

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

5.1.1.1 Proteção por isolação das partes vivas

A isolação é destinada a impedir todo contato com as partes vivas da instalação elétrica. As partes vivas devem ser completamente recobertas por uma isolação que só possa ser removida através de sua destruição. (...)

COMENTÁRIO 5.1.1.1.C

A isolação deve ser feita em material isolante capaz de suportar os inconvenientes ou condições mecânicas, elétricas ou térmicas às quais o mesmo pode ser submetido.

A proteção completa contra os contatos diretos através de isolação é considerada como realizada quando as partes ativas são inteiramente recobertas por uma matéria isolante que só pode ser retirada por destruição.

É preciso ficar claro que, se o componente ou dispositivo for de material isolante mas puder ser retirado sem a sua destruição, como por exemplo, por sua desmontagem, embora este componente ou dispositivo esteja isolando a parte viva, o mesmo não é considerado como proteção contra choque por isolação.

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

5.1.1.2 Proteção por meio de barreiras ou invólucros

COMENTÁRIO 5.1.1.2.C

De acordo com a NBRIEC60050-826, as definições oficiais de invólucro e barreira são:

- Invólucro: elemento que assegura proteção de um equipamento contra determinadas influências externas e proteção contra contatos diretos em qualquer direção.
- Barreira: elemento que assegura proteção contra contatos diretos, em todas as direções habituais de acesso.

Quando a proteção é feita por intermédio de invólucro ou barreira, a eficácia permanente deve ser assegurada por sua natureza, comprimento, disposição, estabilidade, solidez e eventual isolamento, levando em conta as condições a que estão expostos.

Um exemplo de aplicação desta medida é a utilização de conjunto de manobra e controle em invólucro metálico, cubículos metálicos, ou a utilização de transformadores tipo pedestal (Pad Mounted). Estes componentes da instalação, por serem considerados pela norma como dotados de medida completa de proteção contra choques por contato direto, podem ser instalados em locais acessíveis a pessoas comuns.

[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA**5.1.1.3 Proteção por meio de obstáculos****COMENTÁRIO 5.1.1.3.C**

A proteção parcial por interposição de obstáculos é destinada somente ao impedimento dos contatos involuntários com as partes vivas.

De acordo com a NBRIEC60050-826, obstáculo é o elemento que impede um contato direto acidental, mas não impede o contato direto por ação deliberada.

Dado que esta medida é parcial, ou seja, para a sua eficácia é necessário que as pessoas a serem protegidas tenham conhecimento ou informação suficientes dos perigos que a eletricidade – em média tensão – podem oferecer, ela só pode ser utilizada em locais com acesso exclusivo de pessoas BA4 (advertidas) e BA5 (qualificadas). Considerando também a NR-10, além de BA4 e BA5, as pessoas devem ser ainda autorizadas formalmente pela empresa.

Um aspecto muito importante, e que aliás diferencia a especificação da medida em baixa e média tensão, é que o obstáculo tem medidas máximas de abertura de 200 mm, definidas nas tabelas 19 e 20 da norma. Normalmente, são usados como obstáculos em média tensão anteparos fabricados com telas que devem ter abertura da malha máxima de 200 mm. As dimensões da abertura do obstáculo são apresentadas na figura 5 C:

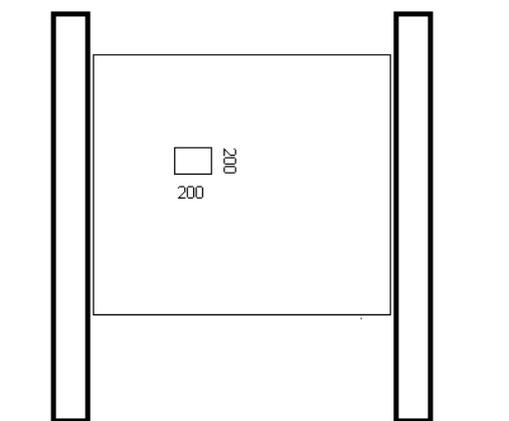


Figura 5 C

Outro aspecto importante é a dimensão mínima do obstáculo, também definida nas tabelas 19 e 20 da norma. A mínima dimensão vertical do obstáculo é de 1400 mm, sendo instalado de tal forma que o vão livre entre o obstáculo e o piso seja de, no máximo, 300 mm para instalações internas e 600 mm para instalações externas – também definidos nas tabelas 19 e 20.

A dimensão horizontal do obstáculo deve impedir o acesso à parte viva. As dimensões do obstáculo e a sua instalação são apresentadas na figura 6C:

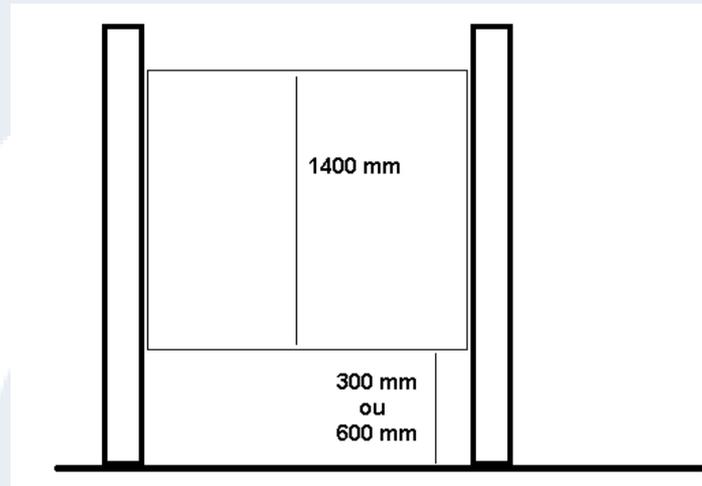


Figura 6 C

[Voltar para a Norma](#)



ITEM DA NORMA

5.1.1.4 Proteção parcial por colocação fora de alcance

COMENTÁRIO 5.1.1.4.C

A proteção parcial por colocação fora de alcance é destinada somente ao impedimento dos contatos involuntários com as partes vivas, não impedindo o contato direto por ação deliberada.

Dado que esta medida é parcial, ou seja, para a sua eficácia é necessário que as pessoas a serem protegidas tenham conhecimento ou informação suficientes dos perigos que a eletricidade – em média tensão – podem oferecer, ela só pode ser utilizada em locais com acesso exclusivo de pessoas BA4 (advertidas) e BA5 (qualificadas). Considerando também a NR-10, além de BA4 e BA5, as pessoas devem ser ainda autorizadas formalmente pela empresa.

A proteção por colocação fora de alcance pode ser aplicada como medida de proteção total no exterior de edificações, como linhas aéreas utilizando condutores nus ou protegidos. Nesta situação, ela pode ser aplicada em locais de acesso de pessoas comuns BA1.

Especificações de linhas aéreas não estão na NBR 14039, mas na NBR 5433 - Redes de distribuição aérea rural de energia elétrica, e NBR 5434 - Redes de distribuição aérea urbana de energia elétrica. Portanto, no caso de utilização das linhas aéreas, estas devem estar em conformidade com a NBR 5433 ou NBR 5434, conforme o local de aplicação.

As linhas aéreas realizadas no interior dos edifícios que não são reservados aos eletricitistas devem ser realizadas com cabos isolados ou linhas pré-fabricadas (condutores nus sob proteção metálica – busway).

No caso da proteção por colocação fora de alcance aplicada na parte da instalação acessível exclusivamente às pessoas BA4 ou BA5, ela só pode ser aplicada isoladamente no sentido vertical. As tabelas 19 e 20 definem a altura mínima que devem ter as partes vivas nos locais de circulação de pessoas. Esta altura, que está representada pela letra B das figuras 7b e 8, deve ser de, no mínimo, 2700 mm para as instalações interiores, e 4000 mm para as instalações exteriores. Quando a altura não for suficiente, devem ser colocados obstáculos abaixo dos condutores nus, como mostram as figuras 7a e 8. No sentido horizontal, o uso da medida parcial por colocação fora de alcance deve ser complementada pela interposição de obstáculos, como mostram as figuras 7 e 8. No sentido horizontal, é necessário sempre prever a interposição de obstáculos entre as pessoas e as partes vivas.



ITEM DA NORMA

Figura 7 - Espaçamento para instalações internas

- a) Circulação por um lado**
- b) Circulação por mais de um lado**

Figura 8 - Espaçamento para instalações externas ao nível do piso

COMENTÁRIO F.7.C E F.8.C

Estas figuras fornecem as diretrizes para o projeto e execução das instalações de média tensão onde o acesso é exclusivo a pessoas BA4 e BA5. São também conhecidas como cabines primárias.

Interpretação das figuras:

Nas figuras 7 e 8, os traços cheios indicam uma parte viva, que é definida na NBRIEC60050-826 como condutor ou parte condutora destinada a ser energizada em condições de uso normal, incluindo o condutor neutro, mas, por convenção, não incluindo o condutor PEN.

A tabela 22 apresenta os valores máximos de tensão de contato limite, que são em corrente alternada 60 Hz 25 V para instalações externas e 50 V para instalações internas. Logo, é considerada parte viva toda parte condutora que puder atingir, em condição normal de operação, sem defeito, um potencial superior a estes.

São exemplos de partes vivas:

- cabos, barramentos ou acessórios (partes vivas) expostas;
- partes de instalações em que aterramentos ou malhas tenham sido removidas;
- terminações capas de cabos (se puderem levar a potenciais perigosos);
- enrolamentos de máquinas elétricas e transformadores;
- terminais de chaves seccionadoras, disjuntores e outros dispositivos de manobras.

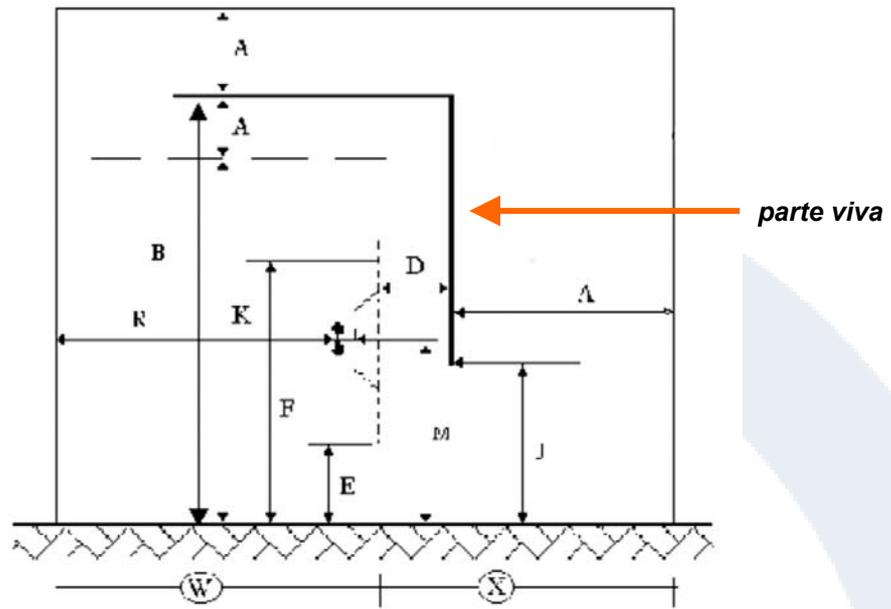


Figura 7 C

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

5.1.2 Proteção contra contatos indiretos

COMENTÁRIO 5.1.2.C

As partes condutoras expostas dos componentes da instalação elétrica, acessados sem que seja necessário desmontar o componente, e que não fazem parte do circuito elétrico deste componente, são separadas das partes vivas pela "isolação básica". Falhas nesta isolação tornarão vivas as partes condutoras expostas do componente.

Denomina-se contato indireto o toque de uma parte metálica, normalmente não energizada de um aparelho elétrico, que foi tornada viva por uma falha da isolação. Devem ser adotadas medidas para proteção contra esse risco.

A proteção contra choque elétrico por contato indireto é o conjunto de prescrição que visa impedir que apareça na instalação uma tensão de contato que possa resultar em risco de efeito fisiológico perigoso para as pessoas (ver IEC/TR 60479-1). Esta tensão de contato pode aparecer na massa dos equipamentos ou nos elementos condutores estranhos à instalação, devido a um defeito de isolamento.

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

5.1.2.1.1 Aterramento

As massas devem ser ligadas a condutores de proteção nas condições especificadas em 4.2.3 para cada esquema de aterramento. Massas simultaneamente acessíveis devem ser ligadas à mesma rede de aterramento individualmente, por grupos ou coletivamente.

COMENTÁRIO 5.1.2.1.1.C

Veja “Eletrodo de aterramento”, [item 6.4.2.2.C](#).

[Voltar para a Norma](#)



ITEM DA NORMA

5.1.2.2 Seccionamento automático da alimentação

O seccionamento automático da alimentação destina-se a evitar que uma corrente se mantenha por um tempo que possa resultar em sobreaquecimento na instalação. Esta medida de proteção requer a coordenação entre o esquema de aterramento adotado e as características dos condutores de proteção e dos dispositivos de proteção. Os princípios básicos desta medida são aqueles apresentados em 5.1.2.2.1. Os meios convencionais para satisfazer estes princípios estão descritos em 5.1.2.2.4 e 5.1.2.2.5, conforme o esquema de aterramento.

COMENTÁRIO 5.1.2.2.C

Em instalações elétricas de média tensão, a proteção contra choque elétrico por contato indireto não se faz pelo seccionamento automático da alimentação. Neste tipo de instalação, o que garante a eficácia da proteção é a tensão de contato máxima do eletrodo de aterramento.

A prescrição fundamental para a proteção contra choque elétrico por contato indireto é que a tensão de contato, em qualquer ponto da instalação, não deve ser superior à tensão admissível, que é dada pela curva da figura 7 C, localizada no anexo da norma.

Para satisfazer a esta regra, as massas devem ser ligadas ao eletrodo de aterramento da instalação através de condutores de proteção nas condições especificadas para cada esquema de aterramento. A proteção contra choque elétrico por contato indireto em média tensão somente é assegurada pela realização de uma ligação equipotencial, que deve compreender todos os elementos condutores simultaneamente acessíveis, sejam massas de equipamentos ou elementos condutores estranhos à instalação. Além disso, ela deve incluir, sempre que possível, as armaduras principais de concreto armado utilizadas na construção da edificação.

Como pode ser visto na figura 7 C, a máxima tensão de contato a que uma pessoa pode ser submetida indefinidamente (para tempos da ordem de 10 s) é 25 V em instalações externas e 50 V em instalações internas. Um eletrodo de aterramento que garanta uma tensão de contato inferior a estes valores pode ser anti-econômico, e, em algumas situações, impossível de se construir.

No caso de utilização dos esquemas de aterramentos onde um ponto da alimentação é aterrado - normalmente o neutro -, o circuito deve ser seccionado automaticamente da alimentação, quando uma falha de isolamento aparece neste circuito ou nos equipamentos alimentados por este circuito. O objetivo deste seccionamento é permitir ao eletrodo de aterramento (malha de terra) uma maior tensão de contato devido a um menor tempo de exposição a este potencial. Este critério, que é admitido em normas de vários países, permite ao projetista do eletrodo de aterramento obter um projeto seguro a um custo razoável.

O tempo total de eliminação do defeito deve ser compatível também com a suportabilidade térmica dos componentes submetidos à corrente de defeito. Para o cálculo do tempo total de eliminação de um defeito, é necessário verificar a seguinte soma:

- o tempo de funcionamento do dispositivo de detecção (relé de proteção), aumentado da temporização que lhe é associada para assegurar a seletividade ou evitar os disparos intempestivos durante os regimes transitórios;
- o tempo de funcionamento do dispositivo de interrupção (disjuntor).

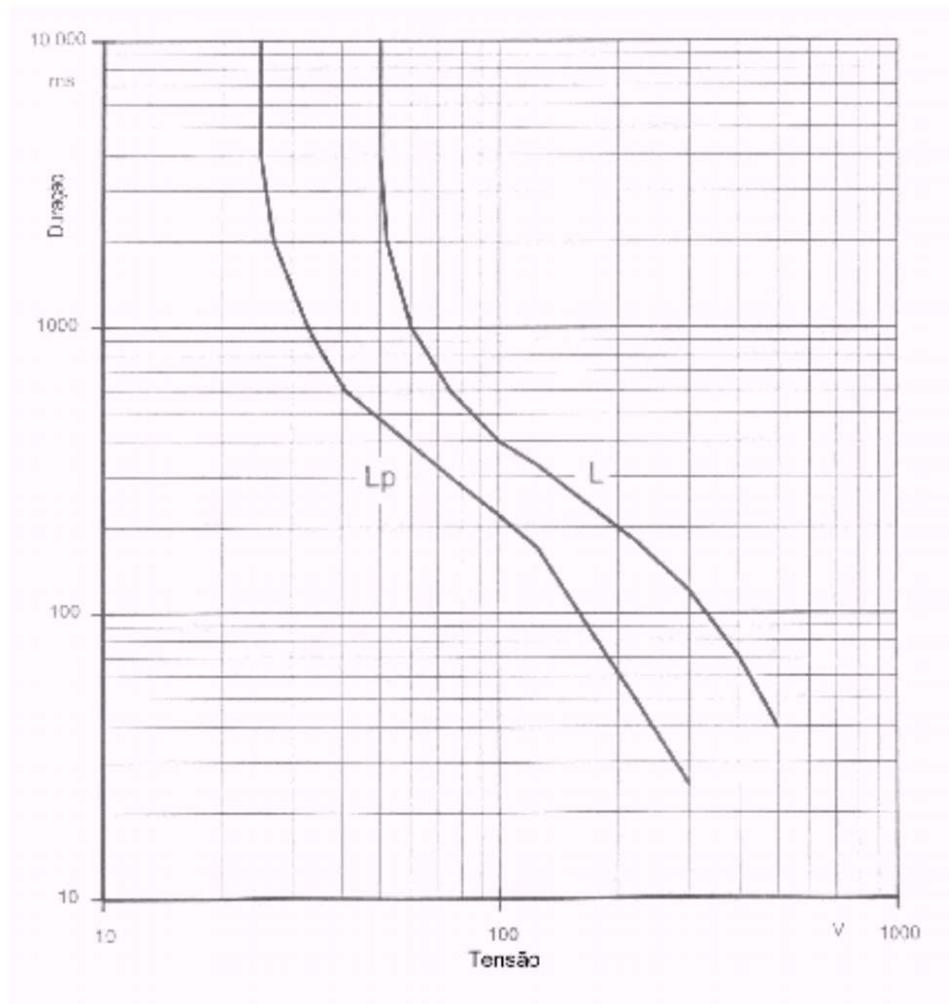


Figura 8 C – Duração máxima da tensão de contato presumida (L para a situação 1 e Lp para a situação 2)

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

5.1.2.2.3 Esquema TNx

Em um esquema TNx todo defeito de isolamento é um curto-circuito fase/neutro. Quando a proteção é assegurada por dispositivos de proteção contra sobreintensidade, a avaliação da corrente de curto-circuito mínima é necessária, a fim de verificar as condições de funcionamento destes dispositivos.

COMENTÁRIO 5.1.2.2.3.C

Em um esquema TN, todo defeito de isolamento é um curto-circuito fase neutro, sendo pois permitido que a detecção dos defeitos sejam efetuadas por dispositivos de proteção contra as sobrecorrentes instaladas em todos os condutores de fase.

Como o dispositivo tem que atuar para qualquer curto-circuito fase neutro, neste caso, é obrigatória a verificação da atuação dos dispositivos para a corrente de curto-circuito mínima.

O cálculo da corrente de curto-circuito mínima deve considerar a impedância do percurso da corrente de falta, incluindo a fonte, os condutores de fase em defeito e o condutor de proteção. Para permitir este cálculo, o condutor de proteção deve, em princípio, caminhar ao lado dos condutores de fase sem interposição de elementos ferromagnéticos (armaduras, telas), ou fazer parte do mesmo eletroduto.

[Voltar para a Norma](#)



ITEM DA NORMA

5.1.2.2.4 Esquemas TTx

Nos esquemas TTx a corrente de defeito é limitada por:

- a) *as resistências de tomadas de terra e do neutro, esta última aumentada ao valor da resistência de limitação podendo ser inserida entre o ponto neutro e o terra;*
- b) *a resistência das ligações eventuais, utilizadas por interconexão das massas e das tomadas de terra. Mesmo que a corrente do primeiro defeito seja importante, não é permitido que sua detecção seja assegurada por dispositivos de proteção contra sobrecorrentes; com efeito, seu funcionamento é dificilmente verificável. Por outro lado a detecção de pequenas correntes de fuga resultante de uma degradação lenta da isolação não é possível com esses dispositivos cujo limiar de funcionamento é muito elevado (muitas vezes sua corrente nominal). Por isso que é necessário recorrer aos dispositivos sensíveis à corrente diferencial não necessitando a verificação das condições de disparo.*

COMENTÁRIO 5.1.2.2.4.C

Nos esquemas TT a corrente de defeito é limitada por:

- a) As resistências dos eletrodos de aterramento: das massas e do neutro, esta última aumentada ao valor da resistência de limitação que pode ser inserida entre o ponto neutro e a terra;
- b) A resistência das ligações eventuais, utilizadas por interconexão das massas e do eletrodo de aterramento.

Devido a esta limitação da corrente de defeito, a sua magnitude não será grande, muito menor do que a corrente de curto-circuito fase neutro.

A detecção de baixas correntes de fuga, que provoca uma degradação lenta dos isolantes, não é possível com esses dispositivos cujo valor de funcionamento é muito elevado (muitas vezes sua corrente nominal). Por isso, é necessária a utilização de dispositivos sensíveis à corrente diferencial. Neste caso, não é permitido que sua detecção seja assegurada por dispositivos de proteção contra sobrecorrentes, pois o seu funcionamento seria muito difícil de ser verificável.

A detecção dos defeitos é efetuada por dispositivos sensíveis à corrente diferencial e provocam a interrupção da alimentação, não necessitando da verificação das condições de disparo.

Na prática, a regulação mais baixa que se consegue fazer para um circuito é de 1,3 vezes o valor de sua corrente capacitiva. Este valor não deve, por outro lado, ser superior a 20 % da corrente de defeito fase terra, a fim de assegurar uma boa proteção.

[Voltar para a Norma](#)





[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

5.2.2 Proteção contra incêndio

COMENTÁRIO 5.2.2.C

Um componente crítico nesta área é o transformador imerso em óleos combustíveis. A norma brasileira de média tensão, desde sua primeira edição publicada como NB 79, prescreve que toda subestação que contenha transformadores com um volume de óleo tal que num defeito provoque vazamento do óleo, este deve ficar contido em um tanque próprio para este fim. Isto ocorre porque se trata de um líquido inflamável, e deve ser prevista uma proteção contra incêndios e sua possível propagação a locais adjacentes (ver [9.1.12.C](#)).

Para que o tanque atenda a esta prescrição, duas características são exigidas:

- a primeira é que ele esteja sob o transformador;
- a segunda é que tenha capacidade adequada para o volume de óleo do transformador.

Outro ponto importante é que só os transformadores com volume considerável precisam cumprir esta prescrição, ou seja, a norma define um valor mínimo de óleo considerado perigoso para a propagação de incêndio.

Nos itens [9.4.3](#) e [9.4.4](#), a norma apresenta restrições à utilização de transformadores a óleo em subestações de transformação, quando esta fizer parte integrante da edificação.

[Voltar para a Norma](#)



ITEM DA NORMA

5.3 *Proteção contra sobrecorrentes*

COMENTÁRIO 5.3.C

Sobrecorrente é uma corrente cujo valor excede o valor nominal. Para condutores, o valor nominal é a capacidade de condução de corrente. A sobrecorrente pode ser devido a um curto-circuito ou devido a uma sobrecarga.

Portanto, o termo sobrecorrente engloba tanto as correntes de sobrecarga quanto as correntes de curto-circuito.

As correntes de sobrecarga ocorrem em circuitos sem falhas de isolamento e podem ser transitórias ou permanentes.

As transitórias ocorrem devido à partida de equipamentos de utilização, como motores e transformadores, e não devem provocar a atuação dos dispositivos de proteção dos respectivos circuitos.

As permanentes, provocadas por condições de funcionamento não previstas (avaliação a menor do fator de demanda, inclusão de novos equipamentos, etc.) ou anômalas (motor acionando carga superior a sua capacidade, defeito em equipamento alimentado, etc.), devem ser interrompidas em um tempo não muito pequeno, compatível com o valor da corrente.

As correntes de curto-circuito, provocadas por faltas (perda de isolamento), por erros de ligação ou pela ligação de equipamentos em curto-circuito, têm, via de regra, valores bem superiores aos das correntes de sobrecarga (não transitórias), e devem ser eliminadas instantaneamente.

A norma brasileira de terminologia de relés, a NBR 5465, define:

- Relé primário: relé diretamente alimentado por corrente ou tensão de um circuito principal, sem a interposição de um transformador para instrumentos, transdutor ou impedância de derivação.
- Relé secundário: relé alimentado por corrente e / ou tensão proveniente de um transformador para instrumentos ou transdutor.

Para a proteção contra sobrecorrentes usando-se relé secundário, a configuração genérica é a apresentada na figura 9 C:

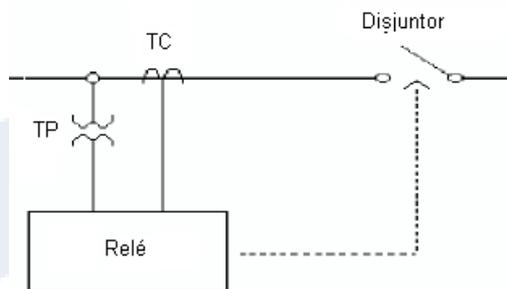


Figura 9 C

O relé precisa receber as informações para o seu funcionamento, tais como, valores de atuação instantâneo, tipo de curva utilizado na temporização, valores de atrasos. Estas informações dependem do projeto e dispositivos utilizados, como por exemplo, a relação de transformações do TC.

O processo de inserção destes dados no relé é conhecido por parametrização do relé. Cada tipo de relé é parametrizado de uma forma diferente, devendo o usuário obter com o fabricante as informações específicas sobre o relé utilizado.

O relé pode ser um dispositivo mecânico ou eletrônico. Atualmente, a grande maioria dos relés são eletrônicos – microprocessados. O relé eletrônico necessita de uma alimentação, que pode ser fornecida por uma fonte externa, denominada fonte auxiliar, ou pode ser auto-alimentado, ou seja, sem necessidade de fonte auxiliar, utilizando como alimentação a energia fornecida pelo próprio TC.

Veja configuração habitualmente utilizada na figura 10 C.

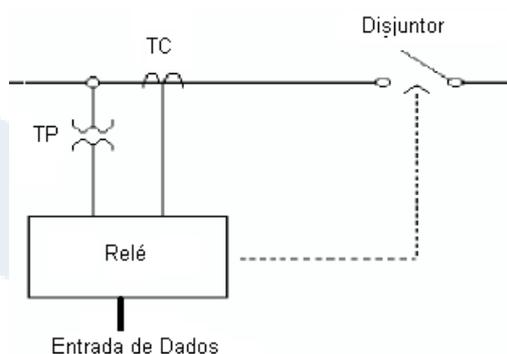


Figura 10 C

O relé executa uma função de proteção. A relação das funções de proteção são apresentadas no [Anexo C.2](#).

[Voltar para a Norma](#)



ITEM DA NORMA

5.3.1 Proteção geral (subestação de entrada de energia)

É considerado proteção geral o dispositivo situado entre o ponto de entrega de energia e a origem da instalação em média tensão. Esta proteção geral deve atender no mínimo ao especificado em 5.3.1.1 e 5.3.1.2.

COMENTÁRIO 5.3.1.C

Este dispositivo localiza-se próximo à medição, e sua definição é de responsabilidade da concessionária de energia elétrica. A definição deste dispositivo depende da estratégia da concessionária para atender aos requisitos de qualidade de energia definido pelo órgão regulador, a ANEEL.

Normalmente, este dispositivo é definido em função das características do contrato de demanda, principalmente o valor da demanda contratada, como pode ser visto nos itens [5.3.1.1](#) e [5.3.1.2](#). Hoje, no Brasil, no caso da utilização de disjuntores, as funções que devem ter os relés podem diferir entre as concessionárias.

Os relés secundários de acordo com o código ANSI funções:

- 50 relé de sobrecorrente instantâneo;
- 51 relé de sobrecorrente temporizado.



ITEM DA NORMA

5.4 Proteção contra sobretensões

As sobretensões nas instalações elétricas de média tensão não devem comprometer a segurança das pessoas, nem a integridade das próprias instalações e dos equipamentos servidos.

COMENTÁRIO 5.4.C

Durante tempestades, as instalações de média tensão podem ser submetidas a sobretensões de origem atmosféricas, principalmente quando estas instalações são alimentadas por redes aéreas. A principal forma de proteção contra este tipo de sobretensão é a utilização de pára-raio de resistência não linear.

É preciso lembrar que o termo pára-raio, aqui utilizado para o dispositivo de proteção contra sobretensão, na terminologia oficial brasileira se confunde como o termo pára-raio do sistema de proteção de descargas atmosféricas – SPDA.

A especificação do pára-raio deve conter, no mínimo, as seguintes informações:

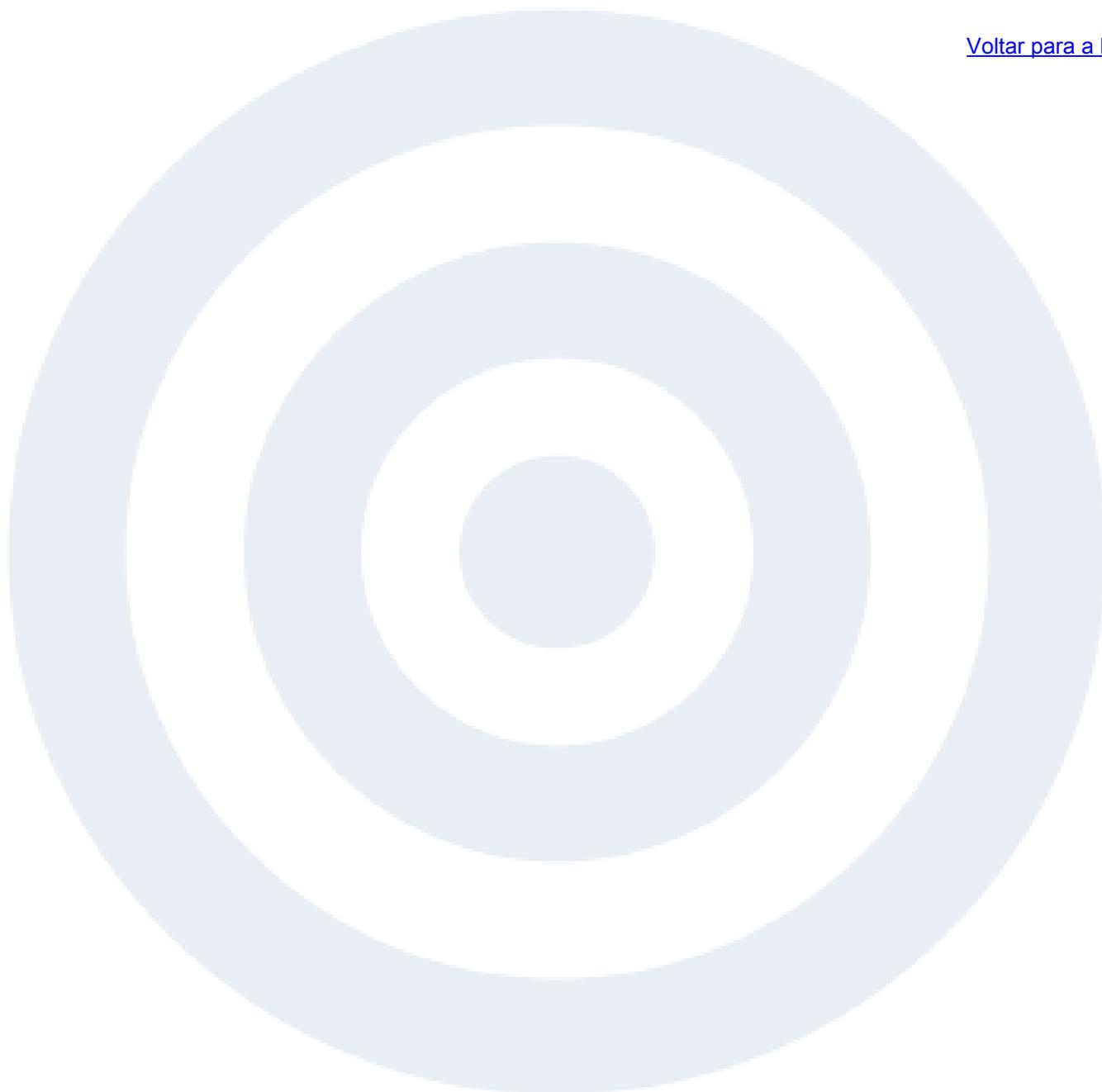
- Tensão Nominal;
- Tensão disruptiva máxima de impulso atmosférico;
- Tensão residual máxima sob corrente de descarga nominal;
- Tensão disruptiva à frequência industrial;
- Corrente de descarga nominal;
- Tipo de pára-raio (SiC ou ZnO).

O problema da instalação dos pára-raios nas subestações pode ser agrupado em três casos:

1. Subestações alimentadas por uma rede de cabos subterrâneos: por exemplo, uma rede de distribuição pública urbana. Neste caso, não é necessária a instalação de pára-raios, pois neste tipo de rede não aparecem sobretensões de origem atmosférica.
2. Subestações alimentadas por linha aérea: devem ser instalados pára-raios no ponto de ligação da linha aérea à subestação.
3. Subestações alimentadas por um curto trecho de cabo subterrâneo conectado no outro extremo a uma linha aérea: as sobretensões atmosféricas que chegam ao cabo pela linha aérea penetram no mesmo com aproximadamente 20 % do seu valor, chegando assim até a subestação. Portanto, devem ser colocados pára-raios no ponto de conexão do cabo subterrâneo à linha aérea, fisicamente no poste onde se efetua a conexão. Estes pára-raios protegem primeiramente o cabo

subterrâneo, além dos componentes da subestação (equipamento de média tensão e transformadores), quando a distância entre os pára-raios e a subestação é inferior a aproximadamente 25 m. Para distâncias superiores, deve-se instalar outro conjunto de pára-raios na própria subestação.

[Voltar para a Norma](#)





[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

5.7 Proteção das pessoas que trabalham nas instalações elétricas de média tensão

As instalações elétricas devem ser construídas e instaladas de forma que possam ser empregadas as medidas necessárias para garantir a proteção das pessoas que trabalham nas instalações elétricas.

COMENTÁRIO 5.7.C

No item segurança das pessoas que trabalham nas instalações elétricas, o principal documento legal no Brasil é a NR-10, do Ministério do Trabalho e Emprego. Esta Norma Regulamentadora estabelece os requisitos e condições mínimas que objetivam a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade.

A NR-10 se aplica a todas as fases de geração, transmissão, distribuição e consumo, incluindo as etapas de projeto, construção, montagem, operação, manutenção das instalações elétricas, e qualquer outro trabalho realizado nas suas proximidades, observando-se as normas técnicas oficiais estabelecidas pelos órgãos competentes e, na ausência ou omissão destas, as normas internacionais cabíveis.

O item 5.7 da NBR 14039 tem o objetivo de complementar ou especificar alguns critérios de projeto e execução das instalações elétricas de média tensão, de forma a garantir a proteção das pessoas que vão trabalhar nestas instalações, seja na manutenção ou operação.

É evidente que a força legal da NR-10, que é um regulamento, é superior à da NBR 14039, que é uma norma técnica.

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

6.1.2.2 *Na falta de Normas Brasileiras, IEC e ISO, os componentes devem ser selecionados através de acordo entre o projetista e o instalador.*

COMENTÁRIO 6.1.2.2.C

Na falta de Norma Brasileira e de Normas Internacionais (IEC e ISO) ou Regionais, deve ser utilizada uma norma estrangeira (de comum acordo entre projetista e instalador).

É importante que a norma estrangeira escolhida seja compatível com as normas IEC, pois, segundo a Resolução N° 6 de 1992 do CONMETRO, as Normas Brasileiras devem, preferencialmente, utilizar as Normas Internacionais, na sua forma e conteúdo, agregando-lhes, quando conveniente, as particularidades do Mercado Nacional, como adendo à Norma Internacional.

Logo, utilizando uma norma estrangeira compatível com as normas IEC, esta compatibilidade também existirá com as Normas Brasileiras.

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

6.1.3.2.1 *Os componentes devem ser selecionados e instalados de acordo com as prescrições da tabela 24. Esta tabela indica as características dos componentes em função das influências externas a que podem ser submetidos e que são definidas em 4.3. As características dos componentes são determinadas, seja por um grau de proteção, seja por conformidade com ensaios.*

COMENTÁRIO 6.1.3.2.1.C

As indicações dos graus de proteção contra as influências externas, apresentadas na tabela 24, servem para a escolha adequada dos componentes da instalação. Logo, devem ser previstas pela norma particular do componente correspondente.

Na falta de normas particulares para um componente, essa tabela pode ser utilizada como referência. A norma NBR 6146 ou a IEC 60529 deve servir de guia para a aplicação, pois esta norma é utilizada como base para o desenvolvimento e revisão das normas específicas.

Pode-se também obter o grau de proteção adequado às influências externas através de uma proteção complementar, que consiste em reconstituir em torno do componente as suas condições normais de serviço, utilizando, por exemplo, dispositivos de aquecimento, ventilação, desumidificação, pressurização, etc..

[Voltar para a Norma](#)

[Voltar para a Norma](#)**ITEM DA NORMA****Tabela 24 - Características dos componentes da instalação em função das influências externas**

Código	Influências externas	Características exigidas para seleção e instalação dos componentes
<i>A - Condições ambientais (4.3.1)</i>		
AA	<i>Temperatura ambiente (4.3.1.1)</i>	

COMENTÁRIO T24.AA.C

Em instalações exteriores e interiores, correspondendo às condições AA4 e AA5, mesmo em condições normais podem ser necessárias precauções particulares, como por exemplo, lubrificação especial, se o material não é previsto para funcionar nestas condições.

Deve ser dada uma atenção particular aos fenômenos de condensação, dependendo de sua frequência.

[Voltar para a Norma](#)

[Voltar para a Norma](#)**ITEM DA NORMA****Tabela 24 - Características dos componentes da instalação em função das influências externas**

<i>Código</i>	<i>Influências externas</i>	<i>Características exigidas para seleção e instalação dos componentes</i>
<i>A - Condições ambientais (4.3.1)</i>		
<i>AC</i>	<i>Altitude (4.3.1.2)</i>	

COMENTÁRIO T24.AC.C

Para determinados equipamentos, as altitudes compreendidas entre 1000 m e 4000 m, a tensão nominal, o nível de isolamento nominal e a corrente nominal podem ser modificados utilizando-se, por exemplo, fatores de correção apropriados, fornecidos pelo fabricante do equipamento.

[Voltar para a Norma](#)

[Voltar para a Norma](#)**ITEM DA NORMA****Tabela 24 - Características dos componentes da instalação em função das influências externas**

Código	Influências externas	Características exigidas para seleção e instalação dos componentes
<i>A - Condições ambientais (4.3.1)</i>		
AD	Presença de água (4.3.1.3)	

COMENTÁRIO T24.AD.C

Os diferentes graus de proteção correspondem aos ensaios cujas modalidades são definidas pela norma NBR 6146 (ver [anexo C.1](#))

[Voltar para a Norma](#)

[Voltar para a Norma](#)**ITEM DA NORMA****Tabela 24 - Características dos componentes da instalação em função das influências externas**

Código	Influências externas	Características exigidas para seleção e instalação dos componentes
<i>A - Condições ambientais (4.3.1)</i>		
<i>AE</i>	<i>Presença de corpos sólidos (4.3.1.4)</i>	

COMENTÁRIO T24.AE.C

Os diferentes graus de proteção correspondem aos ensaios que são definidos pela norma NBR 6146.

Nas condições AE0, a princípio, nenhuma proteção contra a penetração de corpos sólidos é necessária, e o grau de proteção IP0X é suficiente. Mas, do ponto de vista da proteção contra choques elétricos por contatos diretos, o grau de proteção é pelo menos igual a IP3X (ver [5.1.1.2.2](#)), salvo nos locais acessíveis somente a pessoas BA4 e BA5, onde é usada proteção parcial.

No que concerne às condições AE4, o grau IP5X é suficiente se as poeiras que penetram no componente não atrapalham seu funcionamento. Caso contrário, o grau de proteção deve ser IP6X, grau de proteção que impõem que as poeiras não devam penetrar no material (ver [anexo C.1](#)).

[Voltar para a Norma](#)



ITEM DA NORMA

Tabela 24 - Características dos componentes da instalação em função das influências externas

Código	Influências externas	Características exigidas para seleção e instalação dos componentes
<i>A - Condições ambientais (4.3.1)</i>		
AF	<i>Presença de substâncias corrosivas ou poluentes (4.3.1.5)</i>	

COMENTÁRIO T24.AF.C

Nas condições AF3, devem ser utilizados, a princípio, componentes que satisfaçam a um ensaio de proteção contra a corrosão. Por exemplo: os cabos são submetidos a ensaios em ácido clorídrico, à soda cáustica e ao óleo mineral. Nesta condição, as caixas em material ferroso não protegidas ou em borracha natural não são adequadas.

Nas condições AF4, a proteção é determinada segundo a natureza dos agentes químicos. A proteção pode ser assegurada por pinturas especiais, revestimentos ou tratamentos de superfície apropriados.

Nas condições AF4 e AF3, em regiões vizinhas da orla marítima, o componente deve satisfazer um ensaio em neblina salina (maresia). Não existe norma brasileira que define os ensaios. Porém, há uma norma francesa, a NFC 20 611, que pode ser utilizada como referência.

De modo geral, a isolação externa dos componentes deve ser adequada para suportar os efeitos da poluição. O comportamento destas isolações pode ser verificado pelos ensaios descritos nas normas IEC 60507 e IEC/TR 60815. No caso específico de isoladores, há uma norma brasileira que define os ensaios, que é a NBR10621.


[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

Tabela 24 - Características dos componentes da instalação em função das influências externas

Código	Influências externas	Características exigidas para seleção e instalação dos componentes
<i>A - Condições ambientais (4.3.1)</i>		
AG	Choques mecânicos (4.3.1.6)	

COMENTÁRIO T24.AG.C

Os diferentes graus de proteção contra impacto mecânico (código IK) são definidos pela norma IEC 62262, pois ainda não há norma brasileira. Os componentes devem ter o seu código IK de acordo com o grau de choque mecânico a que forem submetidos. A tabela abaixo indica o código IK para cada nível energia.

Tabela 4 C

CÓDIGO	ENERGIA
IK00	Nenhuma proteção
IK01	0,15 J
IK02	0,20 J
IK03	0,35 J
IK04	0,50 J
IK05	0,70 J
IK06	1,00 J
IK07	2,00 J
IK08	5,00 J
IK09	10,00 J
IK10	20,00 J

A escolha do grau de proteção leva em conta a natureza e as dimensões dos objetos manipulados habitualmente, meios de manutenção utilizados e de colocação do material considerado.

[Voltar para a Norma](#)

[Voltar para a Norma](#)**ITEM DA NORMA****Tabela 24 - Características dos componentes da instalação em função das influências externas**

Código	Influências externas	Características exigidas para seleção e instalação dos componentes
<i>A - Condições ambientais (4.3.1)</i>		
AK	<i>Presença de flora ou mofo (4.3.1.7)</i>	

COMENTÁRIO T24.AK.C

Nas condições AK2, devem ser tomadas medidas de proteção, que dependem da natureza da flora e sua quantidade.

São exemplos destas medidas:

- graus de proteção aumentados (ver AE);
- componentes especiais ou revestimentos protetores das caixas protetoras;
- disposições para evitar a presença de flora.

[Voltar para a Norma](#)

[Voltar para a Norma](#)**ITEM DA NORMA****Tabela 24 - Características dos componentes da instalação em função das influências externas**

Código	Influências externas	Características exigidas para seleção e instalação dos componentes
<i>A - Condições ambientais (4.3.1)</i>		
AL	<i>Presença de fauna (4.3.1.8)</i>	

COMENTÁRIO T24.AL.C

Nas condições AL2, as medidas de proteção podem compreender:

- um grau de proteção apropriado contra a penetração de corpos sólidos (ver AE);
- uma resistência mecânica suficiente (ver AG);
- precauções para evitar a presença desta fauna (tais como limpeza, emprego de pesticidas);
- materiais especiais ou revestimentos que protejam as caixas protetoras.

[Voltar para a Norma](#)

[Voltar para a Norma](#)**ITEM DA NORMA****Tabela 24 - Características dos componentes da instalação em função das influências externas**

<i>Código</i>	<i>Influências externas</i>	<i>Características exigidas para seleção e instalação dos componentes</i>
<i>A - Condições ambientais (4.3.1)</i>		
<i>AN</i>	<i>Radiações solares (4.3.1.10)</i>	

COMENTÁRIO T24.AN.C

Nas condições AN2, a proteção pode ser assegurada por disposições especiais, sendo que deve-se, em particular, verificar os efeitos de aumento de pressão nos componentes de atmosfera controlada devidos à elevação da temperatura.

[Voltar para a Norma](#)

[Voltar para a Norma](#)**ITEM DA NORMA****Tabela 24 - Características dos componentes da instalação em função das influências externas**

Código	Influências externas	Características exigidas para seleção e instalação dos componentes
<i>A - Condições ambientais (4.3.1)</i>		
AQ	Raios (4.3.1.11)	

COMENTÁRIO T24.AQ.C

Nas condições AQ2, a proteção não depende da escolha do componente, mas das medidas de proteção contra as sobretensões que foram adotadas.

Nas condições AQ3, a proteção é assegurada pela instalação de pára-raios sobre os edifícios (ver a norma NBR 5419), e de cabos de guarda sobre as linhas aéreas.

[Voltar para a Norma](#)

[Voltar para a Norma](#)**ITEM DA NORMA****Tabela 24 - Características dos componentes da instalação em função das influências externas**

<i>Código</i>	<i>Influências externas</i>	<i>Características exigidas para seleção e instalação dos componentes</i>
<i>A - Condições ambientais (4.3.1)</i>		
<i>BA</i>	<i>Competência das pessoas (4.3.2.1)</i>	

COMENTÁRIO T24.BA.C

Nas condições BA4 e BA5 que correspondem aos locais de serviço elétrico, os componentes podem não apresentar a proteção contra os contatos diretos por construção. A proteção repousa, portanto, sobre as disposições adotadas e descritas na seção [5.1.1.3](#) e [5.1.1.4](#), como proteção parcial.

[Voltar para a Norma](#)

[Voltar para a Norma](#)**ITEM DA NORMA****Tabela 24 - Características dos componentes da instalação em função das influências externas**

<i>Código</i>	<i>Influências externas</i>	<i>Características exigidas para seleção e instalação dos componentes</i>
<i>A - Condições ambientais (4.3.1)</i>		
<i>BB</i>	<i>Resistência elétrica do corpo humano (4.3.2.2)</i>	

COMENTÁRIO T24.BB.C

Nas condições BB1 e BB2, que correspondem às instalações no interior, a tensão limite convencional U_L é igual a 50 V. Já nas condições BB3, que correspondem às instalações no exterior, esta tensão é limitada a 25 V ([ver tabela 22](#)).

[Voltar para a Norma](#)



ITEM DA NORMA

Tabela 24 - Características dos componentes da instalação em função das influências externas

Código	Influências externas	Características exigidas para seleção e instalação dos componentes
<i>A - Condições ambientais (4.3.1)</i>		
<i>BE</i>	<i>Natureza das matérias processadas ou armazenadas (4.3.2.5)</i>	

COMENTÁRIO T24.BE.C

Riscos de incêndio (BE2)

Os equipamentos são normalmente previstos para serem instalados em locais onde não sejam suscetíveis de provocar um incêndio, no caso de elevação de temperatura ou de produção de arco na interrupção do seu funcionamento.

Quando os equipamentos são instalados em locais nos quais existem materiais inflamáveis, ou onde são manipulados, fabricados ou armazenados em quantidades consideráveis, devem ser tomadas precauções para se evitar que estes equipamentos sejam a causa de um incêndio.

Em particular, os materiais inflamáveis devem ser dispostos de maneira que uma elevação de temperatura ou um arco que se produza no interior do equipamento não provoque a presença de fogo no exterior. As precauções tomadas devem considerar tanto a fabricação dos materiais facilmente inflamáveis quanto as condições de instalação dos equipamentos elétricos.

Essas disposições podem consistir em, por exemplo:

- distanciar os materiais inflamáveis dos equipamentos elétricos;
- dispor em torno dos equipamentos elétricos proteções ou telas apropriadas.

Além disso, se os materiais processados, fabricados ou armazenados forem inflamáveis, os componentes devem possuir ao menos o grau de proteção IP5X contra a penetração de poeiras.

Riscos de explosão (BE3)

Quando houver a possibilidade de explosão no interior de uma zona de proteção, as instalações elétricas devem ser limitadas àquelas estritamente indispensáveis, e os materiais utilizados devem comportar um dos modos de proteção prescritos para este efeito pelas normas e textos regulamentares que lhes é concernente.



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

6.1.5.3 Condutores

COMENTÁRIO 6.1.5.3.C

No caso de cabos isolados, a identificação por cor é de difícil aplicação, pois os cabos não são fabricados em todas as cores, mas sim, normalmente azul, verde e preto.

A identificação pode ser realizada, por exemplo, por marcas ou dispositivos como as anilhas, na superfície exterior dos condutores (por número, disposição, cores ou símbolos) e esta identificação deve estar indicada nos diagramas e desenhos dos circuitos.

A identificação deve ser feita no mínimo em cada extremidade do cabo, a menos que sua identificação possa ser feita sem ambigüidade. Em instalações grandes ou extensas, é recomendado repetir essas indicações ao longo do trajeto do cabo, nos pontos acessíveis e nos pontos onde ocorrem mudanças como, cruzamentos, derivações, etc. Os dispositivos utilizados para a identificação deverão ser indelévels, seguros e duráveis.

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

6.1.7 Documentação da instalação

COMENTÁRIO 6.1.7.C

É preciso ter em conta que a NR-10 também especifica uma documentação para as instalações elétricas, o prontuário das instalações. Logo, a documentação mínima de uma instalação de média tensão deverá conter as prescrições da NBR 14039 e da NR-10.

[Voltar para a Norma](#)



ITEM DA NORMA

6.2.3.4 A tensão nominal dos cabos deve ser escolhida em função das características da instalação, conforme a NBR 6251.

COMENTÁRIO 6.2.3.4.C

A NBR 6251 apresenta o critério para a escolha apropriada do valor da tensão de isolamento U_0/U do cabo, em função das características da instalação. Entende-se que a espessura de isolamento do cabo é determinada pelos valores U_0 , U e U_m ou pelo valor U_p de crista, que é o valor da tensão suportável de impulso atmosférico do cabo. Estas tensões devem ser baseadas, inteiramente, nas características e nos requisitos da instalação, e a espessura da isolamento deve ser escolhida com severidade.

As tensões de isolamento dos cabos, em kV, previstas nesta Norma, são as seguintes:

U_0/U - 0,6/1 - 1,8/3 - 3,6/6 - 6/10 - 8,7/15 - 12/20 - 15/25 - 20/35

Os Valores mínimos para (U_0) em função do esquema de aterramento e da tensão nominal de um sistema (ou instalação) é dado pela tabela 5 C:

Tabela 5C

Tensão nominal de um sistema (U) (kV)	Tensão de isolamento do cabo (U_0) (kV)	
	Esquemas TT e TN	Esquema IT
1,0	0,6/1	0,6/1
3,0	1,8/3	3,6/6
6,0	3,6/6	6/10
13,8	8,7/15	12/20
23,1	15/25	20/35
34,5	20/35	-

Observações:

- Os esquemas de aterramento TT e TN têm o neutro aterrado, enquanto que o esquema IT tem o neutro isolado;
- Tensão nominal do sistema (U): Tensão de linha pela qual o sistema é designado. No caso de corrente alternada, a tensão é dada em valor eficaz. Não é, necessariamente, igual à tensão nominal dos equipamentos ligados ao sistema. Esta tensão nominal é definida pela NBR 14039;
- Tensão de isolamento do cabo (U_0 ou U_0/U): Valor de U_0 ou dos valores U_0/U pelos quais os cabos são designados, onde:
 - U_0 é o valor eficaz da tensão entre condutor e terra ou blindagem da isolação, ou qualquer proteção metálica sobre esta;
 - U é o valor eficaz da tensão entre condutores.

NOTA - A designação completa do cabo por suas tensões de isolamento inclui a tensão máxima de operação do sistema, conforme a IEC 60502, da seguinte forma: $U_0/U(U_m)$. Entretanto, a tensão U_m é omitida na NBR 6251 e nas especificações dela decorrentes, como tem sido a prática até o presente no Brasil.

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

6.2.3.7 *As linhas pré-fabricadas devem atender às normas específicas e ser instaladas de acordo com as instruções do fabricante.*

COMENTÁRIO 6.2.3.7.C

Os barramentos blindados devem ser utilizados exclusivamente em instalações não embutidas, devendo ser previstas as possibilidades de impactos mecânicos e de agressividade do meio ambiente.

O invólucro deve ser solidamente ligado à terra e ao condutor de proteção, em toda sua extensão, por meio de condutor contínuo, acessível e instalado externamente.

Quando instalado em ambiente sujeito a poeiras ou material em suspensão no ar, o invólucro deve ser do tipo hermético.

[Voltar para a Norma](#)

**ITEM DA NORMA****6.2.5 Capacidades de condução de corrente**

As prescrições desta subseção são destinadas a garantir uma vida satisfatória aos cabos elétricos submetidos aos efeitos térmicos produzidos pela circulação de correntes de valores iguais às capacidades de condução de corrente respectivas, durante períodos prolongados em serviço normal. Outras considerações intervêm na determinação da seção dos condutores, tais como as prescrições para a proteção contra choques elétricos (ver 5.1), a proteção contra efeitos térmicos (ver 5.2), a proteção contra sobrecorrentes (ver 5.3), a queda de tensão (ver 6.2.7), bem como as temperaturas limites para os terminais de equipamentos aos quais os condutores sejam ligados.

COMENTÁRIO 6.2.5.C

O dimensionamento dos condutores de um circuito, isto é, a determinação da seção nominal, deve ser feito utilizando os seguintes critérios:

- capacidade de condução de corrente ([6.2.5](#));
- queda de tensão ([6.2.7](#));
- coordenação com a proteção contra correntes de curto-circuito ([5.3](#) e [6.3.3](#));
- proteção contra contatos indiretos nos esquemas TN e IT ([5.1.2.2.3](#) e [5.1.2.2.5](#)).

A seção adotada é, em princípio, a menor das seções nominais que atenda a todos os critérios, a chamada “seção técnica”.



ITEM DA NORMA

6.2.5.2.2 A prescrição de 6.2.5.2.1 é considerada atendida se a corrente nos cabos não for superior às capacidades de condução de corrente adequadamente escolhidas nas tabelas 28, 29, 30 e 31, afetadas, se for o caso, dos fatores de correção dados nas tabelas 32 a 38.

COMENTÁRIO 6.2.5.2.2.C

As tabelas 28, 29, 30 e 31 fornecem as capacidades de condução de corrente dos cabos uni e multipolares, \bar{I}_Z , considerando:

- condutores de cobre e de alumínio;
- isolações de EPR e XLPE;
- 3 condutores carregados;
- temperatura ambiente de 30 °C e temperatura do solo de 20 °C (linhas subterrâneas);
- resistência térmica do solo de 2.5 k.m/W (linhas subterrâneas);
- métodos de referência.

Quando, para um dado circuito, as condições previstas enquadram-se perfeitamente nas indicadas em uma das tabelas, utiliza-se diretamente a corrente de projeto do circuito, I_B , para a determinação da seção S , como indicado a seguir:

$$I_B \xrightarrow{\text{tabela}} \bar{I}_Z \geq I_B \text{ (mais proximo)} \rightarrow S$$

As tabelas 32 a 38 fornecem os fatores de correção, sendo:

- correção da temperatura ambiente ou do solo - tabela 32 (fator f_1);
- correção da resistividade térmica do solo - tabela 33 (fator f_2);
- agrupamento de circuitos - tabelas 34, 35, 36, 37, e 38 (fator f_3).

Quando, para um dado circuito, as condições previstas de temperatura (ambiente ou do solo) e / ou de resistividade térmica do solo diferirem das indicadas nas tabelas 28 a 31, e / ou quando for prevista a presença de mais de um circuito (agrupamento) na linha elétrica, deve-se determinar, nas tabelas 32 a 38, os fatores aplicáveis.

Utiliza-se, agora, a corrente fictícia de projeto, I'_B , definida por: $I'_B = \frac{I_B}{f}$, sendo f o fator de correção aplicável (f_1 , f_2 ou f_3) ou o produto dos fatores aplicáveis (no caso mais geral $f = f_1 \times f_2 \times f_3$).

Procede-se, então, como no caso anterior, ou seja:

$$I'_B \xrightarrow{\text{tabela}} \bar{I}_Z \geq I'_B \text{ (mais proximo)} \rightarrow S$$

Observe-se que:

- a corrente fictícia de projeto é apenas um artifício de cálculo para utilizar diretamente as tabelas 28 a 31;
- a capacidade de condução de corrente real, prevista para o condutor de seção S , será:

$$I_Z = \bar{I}_Z \times f$$

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

6.2.5.2.3 *Os valores adequados de capacidades de condução de corrente podem ser calculados como indicado na NBR 11301. Em cada caso pode-se levar em consideração as características da carga e, para os cabos enterrados, a resistividade térmica real do solo.*

COMENTÁRIO 6.2.5.2.3.C

A aplicação das tabelas 28, 29, 30 e 31 - que fornecem as capacidades de condução de corrente -, e das tabelas 32 a 38 - que fornecem os fatores de correção - podem gerar erros de aproximadamente 10%. Se a quantidade de cabos for considerável, é conveniente um cálculo mais preciso, segundo a norma NBR 11301.

Estes cálculos são complexos, executados com a utilização de softwares apropriados e com dados de vários parâmetros dos cabos, o que exige um conhecimento específico que normalmente só é detido pelos fabricantes de cabos.

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

6.2.5.3.1 *O valor da temperatura ambiente a utilizar é o da temperatura do meio circundante quando o cabo ou o condutor considerado não estiver carregado.*

COMENTÁRIO 6.2.5.3.1.C

Como orientação geral, considerando o interior de edificações em diferentes regiões do país, sugere-se adotar, no projeto, os seguintes valores (como mínimos) de temperatura ambiente:

- regiões sul, sudeste e centro-oeste: 30 °C;
- regiões nordeste e norte: 40 °C.

[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA**6.2.5.4 Resistividade térmica do solo****COMENTÁRIO 6.2.5.4.C**

A tabela abaixo é uma referência para a aplicação da resistividade térmica do solo:

Tabela 6 C

Resistividade do solo (K.m/W)	Umidade	Natureza do terreno		
0,5	Terreno muito úmido	Areia	Argila e calcáreo	Cinzas
0,7	Terreno úmido			
0,85	Terreno normal			
1	Terreno seco	Terreno muito seco		
1,2				
1,5				
2				
2,5				
3				



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

6.2.8 Conexões

COMENTÁRIO 6.2.8.C

As conexões dos condutores com os equipamentos devem ser dimensionadas e executadas de forma a não transmitirem aos bornes um aquecimento excessivo e um esforço mecânico inadmissível devido a seu próprio peso, à dilatação, à contração ou à vibração.

As conexões entre condutores e com os equipamentos devem apresentar uma grande solidez mecânica e uma resistência elétrica tão baixa quanto possível.

As normas e recomendações dos fabricantes contém as indicações necessárias para a escolha e para a realização das conexões, as quais deve-se obedecer.

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

6.2.8.12 *Em locais sujeitos às condições de influências externas AD2, AD3 e AD4, todos os componentes de uma conexão devem ser protegidos contra corrosões provocadas pela presença de água e/ou umidade.*

COMENTÁRIO 6.2.8.12.C

No exterior e em locais úmidos (condições de influências externas AD2, AD3 e AD4) os parafusos, rebites, pinos e, em geral, todas as peças que entram na composição de uma conexão, devem ser protegidas contra a corrosão ou serem concebidas para resistir a isto.

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

6.2.9.5 Vizinhança com outras linhas elétricas

As linhas elétricas de diferentes tensões nominais não devem ser colocadas nas mesmas canaletas ou poços, a menos que sejam tomadas precauções adequadas para evitar que, em caso de falta, os circuitos de menores tensões nominais sejam submetidos a sobretensões.

COMENTÁRIO 6.2.9.5.C

O primeiro ponto que deve ser ressaltado é que a sobretensão, no caso de falta do cabo de tensão mais elevada, ocorre na frequência industrial. Nesta frequência, não existe uma proteção ativa que possa atuar no caso da sobretensão; a proteção só poderá ser feita por isolamento adequada para a tensão mais elevada.

Esta isolamento pode ser feita por dois métodos:

- por construção, mantendo uma isolamento adequada entre as duas partes da canaleta ou poço em que os cabos estão em contato;
- usando na instalação de tensão nominal inferior condutores de tensão nominal igual ao da instalação de tensão nominal superior.

[Voltar para a Norma](#)



ITEM DA NORMA

6.2.10.6 *Devem ser ligadas à terra as blindagens e/ou capas metálicas dos cabos em uma das extremidades. A segunda extremidade pode ser aterrada.*

COMENTÁRIO 6.2.10.6.C

Condições de ligação das blindagem dos cabos unipolares à terra

Freqüentemente pode-se dizer que, quando o comprimento de uma ligação for inferior a 150 m, as blindagens podem ser aterradas somente em uma das extremidades. De qualquer forma, é necessário verificar se seu potencial em relação à terra, na extremidade livre, permanece inferior a 50 V nas instalações internas e inferior a 25 V nas instalações externas. A corrente usada no cálculo deve ser a corrente de curto-circuito trifásica da parte da instalação situada à jusante da ligação.

Quando o comprimento de uma ligação for superior a 150 m, é conveniente que as blindagens dos cabos sejam ligadas à terra nas duas extremidades. Feito isto, é necessário, ainda, certificar-se de que elas suportam as correntes de circulação resultante desta ligação. As correntes a se considerar são de dois tipos: a máxima corrente de falta que poderá circular, e as correntes induzidas devido a um curto-circuito trifásico na parte da instalação situada à jusante da ligação. Neste caso, o efeito das correntes deve ser considerado somente durante a duração do defeito.

Condições de ligação das blindagem dos cabos tripolares à terra

Para os cabos tripolares, a resultante do campo eletromagnético no interior da blindagem é nula quando o circuito é equilibrado. Portanto, não há circulação de corrente nas blindagens em condições de funcionamento normal. Neste caso, quase sempre será possível ligar as blindagens dos cabos tripolares à terra nas duas extremidades.

Tensão induzida nos cabos unipolares cujas blindagens são ligadas à terra por uma extremidade

A tensão em relação à terra das blindagens da extremidade livre de uma ligação, onde a outra extremidade é aterrada, tem a seguinte expressão:

$$E_o = 0,145 (\log 2a/d)il$$

onde:

a = distância entre eixos dos cabos (mm);

d = diâmetro médio da blindagem (mm);
i = intensidade de corrente que circula pelo cabo (A);
l = comprimento da ligação (m).

Corrente induzida nos cabos unipolares cujas blindagens são ligadas à terra nas duas extremidades

Cabos unipolares cujas blindagens são ligadas à terra nas duas extremidades têm a corrente induzida dada pela expressão:

$$i = E_o / \sqrt{(R^2 + X^2)}$$

onde:

R = resistência da armação ou da tela (Ω);
X = reatância da armação ou da tela (Ω);
E_o = expressão de tensão induzida (V).

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

6.2.11.2.3 *Nas bandejas, leitos e prateleiras, os cabos devem ser dispostos preferencialmente em uma única camada.*

COMENTÁRIO 6.2.11.2.3.C

Veja que no cálculo do fator de agrupamento as tabelas 34, 35 e 36 só apresentam a possibilidade de disposição de cabos em uma única camada. Logo, a utilização de várias camadas de cabos necessitam de um cálculo pela NBR 11301, o que torna a aplicação mais difícil, pois normalmente só os fabricantes possuem os meios e os conhecimentos para este cálculo.

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

6.2.11.4.6 *Qualquer linha enterrada deve ser continuamente sinalizada por um elemento de advertência (por exemplo, fita colorida) não sujeito à deterioração, situado no mínimo a 0,10 m acima dela.*

COMENTÁRIO 6.2.11.4.6.C

O percurso das linhas enterradas deve ser registrado em um documento que permita conhecer com precisão sua localização, sem ter que recorrer a um artifício. Este documento deve mencionar, em particular, os pontos de identificação dos cabos em relação aos prédios e outras referências possíveis, assim como a profundidade de sua instalação, a constituição dos lençóis e a posição das caixas de conexão. Cortes devem indicar o detalhe da colocação e a posição relativa em relação às canalizações ou outros obstáculos encontrados.

Este documento deve ser atualizado após cada modificação na rede de cabos ou de outras canalizações ou obras. Pode ser completado por uma caderneta (esquema) de cabos.

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

6.2.11.4.8 *Os poços de inspeção devem ser construídos em alvenaria ou material equivalente, ter resistência e drenagens adequadas e dispor de tampa superior resistente à carga a que pode ser submetida.*

COMENTÁRIO 6.2.11.4.8.C

Nos poços onde o cabo possa ser retirado, para que o cabo possa ser manipulado com segurança, recomenda-se que a dimensão mínima, no sentido de passagem do cabo, seja de 4 vezes o raio de curvatura do cabo.

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

6.2.11.7.1 Definição

Os barramentos blindados devem ser utilizados exclusivamente em instalações não embutidas, devendo ser previstas as possibilidades de impactos mecânicos e de agressividade do meio ambiente.

O invólucro deve ser solidamente ligado à terra e ao condutor de proteção, em toda sua extensão, por meio de condutor contínuo, acessível e instalado externamente.

Quando instalado em altura menor ou igual a 2,50 m, o invólucro não pode ter aberturas ou orifícios. Acima desse nível, são permitidos invólucros vazados, desde que não haja a possibilidade de contato acidental.

Quando instalado em ambiente sujeito a poeiras ou material em suspensão no ar, o invólucro deve ser do tipo hermético.

COMENTÁRIO 6.2.11.7.1.C

Quando instalados em locais acessíveis a pessoas BA1, o barramento deve ser colocado dentro de invólucro IP3x. Em locais acessíveis somente a pessoas BA4 e / ou BA5, deve-se seguir as regras de [5.1.1.3](#) ou [5.1.1.4](#).

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

6.3.3.1 Disposições gerais

Os disjuntores e as chaves seccionadoras sob carga devem ser operados em uma única tentativa por pessoas advertidas (BA4) e/ou qualificadas (BA5), conforme tabela 12.

COMENTÁRIO 6.3.3.1.C

Este item da norma proíbe o acionamento de disjuntores por pessoas comuns, como por exemplo, um vigilante (a menos que este vigilante seja uma pessoa qualificada ou advertida em média tensão).

Vale a pena lembrar que entende-se por pessoa qualificada ou advertida, de acordo com tabela 12:

- Advertidas são pessoas suficientemente informadas ou supervisionadas por pessoas qualificadas, de modo a lhes permitir evitar os perigos que a eletricidade pode apresentar. São exemplos de pessoas advertidas: pessoal de manutenção e / ou operação, trabalhando em locais de serviço elétrico;
- Qualificadas são pessoas que têm conhecimentos técnicos ou experiência suficiente para lhes permitir evitar os perigos que a eletricidade pode apresentar. São exemplos de pessoas qualificadas: engenheiros e / ou técnicos, trabalhando em locais de serviço elétrico fechados.

[Voltar para a Norma](#)



ITEM DA NORMA

6.3.3.3 Seleção dos dispositivos de proteção contra curtos-circuitos

A proteção contra curtos-circuitos deve ser assegurada por dispositivos que interrompam a corrente quando um condutor ao menos é percorrido por uma corrente de curto-circuito, a interrupção intervindo em um tempo suficientemente curto para que os condutores não sejam danificados.

COMENTÁRIO 6.3.3.3.C

O aquecimento de um condutor durante um curto-circuito ocorre em um tempo muito curto, e o modelo termodinâmico usado para descrever este processo é o de um regime adiabático. No regime adiabático não há troca de calor com o meio externo, ou seja, todo o calor gerado pela passagem da corrente de curto-circuito no condutor, pelo efeito Joule, é destinado ao aumento da temperatura do condutor. Neste regime, o modelo matemático mais usado para representar o fenômeno é a integral de Joule.

Como todo o calor gerado destina-se somente ao aumento de temperatura do condutor, os parâmetros que influenciam este modelo são somente os parâmetros dos condutores, não influenciando em nada os parâmetros do material isolante ou de outros materiais usados no revestimento do cabo.

No caso de condutores comerciais, as seções são padronizadas e o material condutor é definido (cobre ou alumínio). Logo, para uma dada seção de um condutor de um dado material, a integral de Joule para levar o cabo de uma temperatura inicial a uma temperatura final é constante. É importante ressaltar que esta constante depende exclusivamente das características físicas do material condutor e das temperaturas inicial e final.

Para os produtos comerciais, as temperaturas inicial e final do condutor estão vinculadas a um tipo de material isolante, ou seja, a temperatura inicial de curto-circuito é a temperatura de regime normal, e a temperatura final é a temperatura de curto-circuito para o isolante.

Isto ocorre pois, estando em contato íntimo com o isolante após o evento do curto-circuito, o condutor troca calor com o isolante, esfriando o condutor e aquecendo o isolante. Estas temperaturas estão definidas nas normas do cabo, e estão relacionadas com a vida útil dos condutores. Para cada tipo de isolamento há uma temperatura de regime e uma temperatura de curto-circuito.

A integral de Joule, necessária para aquecer o condutor desde a temperatura máxima para serviço contínuo até a temperatura limite de curto-circuito, no regime adiabático, pode ser indicada pela seguinte expressão:

$$\int_0^t i_k^2 dt = k^2 S^2$$

, onde:

- k = 115 para condutores de cobre com isolamento de PVC;
- 135 para condutores de cobre com isolamento de EPR ou XLPE;
- 74 para condutores de alumínio com isolamento de PVC;
- 160 para condutores de cobre nus;
- 87 para condutores de alumínio com isolamento de EPR ou XLPE;
- 104 para condutores de alumínio nus;
- 115 para as emendas soldadas a estanho nos condutores de cobre, correspondendo a uma temperatura de 160°C ;
- S = a seção do condutor (mm²);
- i_k = a corrente de curto-circuito presumido (A);
- t = a duração do curto-circuito (s).

A regra geral de proteção contra sobrecorrente, e em particular para os fusíveis, pode ser indicado pela seguinte expressão:

$$\int_0^t i^2 dt \leq k^2 S^2$$

Para o caso da média tensão onde os curtos-circuitos são interrompidos por disjuntores sempre na passagem pelo zero da curva de corrente, e também no caso de disjuntores, a duração se aproxima da faixa 0,1 s ≤ t ≤ 5 s. Pode-se escrever a regra geral pela seguinte expressão particular:

$$I^2 \cdot t \leq k^2 S^2$$

ou

$$t \geq \left(\frac{k \cdot S}{I} \right)^2$$

ou

$$S \geq \frac{I \sqrt{t}}{k}$$

, onde:

- I é a corrente de curto-circuito presumida simétrica (A);
- t é a duração (s).

Os cabos podem ter suas conexões executadas com solda ou por meio de conectores. No caso do uso da solda de estanho-chumbo, as suas características mecânicas começam a degradar-se com a temperatura de 160°C. A isolamento do cabo suporta um valor maior, mas neste caso, o limite será o da solda.

No caso do uso das conexões por conectores de compressão ou aparafusados, a temperatura máxima de curto-circuito é fixada pela isolação.

A figura 11 C mostra um ábaco referente à suportabilidade do cabo ao curto circuito.

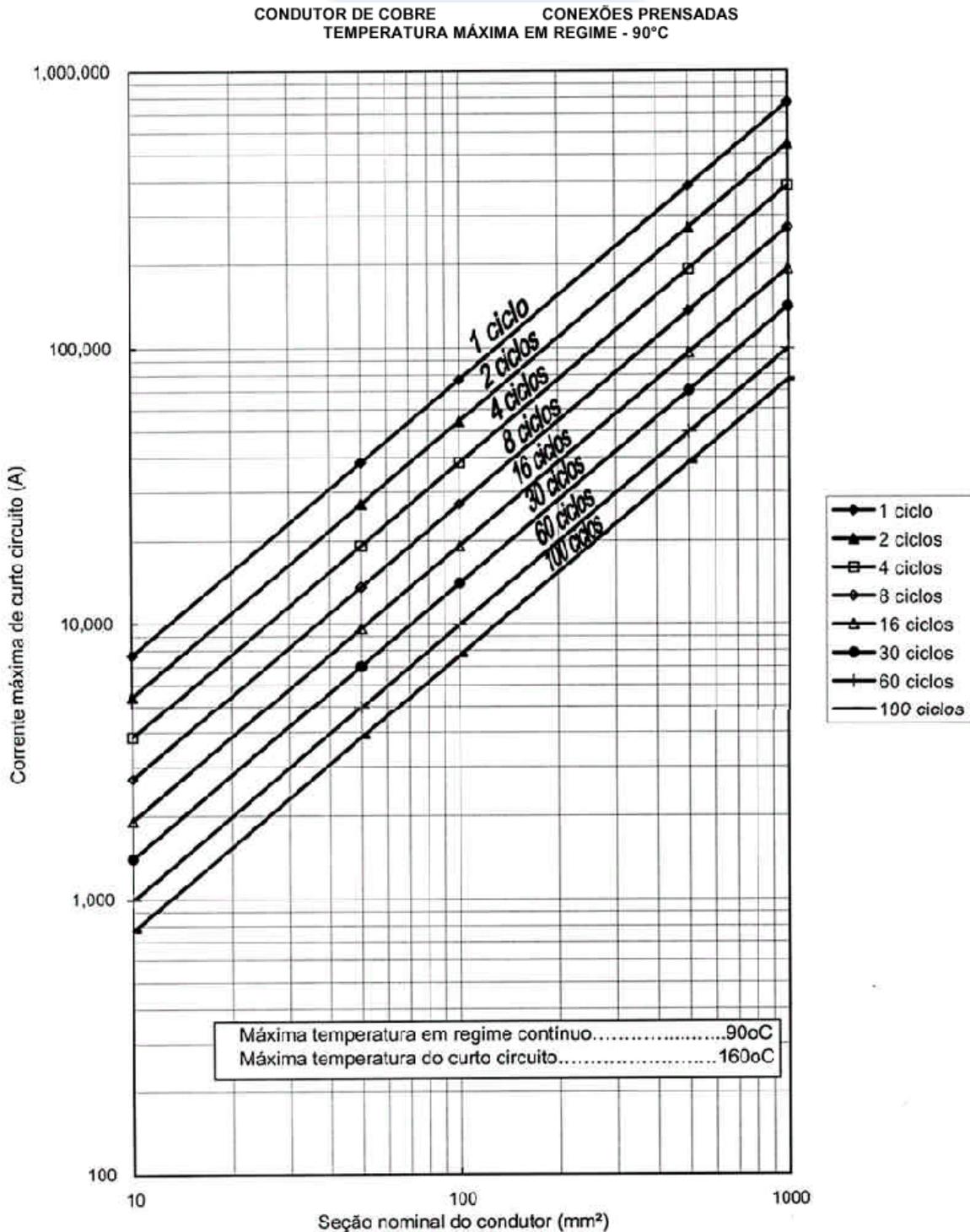


Figura 11 C

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

6.3.6.1 Dispositivos de seccionamento

COMENTÁRIO 6.3.6.1.C

O seccionador é um dispositivo de manobra (mecânico) que assegura, na posição aberta, uma distância de isolamento que satisfaz requisitos de segurança especificados.

Um seccionador deve ser capaz de fechar ou abrir um circuito quando a corrente estabelecida ou interrompida é desprezível, ou quando não se verifica uma variação significativa na tensão entre os terminais de cada um dos seus pólos. Ele é também capaz de conduzir correntes em condições normais do circuito, além de conduzir, por tempo especificado, corrente em condições anormais do circuito, tais como as de curto-circuito.

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

6.3.6.2 Dispositivos de seccionamento para manutenção mecânica

COMENTÁRIO 6.3.6.2.C

Os dispositivos para manutenção mecânica são seccionadores de comando único para conjunto de pólos, comando monopolar.

O operador deve manobrar o seccionador para manutenção mecânica com facilidade e, para isto, é recomendado que toda parte do seccionador acessível à mão permaneça na totalidade do seu curso a uma altura compreendida entre 0,9 m e 1,7 m.

Quando uma alavanca de comando se desloca durante a manobra em um plano vertical, sua posição baixa deve corresponder à posição de abertura do dispositivo, e sua posição alta à posição de fechamento.

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

6.4.1 Generalidades

COMENTÁRIO 6.4.1.C

A prescrição fundamental para a segurança das pessoas é a proteção contra choque elétrico. Neste contexto, o aterramento assegura a parte de proteção contra contato indireto.

A característica mais importante do aterramento, no tocante à proteção contra choque, é a tensão de contato e não a resistência de aterramento.

Para assegurar a eficácia da proteção, deve-se garantir que, em qualquer ponto da instalação, a tensão de contato não seja superior aos valores definidos na figura do anexo 1.

Esta regra é satisfeita se as massas são ligadas ao eletrodo de aterramento da instalação através de condutores de proteção, nas condições especificadas para cada esquema de aterramento. Massas simultaneamente acessíveis devem ser ligadas à mesma rede de aterramento individualmente, por grupos ou coletivamente, mesmo que elas pertençam a instalações diferentes.

O objetivo é reduzir a tensão de contato a um valor não perigoso. Assim, a proteção contra choque elétrico por contato indireto em média tensão somente é assegurada pela realização de uma ligação equipotencial, que deve compreender todos os elementos condutores simultaneamente acessíveis, sejam massas de equipamentos ou elementos condutores estranhos ao eletrodo de aterramento convenientemente projetado e construído.

[Voltar para a Norma](#)



ITEM DA NORMA

6.4.2.2 Eletrodos de aterramento

COMENTÁRIO 6.4.2.2.C

Define-se eletrodo de aterramento como um condutor ou conjunto de condutores enterrados no solo e eletricamente ligados à terra, para fazer um aterramento. São exemplos de eletrodos de aterramento: uma malha, três hastes ligadas em triângulo, várias hastes interligadas em série, as fundações de uma edificação, etc.

Como nas outras áreas (como nas instalações elétricas de baixa tensão e nos sistemas de proteção contra descargas atmosféricas, nas instalações elétricas de média tensão), o eletrodo de aterramento em uma subestação deve constituir de, no mínimo, um anel circundando o perímetro da edificação.

O sistema de aterramento de uma subestação é que irá efetivamente garantir a proteção dos usuários contra choque elétrico por contato indireto. O desempenho deste eletrodo deve ser compatível com esta função. Logo, do ponto de vista da proteção dos usuários de uma instalação, o parâmetro mais importante na especificação do eletrodo de aterramento é a tensão de contato. A tensão de contato máxima a que pode ser submetida uma pessoa em uma instalação de média tensão é dada na NBR 14039.

Outra especificação adicional do eletrodo é que o valor da resistência de aterramento deve satisfazer às condições de proteção e de funcionamento da instalação elétrica, de acordo com o esquema de aterramento utilizado. Portanto, pode-se estabelecer a seguinte seqüência para o projeto do eletrodo de aterramento de uma subestação de média tensão:

1. Verificar qual é a máxima corrente de falta;
2. Verificar o tempo de eliminação da falta pela atuação da proteção;
3. Verificar na curva de tensão de contato x tempo, qual a máxima tensão de contato aceitável;
4. Projetar uma malha em função da: corrente de falta, máxima tensão de contato aceitável, resistividade do solo.

Seguindo a seqüência dada e usando um método adequado para o projeto da malha, o resultado encontrado é o tamanho da malha básica, também conhecida com “mash”, e a espessura de concreto do piso da subestação. Um método muito conhecido para o cálculo das malhas é dado na norma técnica americana IEEE Std 80 - IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding.

A figura 12 C ilustra com um exemplo qualitativo a aplicação de um eletrodo de aterramento em uma subestação de média tensão:

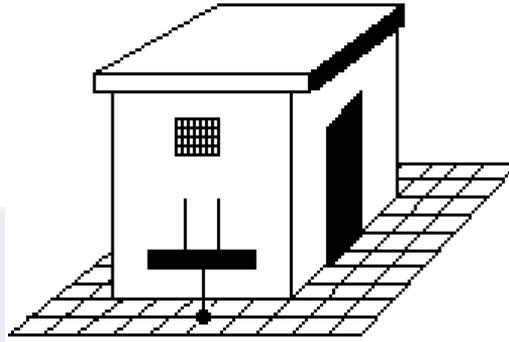


Figura 12 C – eletrodo de aterramento em malha de uma subestação.

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

6.4.2.3 Condutores de aterramento

COMENTÁRIO 6.4.2.3.C

A princípio, condutor de aterramento é definido como um condutor de proteção que liga o terminal ou a barra de aterramento principal ao eletrodo de aterramento.

Em uma instalação de média tensão, nem sempre há um terminal de aterramento principal. Portanto, para essas instalações, pode-se entender como condutor de aterramento todo o condutor de proteção que uma de suas extremidades está ligado ao eletrodo de aterramento.

[Voltar para a Norma](#)



ITEM DA NORMA

7.1.1 *Toda instalação, extensão ou alteração de instalação existente deve ser visualmente inspecionada e ensaiada, durante e/ou quando concluída a instalação, antes de ser colocada em serviço pelo usuário, de forma a se verificar, tanto quanto possível, a conformidade com as prescrições desta Norma.*

COMENTÁRIO 7.1.1.C

O ensaio de instalações elétricas é prescrito pela norma e, portanto, obrigatório. O texto da norma utiliza a palavra conformidade exatamente para explicitar que a seção 7 trata da avaliação da conformidade da instalação com esta norma.

A avaliação pode ser de primeira, segunda ou terceira parte, dependendo de quem a realiza.

- Primeira: é feita pelo fabricante ou pelo fornecedor;
- Segunda: é feita pelo comprador;
- Terceira: é feita por uma instituição independente ao fornecedor e ao cliente, não tendo, portanto, interesse na comercialização dos produtos.

A norma não determina quem realiza a avaliação de conformidade, mas que a mesma deve ser feita. Portanto, até que algum regulamento defina que tipo de avaliação de conformidade deve ser feito nas instalações de média tensão, o item da norma estará cumprido independente do tipo de avaliação realizada (primeira, segunda ou terceira parte).



ITEM DA NORMA

7.3.5 Ensaio para determinação da resistência de aterramento

COMENTÁRIO 7.3.5.C

Como não existe norma brasileira de medição de resistência de aterramento, podem ser utilizados, quando for necessária a medição da resistência de aterramento, os dois métodos apresentados na NBR 5410:

Método 1 – Método do terrometro

Este método normalmente é aplicado através de um equipamento de medição de resistência de aterramento, conhecido como terrometro de três pontas. Aqui é apresentado o princípio físico da medição, permitindo que seja utilizado, no lugar de um terrometro, uma fonte, um voltímetro e um amperímetro.

Para se executar a medição segundo este método, deve-se fazer uma montagem conforme a figura 13 C. Para a montagem deve-se utilizar, além da fonte, dois eletrodos auxiliares T2 e T1. A localização do eletrodo auxiliar T1 é muito importante para um resultado confiável da medida. O eletrodo T1 deve ser posicionado de maneira que não haja influência mútua entre T e T1. Um critério prático é que a distância entre T e T1 não deve ser inferior a 7 vezes a diagonal ou o raio de um eletrodo em anel ou malha.

O princípio do método 1 pode ser descrito nos seguintes passos:

- Ligando a fonte, uma corrente alternada de valor constante circula entre o eletrodo de aterramento sob ensaio T e o eletrodo auxiliar T1.
- Um segundo eletrodo auxiliar, T2, que pode ser uma pequena haste cravada no solo, é inserido a meio caminho entre T e T1. A queda de tensão entre T e T2 é medida.
- A resistência de aterramento do eletrodo T é igual à tensão entre T e T2 dividida pela corrente que circula entre T e T1, presumindo-se que não haja influência mútua entre os eletrodos.
- Para verificar se o valor de resistência está correto, duas novas medições devem ser realizadas, deslocando-se T2 a cerca de 6m na direção de T e, depois, 6m na direção de T1. Se os três resultados forem substancialmente semelhantes, a média das três leituras é tomada como sendo a resistência de aterramento do eletrodo T. Do contrário, o ensaio deve ser repetido com um espaçamento maior entre T e T1.

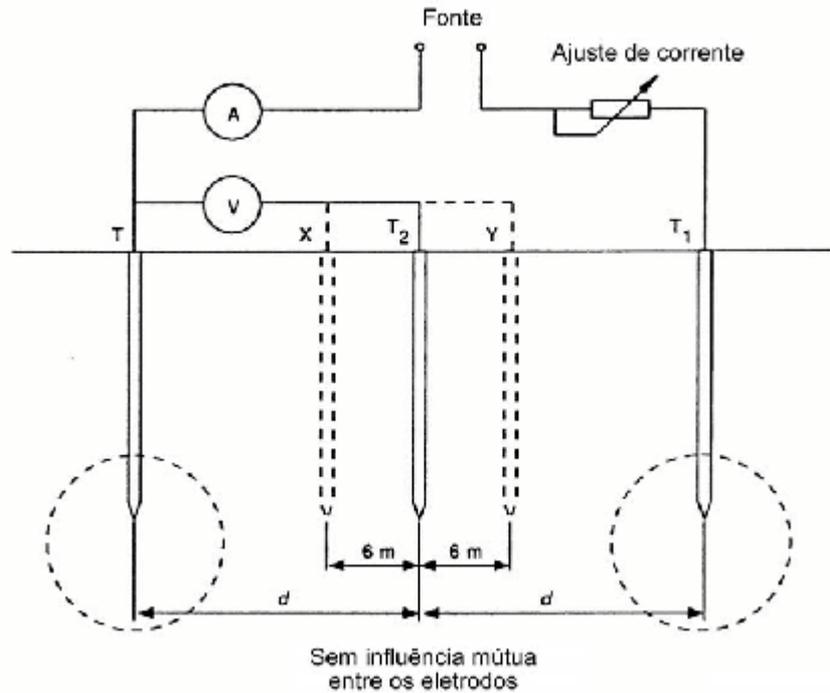


Figura 13 C – Medição de resistência de aterramento: Método 1

, onde:

- T é o eletrodo do aterramento a ser medido, desconectado de todas as outras fontes de tensão;
- T1 é o eletrodo auxiliar;
- T2 é o segundo eletrodo auxiliar.

Método 2

Neste método também são utilizados dois eletrodos auxiliares, mas sem nenhuma necessidade de alinhamento. Utiliza-se uma fonte de tensão máxima de 50 V em áreas internas e 25 V em áreas externas (estes são os valores da tensão de contato limite).

Se o ensaio for realizado à frequência industrial, a fonte utilizada para o ensaio deve ser isolada do sistema de distribuição (por exemplo, pelo uso de transformador de enrolamentos separados), e a impedância interna do voltímetro utilizado deve ser de, no mínimo, 200 Ω / V.

Aplica-se o método 2 através dos seguintes passos:

- Utilizando a fonte, injeta-se corrente entre os dois eletrodos auxiliares, T1 e T2. Mede-se a corrente injetada e a tensão aplicada e calcula-se então a soma das resistências de T1 e de T2, dividindo-se a tensão aplicada pela corrente injetada:

$$R_1 + R_2 = \frac{U_{1-2}}{I}$$

- Em seguida, injeta-se corrente entre o eletrodo sob ensaio, T0, e o eletrodo auxiliar T1. Utilizando-se o outro eletrodo auxiliar (T2) como referência, mede-se então a tensão entre T0 e T2 e entre T1 e T2. Com os valores medidos da corrente e das tensões, calcula-se a resistência de aterramento de T0 e de T1:

$$R_0 = \frac{U_{0-2}}{I} \quad \text{e} \quad R'_1 = \frac{U_{1-2}}{I}$$

- Utilizando agora T1 como referência, injeta-se corrente entre T0 e T2 e mede-se a tensão entre T0 e T1 e entre T2 e T1. Com a corrente e as tensões medidas, calcula-se a resistência de aterramento de T0 e T2:

$$R'_0 = \frac{U_{0-1}}{I} \quad \text{e} \quad R'_2 = \frac{U_{2-1}}{I}$$

- Comparar então os dois valores de resistência obtidos para o eletrodo sob ensaio T0, isto é, R0 e R'0, bem como a soma das resistências de T1 e de T2 inicialmente obtida (R1 + R2), com a soma das resistências calculadas individualmente para T1 e T2 (isto é, R'1 + R'2). Se essa comparação revelar semelhança entre os valores, eles são considerados válidos. Caso contrário, devem ser realizadas novas medições, com um espaçamento maior entre os eletrodos.

[Voltar para a Norma](#)



ITEM DA NORMA

7.3.6 Ensaios recomendados pelos fabricantes dos equipamentos

Todos os equipamentos que possuírem condições especiais de instalações devem sofrer a inspeção de sua montagem com base nas informações fornecidas pelos seus fabricantes. Nos documentos apropriados pode ser verificada a necessidade de ensaios especiais nos equipamentos que fazem parte integrante da sua aprovação para energização.

COMENTÁRIO 7.3.6.C

As normas específicas de cabos de média tensão – NBR 7286, NBR 7287 e NBR 7288 – prescrevem os ensaios durante e após a instalação do equipamento.

Estes ensaios demonstram a integridade do cabo e seus acessórios, durante a instalação e após a conclusão desta.

Em qualquer ocasião durante a instalação, pode ser efetuado um ensaio de tensão elétrica contínua de valor igual a 75% do valor dado na tabela, durante 5 min consecutivos.

Após a conclusão da instalação do cabo e seus acessórios, e antes destes serem colocados em operação, pode ser aplicada uma tensão elétrica contínua de valor igual a 80% do valor dado na tabela, durante 15 min consecutivos.

Após o cabo e seus acessórios terem sido colocados em operação, em qualquer ocasião, dentro do período de garantia, pode ser aplicada uma tensão elétrica contínua de valor igual a 65% do valor dado na tabela, durante 5 min consecutivos.

Os ensaios em corrente contínua, aplicados a cabos com isolação extrudada, para tensões de isolamento superiores a 6/10 kV, principalmente de instalações antigas, podem causar o seu envelhecimento precoce ou danos permanentes. Recomenda-se que a instalação, nestes casos, seja ensaiada conforme uma das seguintes alternativas:

- aplicação, por 5 min, da tensão equivalente entre fases do sistema entre o condutor e a blindagem metálica;
- aplicação, por 24 h, da tensão entre fase e terra do sistema entre o condutor e a blindagem.

Tensão de isolamento U _o /U	kV	0,6/1	1,8/3	3,6/6	6/10	8,7/15	12/20	15/25	20/35
Tensão de ensaio	kV	8,5	15,5	26,5	36	53	72	90	120

1 Os valores de tensão elétrica contínua de ensaio correspondem a $2,4 \times (2,5 U_o + 2,0)$ kV, para cabos com tensões de isolamento iguais ou inferiores a 3,6/6 kV, e $2,4 \times 2,5 U_o$, para cabos com tensões de isolamento superiores a 3,6/6 kV.

2 Os valores correspondentes a tensões de isolamento superiores a 3,6/6 kV são utilizados como referência para o cálculo das tensões de ensaios durante e após instalação, conforme 6.2.4.

[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

8.1.1 Sempre que aplicável, a instalação a ser verificada deve ser desenergizada após a manobra de desenergização, todas as partes vivas devem ser ensaiadas quanto à presença de energia mediante dispositivos de detecção compatíveis ao nível de tensão da instalação.

COMENTÁRIO 8.1.1.C

A nova NR-10 já apresenta um conceito de desenergizado que não é o simples desligamento. Em muitos países da Europa existe uma seqüência estabelecida para que o circuito seja considerado seguro para o trabalho ou desenergizado, segundo o conceito da NR-10. Esta seqüência é conhecida como Cinco Regras de Ouro da Segurança, que são apresentadas abaixo:

1ª regra: Seccionar o circuito de forma visível ou efetiva, todas as possíveis fontes, mediante o uso de seccionadores, interruptores-seccionadores, ou outros meios.

O seccionamento é a abertura de um dispositivo de manobra mecânico que, na posição aberta, assegura uma distância de seccionamento, que é a distância de isolamento entre os contatos abertos de um dispositivo de manobra mecânico, que satisfaz os requisitos de segurança.

O seccionamento deve ser visível ou efetivo. O seccionamento visível é a característica do equipamento que permite a verificação do seccionamento de forma visual. E entende-se por seccionamento efetivo, a abertura de um dispositivo, que não permite sua comprovação visual, mas sua posição aberta é verificada e indicada por um meio seguro. Este caso se dá em certos tipos de seccionadores, cujos contatos estão dentro de um recinto fechado contendo um gás diferente do ar ambiente, como por exemplo, o hexafluoreto de enxofre (SF₆). Neste caso, a disposição do contato ou contatos fixos, do contato móvel e da conexão à terra é tal que, para se conectar o seccionador à terra, antes há que se passar forçosamente pela posição aberta.

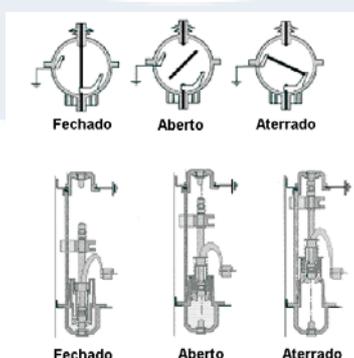


Figura 14 C

A Figura 14 C ilustra um exemplo desta disposição, sendo uma para movimento linear e a outra para o movimento giratório do contato móvel.

É importante ressaltar que, somente os dispositivos que atendem por norma este seccionamento efetivo, podem ser usados para este propósito. Em outros casos, em que não é possível a comprovação visível do seccionamento, é necessário adicionar um seccionador no circuito.

2ª regra: Intertravamento ou bloqueio, se for possível, dos equipamentos que realizaram a interrupção visível ou efetivo, e sinalização no comando dos mesmos.

O objetivo desta segunda regra é impedir que os seccionamentos visíveis ou efetivo das possíveis fontes estabelecidas segundo a primeira regra, sejam anuladas por um fechamento intempestivo do dispositivo de seccionamento.

Trata-se de assegurar que não sejam produzidos fechamentos intempestivos dos dispositivos, seja por falha técnica, erro humano ou causas imprevistas.

Este bloqueio ou intertravamento pode ser de vários tipos: mecânico, elétrico, pneumático ou físico.

O bloqueio mecânico consiste em imobilizar o comando do equipamento por meio de cadeados, fechaduras, etc.

O bloqueio elétrico consiste em impedir o funcionamento do equipamento por meio da abertura de um circuito de comando e acionamento elétrico.

O bloqueio pneumático consiste em impedir o acionamento do equipamento, atuando sobre a alimentação de ar comprimido.

O bloqueio físico consiste em colocar entre os contatos do equipamento um elemento isolante que impeça fisicamente o fechamento destes contatos.

Esta 2ª regra indica ainda que, além dos bloqueios ou intertravamentos estabelecidos nos equipamentos de manobra, devem ser colocados nos comandos dos mesmos cartazes, placas ou outros elementos de sinalização, que indiquem a proibição de manobrá-los.

3ª regra: Comprovação da ausência de tensão.

A verificação da ausência de tensão se faz por meio de equipamento adequado, para comprovar que não há tensão naquela parte da instalação elétrica.

Esta verificação deve ser feita pelo menos no lugar onde se vai realizar o trabalho e em todos os pontos onde foram abertas as possíveis fontes de tensão. Esta comprovação deve ser efetuada sempre sob o pressuposto de que existe tensão. Portanto, devem ser tomadas as seguintes precauções:

- Usar todos os equipamentos de proteções adequados;
- Manter as distâncias de segurança;

- Comprovar a ausência de tensão em todos os condutores e equipamentos. Portanto, nas três fases do sistema trifásico.

Por razões de segurança, durante os ensaios deve-se considerar que todo condutor ou equipamento está com tensão, enquanto não se demonstre o contrário.

Os equipamentos para comprovar a ausência de tensão são denominados detetores, ou verificadores de ausência de tensão. Este detetor, ao entrar em contato ou na proximidade imediata do elemento em tensão, dá um sinal luminoso, acústico ou ambos.

Cada detetor tem um campo de utilização definido por uma tensão inferior e uma superior (por exemplo: 6 kV a 25 kV, 25 kV a 110 kV etc.) fora do qual não deve ser utilizado. Imediatamente antes e depois de sua utilização, deve-se comprovar o correto funcionamento do detetor.

Esta comprovação pode ser feita:

- tocando o detetor em uma parte da instalação (que se tem certeza de que está em tensão) onde o detetor deve atuar;
- empregando um dispositivo de comprovação que gera uma média tensão. Ao tocar o detetor, este deve atuar. Alguns tipos de detetores, como os ópticos de duas lâmpadas e os óptico-acústicos, já incorporam um dispositivo de comprovação, sendo, portanto, autocomprovantes. Estes verificadores de ausência de tensão somente detectam tensões de caráter alternado. Portanto, não detectam tensões de caráter contínuo, que podem estar armazenadas nos capacitores, cabos e linhas aéreas. Os problemas de segurança devido à energia, em caráter contínuo, armazenada, são resolvidos pela aplicação da 4ª regra de segurança.

4ª regra: Prover o aterramento e curto-circuito de todas as possíveis fontes de tensão.

Diz-se que uma instalação elétrica está aterrada quando está diretamente conectada à terra mediante elementos condutores, contínuos, sem soldas nem conectores.

Diz-se que uma instalação elétrica está em curto-circuito quando todos os seus elementos condutores estão diretamente unidos (conectados) entre si por condutores de resistência (impedância) desprezível.

Em conseqüência, todos estes elementos curto-circuitados estão equipotencializados.

Segundo esta 4ª regra, todas as possíveis fontes de tensão devem conectar-se à terra e em curto-circuito de uma só vez. Esta conexão à terra e em curto-circuito é considerada, portanto, uma operação conjunta, que se realiza com um mesmo equipamento.

A operação de conexão à terra e em curto-circuito deve ser feita em, pelo menos, dois pontos: uma na proximidade do ponto de seccionamento visível ou efetivo, e a outra na proximidade mais próxima possível do lugar onde se realizará o trabalho.

Nas instalações elétricas é possível realizar dois tipos de conexão à terra e em curto-circuito. Trata-se de um condutor conectado eletricamente à terra por um tipo, e por outro conectado por um seccionador de aterramento, que, ao fechar os contatos, conecta a instalação ao condutor de terra.

5ª regra: Colocar as sinalizações de segurança adequadas, delimitando a zona de trabalho.

Esta 5ª e última regra consiste em sinalizar e delimitar a zona de trabalho ou a zona de perigo (zona em tensão), com os seguintes elementos: sinais (placas, cartazes, adesivos, bandeirolas, etc.), de cores e formas normalizadas, e com desenhos, frases ou símbolos com a mensagem de prevenção de riscos de acidentes.

A delimitação da zona de trabalho ou de perigo consiste em marcar seus limites. Os elementos empregados na delimitação devem ser fluorescentes, e para os trabalhos noturnos, devem ser complementados com luzes autônomas e intermitentes, como sinal de atenção.

Todas as operações e / ou manobras necessárias para o cumprimento destes preceitos devem ser realizadas, sempre e em sua totalidade, antes de se iniciar o trabalho naquela parte da instalação, e devem ser feitas na mesma ordem em que foram enunciadas, ou seja: primeiro estabelecer a interrupção visível ou efetiva, depois realizar os intertravamentos e bloqueios. Em seguida, comprovar a ausência de tensão, aterrar e curto-circuitar as partes vivas e, finalmente, colocar a sinalização de delimitação.

Finalização de trabalhos

Uma vez realizados os trabalhos de manutenção, procede-se o retorno da instalação as suas condições iniciais. Para isto, proceder na ordem inversa à das cinco regras de segurança:

- 1º: Retirar a sinalização de segurança e delimitação,
- 2º: Retirar o aterramento e o curto-circuito,
- 3º: Retirar os intertravamentos e bloqueios nos comandos dos equipamentos de manobra;
- 4º: Refazer os procedimentos ou manobras de seccionamento visual ou efetivo.

[Voltar para a Norma](#)



ITEM DA NORMA

8.1.4 Os acessos de entrada e saída aos locais de manutenção devem ser desobstruídos, sendo obrigatória a inclusão de sinalização adequada que impossibilite a entrada de pessoas não BA4 e BA5, conforme tabela 12.

COMENTÁRIO 8.1.4.C

A nova norma de média tensão classifica as pessoas quanto à competência, segundo a tabela 13. Observe que, como o escopo da norma é “instalações elétricas de média tensão”, logicamente a competência da pessoa deve ser em instalação elétricas de média tensão.

Outro instrumento legal deve ser aplicado, principalmente para auxiliar quem é BA4 e quem é BA5. Este instrumento é a NR-10, a Norma Regulamentadora número 10 do Ministério do Trabalho e Emprego.

A NR-10 determina que, para se realizar trabalhos em eletricidade, as pessoas devem ser autorizadas pela empresa. Portanto, surge o profissional autorizado formalmente pela empresa a realizar serviços elétricos na sua instalação. A capacitação no âmbito da NR-10 é condição necessária, mas não é suficiente para que um profissional possa realizar operações no sistema elétrico da empresa.

Vejamos um exemplo de qualificação e não autorização: um diretor de marketing de uma empresa, que é um engenheiro eletricista, certamente é qualificado, mas pode não ser autorizado pela empresa a realizar trabalhos nas suas instalações.

A NR-10 estabelece alguns critérios para que uma pessoa seja autorizada:

- A pessoa deve ser uma pessoa qualificada ou capacitada;
- O profissional autorizado a trabalhar em instalações elétricas deve ter essa condição consignada no sistema de registro de empregado da empresa. Isto evidencia que a autorização deve ser de caráter permanente, fazendo parte da função do profissional.

O acesso a áreas que contém equipamentos elétricos depende principalmente da proteção contra choque elétrico por contato direto adotada.

As medidas de proteção contra choque elétrico por contato direto podem ser divididas em dois grupos: as medidas de proteção completas e as medidas de proteções parciais. As medidas completas são utilizadas em locais acessíveis a pessoas BA0, e as medidas parciais são utilizadas em locais em que o acesso é exclusivo a pessoas BA4 e BA5.

São consideradas medidas completas a proteção por isolamento e proteção por invólucros ou barreiras.

A isolamento é destinada a impedir todo contato com as partes vivas da instalação elétrica. As partes vivas devem ser completamente recobertas por uma isolamento que só possa ser removida através de sua destruição. As partes vivas devem estar no interior de invólucros ou atrás de barreiras que confirmam pelo menos o grau de proteção IP3X, conforme a NBR 6146. São consideradas medidas de proteção parcial a utilização de obstáculos com grau de proteção inferior a IP3X e a colocação fora de alcance.

Medidas de proteção contra choque elétrico em uma cabine primária

A medida de proteção adotada em uma cabine primária depende da filosofia utilizada em seu projeto e construção. Em uma cabine onde foram utilizados como componentes cubículos metálicos e cabos isolados, a proteção deve ser completa e o acesso sem restrição. No entanto, a operação dos sistemas elétricos continua restrita a profissionais autorizados pela empresa. É importante lembrar que somente podem ser autorizados os profissionais qualificados e capacitados segundo a NR-10.

A forma mais comum de projeto e construção de cabines primárias no Brasil é em alvenaria, com barramento nu sobre isoladores. Neste caso, as medidas totais de proteção contra choque são inviáveis tecnicamente. A medida de proteção mais comum utilizada em cabines primária é a parcial.

A norma de instalações elétricas de média tensão, desde a sua antiga edição, publicada como NB 79:1967, prescreve como base para a aplicação desta medida os espaçamentos definidos nas figuras 7-a), 7-b) e 8. Note que, na legenda, a área de circulação x é exclusiva para pessoas BA4 e BA5, e isto, desde 1967.

A norma técnica brasileira de instalações elétricas de média tensão – a NBR 14039 – e a Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego que trata de serviços em eletricidade – a NR-10 –, definem as condições mínimas de segurança para uso e trabalho com eletricidade.

A pretensa necessidade de acesso e operação de disjuntores em cabines primárias por profissionais que não são adequados vem de decisões administrativas que não levam em conta as razões de segurança – por mais absurdo que isso possa parecer. E o pior: as decisões são tomadas por quem não tem conhecimento mínimo sequer dos perigos que a eletricidade pode oferecer, novamente baseadas em premissas puramente administrativas.

Portanto, o acesso de pessoas não qualificadas para o trabalho em eletricidade não tem nenhum respaldo técnico ou legal, podendo ser perigoso para quem faz e podendo também comprometer civil e criminalmente a empresa e o responsável técnico pela instalação elétrica da empresa, mesmo no caso do responsável técnico que obedece a uma ordem de superiores, pois a ninguém é dado o direito de executar ordens que coloquem em perigo a vida e a saúde de outras pessoas, conforme o artigo 132 do Código Penal Brasileiro.

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

8.1.7 *É obrigatório o uso de EPC (equipamentos de proteção coletiva) e EPI (equipamentos de proteção individual) apropriados, em todos os serviços de manutenção das instalações elétricas de média tensão.*

COMENTÁRIO 8.1.7.C

Os EPI's e os EPC's necessários ao trabalho devem ser definidos pela área de segurança do trabalho da empresa, para cada atividade. Para isto, é necessário consultar a seção 5.7 desta norma e as seguintes Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego:

- NR-6-Equipamento de Proteção Individual
- NR-10 Instalações e Serviços em Eletricidade,
- NR-18, Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção (no caso de canteiro de obras).

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

8.2 Manutenção

COMENTÁRIO 8.2.C

Na realização das atividades de manutenção preventiva não se pode retirar as proteções, como por exemplo, as barreiras, os obstáculos ou os invólucros.

Esta regra vale para os trabalhos realizados em instalações de acordo com esta norma, que não se aplica a trabalhos em circuitos energizados (ver item 1.8 alínea c).

Para trabalhos em circuitos energizados, vale somente a NR-10, e os mesmos só podem ser realizados por profissionais capacitados e autorizados formalmente pela empresa

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

9.1.1 *As subestações podem ser abrigadas ou ao tempo. Quanto à sua posição em relação ao solo, podem ser instaladas na superfície, abaixo da superfície do solo (subterrânea) ou acima da superfície do solo (aérea).*

COMENTÁRIO 8.2.C

Quando a subestação contiver os equipamentos de medição para o registro do consumo de energia e de proteção geral, deve-se consultar a concessionária de energia elétrica sobre as restrições quanto ao posicionamento da subestação.

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

9.1.6 *O acesso a subestações somente é permitido a pessoas BA4 e BA5, sendo proibido o acesso a pessoas BA1.*

COMENTÁRIO 9.1.6.C

Ver [8.1.4.C](#).

[Voltar para a Norma](#)



ITEM DA NORMA

9.1.12 *Nas instalações de equipamentos que contenham líquido isolante inflamável com volume superior a 100 L devem ser observadas as seguintes precauções:*

- a) construção de barreiras incombustíveis entre os equipamentos ou outros meios adequados para evitar a propagação de incêndio;*
- b) construção de dispositivo adequado para drenar ou conter o líquido proveniente de eventual vazamento.*

COMENTÁRIO 9.1.12.C

O sistema de proteção contra fuga de líquido isolante, denominado passivo, consiste em um recipiente de coleta de óleo, um sistema corta-chama e um tanque acumulador. Além disso, é exigido que a edificação seja resistente ao fogo (teto e paredes), e que as portas, aberturas de ventilação, etc., sejam todas de material metálico (normalmente aço). Esta última precaução adota-se também habitualmente em subestações com transformadores a seco.

Esta revisão da NBR 14039 define qual é o limite aceitável para que o transformador tenha que possuir proteção contra vazamento de óleo. Enquanto que na norma antiga, a NB 79:1967, e na edição NBR 14039:2000, a prescrição era feita levando-se em conta a potência do transformador, na norma atual, a NBR 14039:2003, esta prescrição é feita considerando-se o volume de óleo do transformador.

Ou seja, antes a norma prescrevia que, em instalações contendo transformadores de 500 kVA, ou maiores, que utilizassem líquido isolante inflamável deveriam ser providos de um depósito de líquido ou uma combinação de depósito individual e um tanque de contenção. Atualmente, a norma estabelece que transformadores e outros equipamentos que contenham 100 litros ou mais de líquido isolante atendam a esse requisito, independentemente de sua potência.

Implementação da proteção contra fuga de líquido isolante

A norma prescreve a utilização de dispositivos que possam drenar e conter o óleo proveniente do transformador. Tais dispositivos devem ser construídos nas subestações de transformação.

Os depósitos e tanques de contenção podem ser projetados utilizando-se uma das opções dadas a seguir:

- depósito com tanque de contenção integrado para todo o fluido (figura 15 C);

- depósito com tanque de contenção separado. Onde existem vários depósitos, os canos de drenagem podem conduzir para um tanque de contenção comum, que deverá ser capaz de conter o fluido do maior transformador (figura 16 C);
- depósito com tanque de contenção comum para vários transformadores. Deverá ser capaz de reter o fluido do maior transformador (figura 17 C);
- Piso impermeável com soleira apropriada, de acordo com o item 5.8.3 (figura 18 C).

No caso de instalações desabrigadas, recomenda-se que o comprimento e largura do depósito seja igual ao comprimento e largura dos transformadores, mais 20% da altura de cada lado do transformador. Esta recomendação foi apresentada no relatório 23-07 do CIGRE da sessão de 1972.

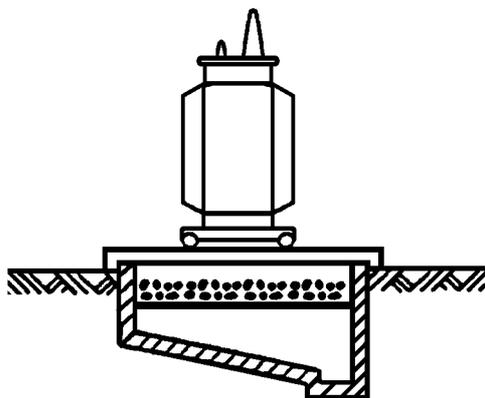


Figura 15 C

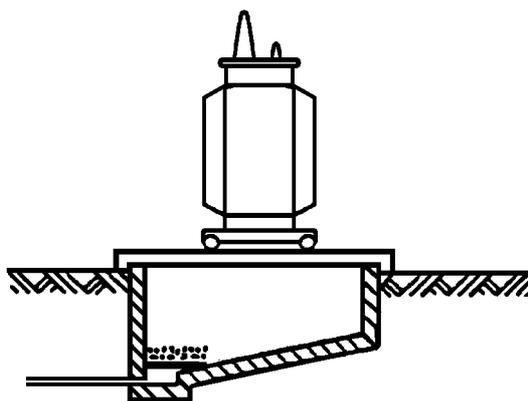


Figura 16 C

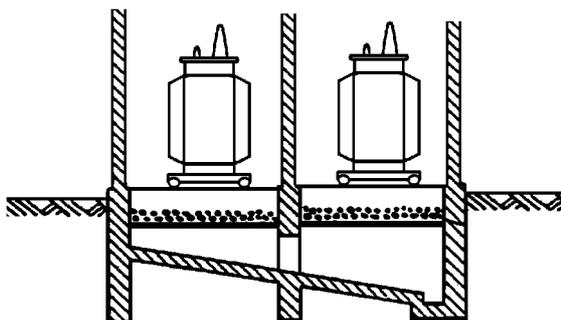


Figura 17 C

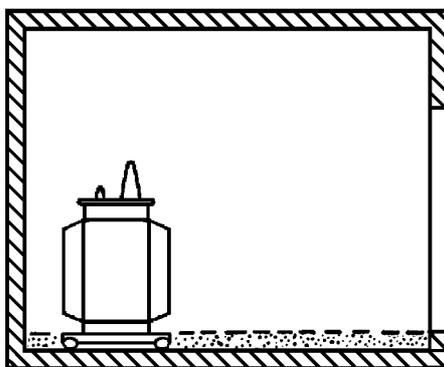


Figura 18 C

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

9.2.1.3 *As subestações devem ter iluminação artificial, obedecendo aos níveis de iluminamento fixados pela NBR 5413, e iluminação natural, sempre que possível. As janelas e vidraças utilizadas para este fim devem ser fixas e protegidas por meio de telas metálicas resistentes, com malhas de 13 mm, no máximo, e de 5 mm, no mínimo, quando sujeitas a possíveis danos. O uso de vidro aramado dispensa a tela de proteção.*

As subestações devem ser providas de iluminação de segurança, com autonomia mínima de 2 h.

COMENTÁRIO 9.2.1.3.C

Iluminação natural

A iluminação natural é realizada através de janelas, que devem ser protegidas por uma grade de modo que impeça o contato direto com as partes sob tensão. Na medida do possível, a parte inferior das janelas não deve estar a menos de 2 m acima do solo. Entretanto, esta altura pode ser diminuída se forem tomadas disposições construtivas para evitar os riscos de acidente ou de avaria dos componentes.

Iluminação artificial

A iluminação elétrica artificial do local deve ser suficiente para permitir uma utilização segura e fácil. A instalação de alimentação da iluminação é efetuada em baixa tensão, conforme a norma NBR 5410. Quando existe uma possibilidade de alimentação por uma fonte de substituição, a iluminação elétrica do local deve ser alimentada por esta fonte.

Os focos luminosos devem ser dispostos de forma que os equipamentos de seccionamento não fiquem em uma zona de sombra, e que permita a leitura correta dos aparelhos de medição.

O local e o modo de fixação das luminárias devem ser tais que a troca de lâmpadas possa ser realizada sem nenhuma interferência com a instalação de média tensão, e sem risco para os operadores, respeitando todas as medidas de proteção adotadas na subestação.

Os interruptores devem ser colocados na proximidade da porta de acesso, e é conveniente se prever um aparelho de iluminação portátil munido de uma bateria no interior da subestação.

[Voltar para a Norma](#)



ITEM DA NORMA

9.2.1.4 *As subestações devem possuir ventilação natural, sempre que possível, ou forçada.*

COMENTÁRIO 9.2.1.4.C

As subestações devem ser, se necessário, providas de meios (tais como aquecimento, secadores de ar, ventilação forçada) para evitar uma eventual condensação, qualquer que seja a disposição prevista para assegurar o resfriamento dos equipamentos.

O resfriamento é caracterizado pela velocidade e temperatura do ar de ventilação, assim como pela orientação do fluxo de ar em relação ao equipamento a resfriar.

Ventilação natural

Para assegurar uma boa refrigeração de um transformador de ventilação natural, instalado em uma célula fechada, deve-se prever uma admissão de ar fresco de 4 a 5 m³/min/kW de perda.

O ar não deve ser tomado em locais onde a temperatura já foi elevada ou contém poeiras danosas, vapores ou poeiras inflamáveis.

Toda subestação deve ter (figura 19 C):

- na parte inferior, uma ou mais tomadas de ar exteriores, cuja borda inferior esteja situada pelo menos a 20 cm do piso interno;
- na parte superior, saídas de ar para o exterior. Deve-se assegurar, pela disposição das superfícies de tomada e saída de ar, que a circulação do ar contribua efetivamente para o resfriamento desejado em todas as condições.

Os dispositivos de ventilação devem ser estabelecidos de forma que sejam evitadas:

- toda possibilidade de contato ou aproximação dos condutores sob tensão por introdução no local de hastes ou fios condutores de um diâmetro superior a 2,5 mm vindo do exterior (IP3x);
- penetração de água;
- entrada de animais suscetíveis de provocar incidentes.

As dimensões dos orifícios são geralmente determinadas por cálculo: pode-se prever, em uma primeira aproximação, uma superfície de entrada de ar fresco de 1 m^2 para cada 10 kW de perdas, favorecendo a circulação do ar por um desnível da ordem de 3 m entre as tomadas de ar inferiores e as saídas superiores. Em geral, adota-se uma abertura de saída de ar quente com uma superfície de 10% maior àquela de entrada de ar fresco.

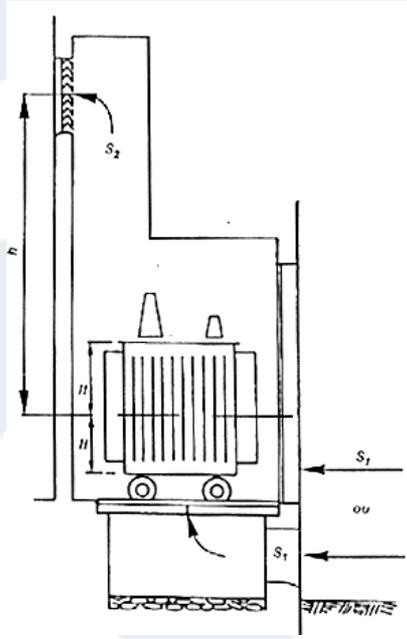


Figura 19 C

Ventilação forçada

Quando a disposição do local ou a potência térmica a evacuar não permitir a utilização da ventilação natural, é necessário recorrer a uma ventilação forçada.

A quantidade de ar na ventilação deve ser determinada a partir dos seguintes dados:

- a quantidade de ar a evacuar;
- a diferença admissível entre as temperaturas do local e do ar exterior no verão.

[Voltar para a Norma](#)



ITEM DA NORMA

9.2.2 Instalações na superfície e acima da superfície do solo

As subestações devem ser providas de portas metálicas, com dimensões mínimas de 0,80 m x 2,10 m. Todas as portas devem abrir para fora.

COMENTÁRIO 9.2.2.C

As portas devem ser concebidas para permitir o acesso das pessoas e dos equipamentos. Por isso a exigência do vão de 0,80 m x 2,10 m. Pode-se ter duas portas: uma para o acesso de pessoas, para a operação, e uma para a entrada dos equipamentos, sendo que, se for conveniente, a porta para o acesso das pessoas pode ser parte integrante da porta de acesso dos equipamentos.

Embora não esteja explicitado no item 9.2.2 da norma, pode se concluir pelo restante da norma que as portas devem:

- ser completamente livres para abrir;
- ser providas de um dispositivo que lhe mantenham em posição de aberto;
- apresentar uma rigidez suficiente;
- evitar penetração de água.

Embora a norma brasileira permita o uso de fechaduras normais nas subestações de média tensão, alguns requisitos mais rígidos, que já existem em normas de outros países e que são muito convenientes do ponto de vista de segurança, também podem ser aplicados. Estes requisitos exigem que as portas sejam munidas de:

- dispositivo que permita colocar um cadeado quando a porta estiver fechada;
- fechadura que permite a abertura sem chave no interior;
- uma maçaneta exterior;
- um dispositivo que permita abrir no interior do local por simples pressão do corpo.



ITEM DA NORMA

9.4.3 Quando a subestação de transformação fizer parte integrante da edificação industrial, somente é permitido o emprego de transformadores a seco. Quando forem utilizados disjuntores com líquidos isolantes não inflamáveis, estes devem ter um volume de líquido por pólo inferior a 1 L.

COMENTÁRIO 9.4.3.C

No caso da edificação para uso industrial, local onde a norma subentende que há pessoal de manutenção trabalhando no local, pode-se concluir que a subestação não é parte integrante da edificação, para efeito da aplicação de transformadores, nas seguintes situações:

- Quando a subestação está fora da edificação, mesmo que esteja no interior da propriedade (figura 20 C);
- Quando a subestação está no interior da edificação, mas as portas abrem para fora da edificação (figura 21 C), e a subestação é separada do interior da edificação por paredes de alvenaria, não havendo nenhuma abertura para dentro, por exemplo, para ventilação;
- Quando a subestação está no interior da edificação, e as portas abrem para dentro da edificação (figura 22 C), e se são portas corta fogo e a subestação é separada do interior da edificação por paredes de alvenaria, não havendo nenhuma outra abertura para dentro, por exemplo, para ventilação;
- Quando a subestação está totalmente no interior da edificação, e as portas abrem para dentro da edificação (figura 23 C), e a subestação é separada do interior da edificação por paredes de alvenaria mas não há nenhuma abertura na alvenaria, por exemplo, para ventilação.

S/E

The diagram shows a rectangular box representing a substation (S/E) positioned above a larger, empty rectangular box representing the interior of a building. A horizontal line separates the two boxes, indicating a wall or barrier between the substation and the building's interior.

Figura 20C

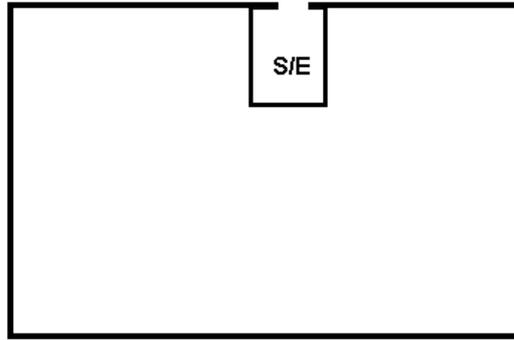


Figura 21 C

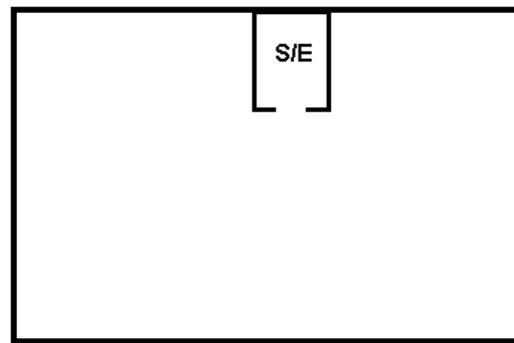


Figura 22 C

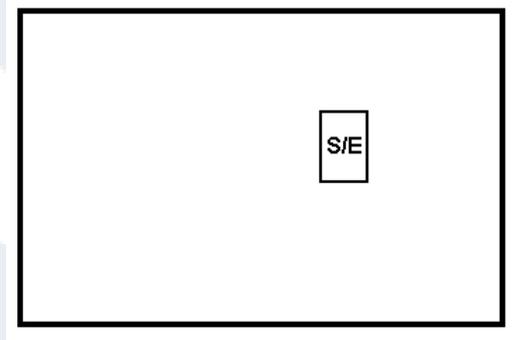


Figura 23 C

[Voltar para a Norma](#)



[Voltar para a Norma](#)

ITEM DA NORMA

9.4.4 *Quando a subestação de transformação fizer parte integrante da edificação residencial e/ou comercial, somente é permitido o emprego de transformadores a seco, mesmo que haja paredes de alvenaria e portas corta-fogo. Quando forem utilizados disjuntores com líquidos isolantes não*

COMENTÁRIO 9.4.4.C

No caso da edificação para uso residencial ou comercial, local onde a norma subentende que não há pessoal de manutenção trabalhando no local, pode-se concluir que a subestação não é parte integrante da edificação, para efeito da aplicação de transformadores, somente quando a mesma está fora da edificação, mesmo que esteja no interior da propriedade (figura 20 C).

Em todas as outras situações, onde a subestação está no interior da edificação (figuras 21 C, 22 C e 23 C), a subestação é parte integrante da edificação.

[Voltar para a Norma](#)

ANEXO C.1

O código IP é apresentado na NBR 6146 (norma baseada na IEC 60529). IP significa *International Protection*, e este código permite descrever os graus de proteção proporcionados pelos invólucros contra a aproximação das partes energizadas, a penetração de corpos sólidos estranhos e contra os efeitos nocivos da água, por meio dos códigos descritos a seguir.

É importante ressaltar que este código normalizado está destinado ao uso nas normas dos produtos e, no caso dos quadros e caixas, não especifica as características de montagens internas, como por exemplo, as distâncias mínimas entre as partes vivas e o invólucro.

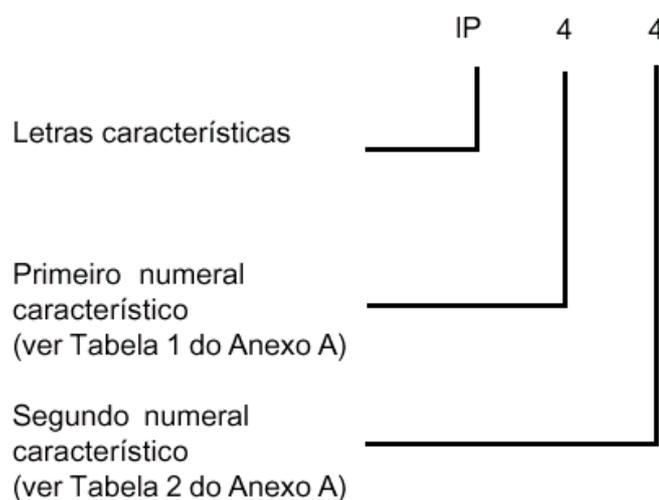


Figura 1.A

Numeral característico único

Quando houver necessidade de indicar a classe de proteção apenas por meio de um numeral característico, o numeral omitido deve ser substituído pela letra X. Por exemplo, IPX5 ou IP2X.

Graus de proteção - Primeiro numeral característico

O primeiro numeral característico indica o grau de proteção dado pelo invólucro em relação às pessoas e ao equipamento no seu interior.

A tabela 1.A descreve, sumariamente, na 3ª coluna, os objetos que, para cada grau de proteção representado pelo primeiro numeral característico, “não devem poder penetrar” no interior do invólucro.

A expressão “não devem poder penetrar” significa que partes do corpo humano, ferramentas ou fios seguros por uma pessoa, não podem penetrar no invólucro, ou, se isto ocorrer, será mantida uma distância suficiente para as partes vivas ou partes móveis perigosas (eixos lisos em rotação ou similares não são considerados perigosos).

A 3ª coluna da tabela 1.A fornece também as dimensões mínimas dos corpos sólidos estranhos que não podem penetrar.

Uma vez satisfeito o grau de proteção declarado de um invólucro, estarão também satisfeitos todos os graus inferiores de proteção da tabela 1.A. Em consequência, não será necessária a realização dos ensaios de verificação dos graus inferiores de proteção.

Graus de proteção - Segundo numeral característico

O segundo numeral característico indica o grau de proteção dado pelo invólucro, tendo em vista a penetração prejudicial de água. A tabela 2.A descreve, na 3ª coluna, o tipo de proteção previsto para o invólucro, para cada um dos graus de proteção representados pelo segundo numeral característico.

Uma vez satisfeito o grau de proteção declarado de um invólucro, estarão também satisfeitos todos os graus inferiores de proteção da tabela 2.A. Em consequência, não será necessária a realização dos ensaios de verificação dos graus inferiores de proteção.

Tabela 1.A – Primeiro numeral característico

PRIMEIRO NUMERAL CARACTERÍSTICO	GRAU DE PROTEÇÃO	
	Descrição sucinta	Corpos que não devem penetrar
0	Não protegido	Sem proteção especial
1	Protegido contra objetos sólidos maiores que 50 mm	Uma grande superfície do corpo humano, como a mão (mas nenhuma proteção contra uma penetração deliberada). Objetos sólidos cuja menor dimensão é maior que 50 mm
2	Protegido contra objetos sólidos maiores que 12 mm	Os dedos ou objetos similares, de comprimento não superior a 80 mm. Objetos sólidos cuja menor dimensão é maior que 12 mm
3	Protegido contra objetos sólidos maiores que 2,5 mm	Ferramentas, fios, etc., de diâmetro ou espessura superior a 2,5 mm. Objetos sólidos cuja menor dimensão é maior que 2,5 mm
4	Protegido contra objetos sólidos maiores que 1,0 mm	Fios ou fitas de largura superior a 1,0 mm. Objetos sólidos cuja menor dimensão é maior que 1,0 mm
5	Protegido contra poeira	Não é totalmente vedado contra a penetração de poeira. Porém, a poeira não deve penetrar em quantidade suficiente para prejudicar a operação do equipamento
6	Totalmente protegido contra poeira	Nenhuma penetração de poeira

Tabela 2.A - Segundo numeral característico

SEGUNDO NUMERAL CARACTERÍSTICO	GRAU DE PROTEÇÃO	
	Descrição sucinta	Corpos que não devem penetrar
0	Não protegido	Sem proteção especial
1	Protegido contra quedas verticais de gotas d'água	As gotas d'água (caindo na vertical) não devem ter efeitos prejudiciais
2	Protegido contra queda de gotas d'água para uma inclinação máxima de 15 o	A queda de gotas d'água vertical não deve ter efeitos prejudiciais quando o invólucro estiver inclinado em 15 o para qualquer lado de sua posição normal
3	Protegido contra água aspergida	Água aspergida de um ângulo de 60° da vertical não deve ter efeitos prejudiciais
4	Protegido contra projeções d'água	Água projetada de qualquer direção contra o invólucro não deve ter efeitos prejudiciais
5	Protegido contra jatos d'água	Água projetada de qualquer direção por um bico contra o invólucro não deve ter efeitos prejudiciais
6	Protegido contra ondas do mar	Água proveniente de ondas ou projetada em jatos potentes não deve penetrar no invólucro em quantidades prejudiciais
7	Protegido contra imersão	Não deve ser possível a penetração de água, em quantidades prejudiciais, no interior do invólucro imerso em água, sob condições definidas de tempo e pressão
8	Protegido contra submersão	O equipamento é adequado para submersão contínua em água, nas condições especificadas pelo fabricante. Nota: Normalmente, isto significa que o equipamento é hermeticamente selado, mas para certos tipos de equipamento, pode significar que a água pode penetrar em quantidade que não provocará efeitos prejudiciais.

[Voltar para a Norma](#)



ANEXO C.2

CÓDIGO ANSI

Cód.	DESCRIÇÃO
1	Elemento principal
2	Relé de partida ou fechamento temporizado (partida estrela / triângulo)
3	Relé de verificação ou interbloqueio
4	Contator principal
5	Dispositivo de interrupção
6	Disjuntor de partida
7	Disjuntor de anodo
8	Dispositivo de desconexão da energia de controle
9	Dispositivo de reversão
10	Chave de sequência das unidades
11	Reservado para futura aplicação
12	Dispositivo de sobrevelocidade
13	Dispositivo de rotação síncrona
14	Dispositivo de subvelocidade
15	Dispositivo de ajuste ou comparação de velocidade ou frequência
16	Reservado para futura aplicação
17	Chave de derivação ou de descarga
18	Dispositivo de aceleração ou desaceleração
19	Contator de transição partida-marcha
20	Válvula operada eletricamente
21	Relé de distância
22	Disjuntor equalizador
23	Dispositivo de controle de temperatura
24	Relé de sobreexcitação ou Volts por Hertz
25	Relé de verificação de sincronismo ou sincronização

Cód.	DESCRIÇÃO
26	Dispositivo térmico do equipamento
27	Relé de subtensão
27-0	Relé de subtensão de alimentação auxiliar
28	Reservado para futura aplicação
29	Contator de isolamento
30	Relé anunciador
31	Dispositivo de excitação
32	Relé direcional de potência
33	Chave de posicionamento
34	Chave de sequência operada através de motor
35	Dispositivo para operação das escovas ou curto circuitar os anéis do coletor
36	Dispositivo de polaridade
37	Relé de subcorrente ou subpotência
38	Dispositivo de proteção de mancal
39	Reservado para futura aplicação
40	Relé de perda de excitação
41	Disjuntor ou chave de campo
42	Disjuntor ou chave de operação normal
43	Dispositivo de transferência manual
44	Relé de sequência de partida
45	Reservado para futura aplicação
46	Relé de reversão ou balanceamento corrente de fase
47	Relé de sequência de fase de tensão
48	Relé de sequência incompleta (falta de fase)
49	Relé térmico para máquina ou transformador
49I	Relé térmico por imagem térmica
50	Relé de sobrecorrente instantâneo
50GS	Relé de sobrecorrente instantâneo sensível de terra
50N	Relé de sobrecorrente instantâneo de neutro
51	Relé de sobrecorrente temporizado
51GS	Relé de sobrecorrente temporizado sensível de terra

Cód.	DESCRIÇÃO
51N	Relé de sobrecorrente temporizado de neutro
51V	Relé de sobrecorrente temporizado com restrição de tensão
52	Disjuntor de corrente alternada
53	Relé para excitatriz ou gerador CC
54	Disjuntor de corrente contínua - alta velocidade
55	Relé de fator de potência
56	Relé de aplicação de campo
57	Dispositivo para aterramento ou curto circuito
58	Relé de falha de retificação
59	Relé de sobretensão
59GS	Relé de sobretensão sensível de terra
59N	Relé de sobretensão de neutro
60	Relé de balanço de tensão para queima de fusíveis
61	Relé de balanço de corrente
62	Relé de interrupção temporizado
62BF	Relé de falha de disjuntor
63	Relé de pressão de gás (Buchholz)
64	Relé de proteção de terra
65	Regulador
66	Dispositivo de supervisão do número de partidas
67	Relé direcional de sobrecorrente
68	Relé de bloqueio por oscilação de potência
69	Dispositivo de controle permissivo
70	Reostato eletricamente operado
71	Dispositivo de detecção de nível
72	Disjuntor de corrente contínua
73	Contator de resistência de carga
74	Relé de alarme
75	Mecanismo de mudança de posição
76	Relé de sobrecorrente CC
77	Transmissor de impulsos

Cód.	DESCRIÇÃO
78	Relé de medição de ângulo de fase ou de proteção contra falta de sincronismo
79	Relé de religamento
80	Reservado para futura aplicação
81	Relé de sub/sobrefrequência
82	Relé de religamento CC
83	Relé de seleção ou de transferência automática
84	Mecanismo de operação
85	Relé receptor de sinal de telecomunicação
86	Relé de bloqueio
87	Relé de proteção diferencial
88	Motor auxiliar ou motor gerador
89	Chave seccionadora
90	Dispositivo de regulagem
91	Relé direcional de tensão
92	Relé direcional de tensão e potência
93	Contator de variação de campo
94	Relé de desligamento
95	Usado para aplicação específica
96	Usado para aplicação específica
97	Usado para aplicação específica
98	Usado para aplicação específica
99	Usado para aplicação específica

[Voltar para a Norma](#)

NORMA
BRASILEIRA

ABNT NBR
14039

EMENDA 1
31.05.2005

Válida a partir de
30.06.2005

Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV

Electrical installations – Medium voltage

Palavras-chave: Instalação elétrica. Média tensão.
Descriptors: Electrical installation. Medium voltage.

ICS 26.020; 29.080.01



Número de referência
ABNT NBR 14039:2003/Emd.1:2005
1 página

© ABNT 2005

Todos os direitos reservados. A menos que especificado de outro modo, nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou utilizada em qualquer forma ou por qualquer meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia e microfilme, sem permissão por escrito pela ABNT.

Sede da ABNT

Av. Treze de Maio, 13 – 28º andar

20003-900 – Rio de Janeiro – RJ

Tel.: + 55 21 3974-2300

Fax: + 55 21 2220-1762

abnt@abnt.org.br

www.abnt.org.br

Impresso no Brasil

Prefácio

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais Temporárias (ABNT/CEET), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

Esta Emenda 1 da ABNT NBR 14039 foi elaborada no Comitê Brasileiro de Eletricidade (ABNT/CB-03), pela Comissão de Estudo de Instalações Elétricas de Alta e Média Tensão (CE-03:064.11). Seu Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 05, de 31.05.2004, com o número Projeto de Emenda ABNT NBR 14039.

Esta Emenda 1 de maio de 2005, em conjunto com a ABNT NBR 14039:2003, equivale à ABNT NBR 14039:2005.

Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV

EMENDA 1

Página 52, eliminar a seção 6.3.3.5.2.

Página 57, a seção 6.5.2.1 passa a ter a seguinte redação:

6.5.2.1 Transformadores de tensão

O secundário dos transformadores de tensão deve ser protegido contra os defeitos a jusante por fusíveis de baixa tensão, salvo em caso de equipamento da concessionária de distribuição de energia. Estes fusíveis devem ser colocados em um cofre com cadeado independente da alta tensão, sendo que o acesso aos transformadores deve ser possível somente após seccionamento de seu circuito primário.

Página 64, a seção 9.4.3 passa a ter a seguinte redação:

9.4.3 Quando a subestação de transformação fizer parte integrante da edificação industrial, somente é permitido o emprego de transformadores a seco. Quando forem utilizados disjuntores com líquidos isolantes não inflamáveis, estes devem ter um volume de líquido por pólo inferior a 1 L.

NOTA - Considera-se como parte integrante o recinto não isolado ou desprovido de paredes de alvenaria e portas corta-fogo.

Página 64, a seção 9.4.4 passa a ter a seguinte redação:

9.4.4 Quando a subestação de transformação fizer parte integrante da edificação residencial e/ou comercial, somente é permitido o emprego de transformadores a seco, mesmo que haja paredes de alvenaria e portas corta-fogo. Quando forem utilizados disjuntores com líquidos isolantes não inflamáveis, estes devem ter um volume de líquido por pólo inferior a 1 L.

[Voltar para a Norma](#)