

Capítulo III

Linhas elétricas – Parte 1

Por Eduardo Daniel*

As linhas elétricas de uma instalação de baixa tensão são tratadas pela Norma ABNT NBR 5410:2004 em sua seção 5.1.2.3.4 e seus requisitos estão definidos na seção 6.2.

A seleção e a instalação de linhas elétricas devem levar em conta os princípios fundamentais, definidos em 4.1 da ABNT NBR 5410:2004, que sejam aplicáveis aos condutores, suas terminações e emendas, aos suportes e suspensões a eles associados e aos seus invólucros ou métodos de proteção contra influências externas.

É importante lembrar que 15 princípios fundamentais se repetem ao longo da norma e constituem o cerne de critérios para garantir a segurança da instalação. São eles:

- Proteção contra choques elétricos;
- Proteção contra efeitos térmicos;
- Proteção contra sobrecorrentes;
- Circulação de correntes de falta;
- Proteção contra sobretensões;
- Serviços de segurança;
- Desligamento de emergência;
- Seccionamento;
- Independência da instalação elétrica;

- Acessibilidade dos componentes;
- Seleção dos componentes;
- Prevenção de efeitos danosos ou indesejados;
- Instalação dos componentes;
- Verificação da instalação;
- Qualificação profissional.

As partes mais críticas de uma linha elétrica são os condutores vivos (fases e neutros, no caso de corrente alternada) e suas prescrições são detalhadas a seguir. Para os condutores de proteção, as prescrições serão detalhadas mais adiante.

Os tipos de linhas elétricas que podem ser adotados estão indicados na tabela 33 da referida norma, onde estão descritas 75 configurações, desde condutores em eletrodutos, canaletas, molduras, em alvenaria, até condutores e cabos enterrados diretamente ou em espaços construtivos. Outros tipos de linhas elétricas, além dos constantes na tabela 33, podem ser utilizados, desde que atendam às prescrições gerais.

As linhas pré-fabricadas (barramentos blindados) devem atender à norma ABNT NBR IEC 60439-2, serem

instaladas de acordo com as instruções do fabricante e atender às demais prescrições definidas em 6.2.4, 6.2.7, 6.2.8 e 6.2.9. Vale ressaltar que o uso mais generalizado de barramentos blindados, principalmente em edificações, teve como principal motivador os sistemas de medição descentralizados, onde os medidores de consumo de energia elétrica ficam instalados na alimentação das unidades de consumo.

Nesses casos, os barramentos puderam ser instalados em espaços construtivos, evitando a construção de prumadas individuais. Na edição 2004 da norma ABNT NBR 5410, este detalhamento ainda não existia, porém, pela demanda do mercado instalador, em 2011, foi publicada a ABNT NBR 16.019 – Linhas elétricas pré-fabricadas (barramentos blindados) de baixa tensão – requisitos para instalação, definindo uma série de medidas para garantir a qualidade das instalações desse tipo de produto.

Como as prescrições relativas à seleção e instalação das linhas elétricas estão voltadas especialmente para as linhas de energia, os condutores

envolvidos são, portanto, condutores ou cabos de potência. Assim, para uma orientação específica sobre cabos de controle, de instrumentação ou para outras linhas elétricas de sinal, a ABNT NBR 5410:2004 recomenda a consulta às normas aplicáveis a esses produtos e aos seus fabricantes. A mesma observação é válida para os cabos de potência de uso específico, como os de ligação de equipamentos, incluindo os de alta temperatura. Todos os condutores devem ser providos, no mínimo, de isolamento, a não ser quando o uso de condutores nus ou providos apenas de cobertura for expressamente permitido.

Os cabos uni e multipolares devem atender às seguintes normas:

a) Cabos com isolamento de EPR – ABNT NBR 7286;

b) Cabos com isolamento de XLPE – ABNT NBR 7287;

c) Cabos com isolamento de PVC – ABNT NBR 7288 ou ABNT NBR 8661.

É importante ressaltar que, desde a edição 2004, os cabos de acordo com a ABNT NBR 13249 não eram admitidos nas formas previstas de instalação, pois tais cabos destinam-se somente à ligação de equipamentos. Essa norma foi cancelada e substituída pela ABNT NBR NM 247-5 e também seus produtos não são permitidos.

Os condutores com isolamento de XLPE que atendem à ABNT NBR 7285, compreendendo condutores isolados e cabos multiplexados, são considerados cabos unipolares e cabos multipolares, respectivamente e, embora não providos de cobertura, tais condutores apresentam uma isolamento espessa o suficiente para garantir resultado equivalente ao de uma dupla camada formada por isolamento mais cobertura.

Os condutores isolados com isolamento de PVC de acordo com a ABNT NBR NM 247-3 devem apresentar características não propagantes de chama, ou seja, caso ocorra algum incêndio, a chama pode se propagar pelo condutor por uma distância limitada prevista em norma e verificada por ensaio de queima.

Os cabos não propagantes de chama, livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos devem atender à ABNT NBR 13248. Os cabos não propagantes de chama, livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos podem ser condutores isolados, cabos unipolares e cabos multipolares.

Os condutores de cobre sem isolamento (fios e cabos nus ou com cobertura protetora) devem atender à ABNT NBR 6524.

Quanto aos materiais metálicos condutores, os que são utilizados nas

linhas elétricas devem ser de cobre ou alumínio, sendo que, no caso do emprego de condutores de alumínio, seu uso só é admitido nas condições estabelecidas a seguir.

As restrições impostas ao uso de condutores de alumínio refletem o estado atual da técnica de conexões no Brasil. Soluções técnicas de conexões que atendam às normas ABNT NBR 9313, ABNT NBR 9326 e ABNT NBR 9513, e que, além disso, alterem aquelas restrições, devem ser consideradas em futura norma complementar.

Em instalações de estabelecimentos industriais, podem ser utilizados condutores de alumínio, desde que, simultaneamente:

- A seção nominal dos condutores seja igual ou superior a 16 mm²;
- A instalação seja alimentada diretamente por subestação de transformação ou transformador a partir de uma rede de alta tensão, ou possua fonte própria; e
- A instalação e a manutenção sejam realizadas por pessoas qualificadas (BA5, conforme tabela 18 da ABNT NBR 5410:2004).

Em instalações de estabelecimentos comerciais, podem ser utilizados condutores de alumínio, desde que, simultaneamente:

- A seção nominal dos condutores seja igual ou superior a 50 mm²;
- Os locais sejam exclusivamente BD1 (conforme tabela 21 da ABNT NBR 5410:2004); e
- A instalação e a manutenção sejam realizadas por pessoas qualificadas (BA5, conforme tabela 18 da ABNT NBR 5410:2004).

Em locais definidos como BD4 (tabela 21) não é permitido, em nenhuma circunstância, o emprego de condutores de alumínio.

Conforme citado acima, apesar de muito utilizado em outros países, o

mercado brasileiro de baixa tensão em edificações ainda não está preparado para a utilização do alumínio como condutor, principalmente pela qualificação da mão de obra existente no país e pelos produtos utilizados nas conexões.

Sob o ponto de vista das influências externas, as prescrições relativas à seleção e instalação das linhas são apresentadas na tabela 34 da ABNT NBR 5410:2004. A tabela 34 trata das seguintes influências externas:

- Temperatura ambiente;
- Altitude;
- Presença de água;
- Presença de corpos sólidos;
- Presença de substâncias corrosivas e poluentes;
- Choques mecânicos;
- Vibrações;
- Presença de flora ou mofo;
- Presença de fauna;
- Radiação solar;
- Competência das pessoas;
- Resistência elétrica do corpo humano;
- Contato das pessoas com o potencial de terra;
- Fuga das pessoas em emergência;
- Natureza dos materiais processados ou armazenados;
- Materiais de construção;
- Estrutura das edificações.

Deve ser considerada a capacidade de condução de corrente das linhas elétricas para garantir uma vida satisfatória a condutores e isolações submetidos aos efeitos térmicos produzidos pela circulação de correntes equivalentes às suas capacidades de condução durante períodos prolongados em serviço normal.

Outras considerações influenciam na determinação da seção dos condutores, tais como a proteção contra choques elétricos, proteção contra efeitos térmicos, proteção contra sobrecorrentes, queda de tensão,

bem como as temperaturas máximas admissíveis pelos terminais dos componentes da instalação aos quais os condutores são ligados.

São considerados na ABNT NBR 5410 os condutores isolados, cabos unipolares e cabos multipolares, cuja tensão nominal não seja superior a 0,6/1 kV, excluídos os cabos armados. Para cabos armados, a capacidade de condução de corrente deve ser determinada como indicado na ABNT NBR 11301.

Os métodos de referência são os métodos de instalação indicados na Norma IEC 60364-5-52, para os quais a capacidade de condução de corrente foi determinada por ensaio ou por cálculo, conforme a seguir:

- A1: condutores isolados em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante;
- A2: cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante;
- BI: condutores isolados em eletroduto de seção circular sobre parede de madeira;
- B2: cabo multipolar em eletroduto de seção circular sobre parede de madeira;
- C: cabos unipolares ou cabo multipolar sobre parede de madeira;
- D: cabo multipolar em eletroduto enterrado no solo;
- E: cabo multipolar ao ar livre;
- F: cabos unipolares justapostos (na horizontal, na vertical ou em trifólio) ao ar livre;
- G: cabos unipolares espaçados ao ar livre.

Nos métodos A1 e A2, a parede é formada por uma face externa estanque, isolamento térmico e uma face interna em madeira ou material análogo com condutância térmica de no mínimo 10 W/m².K. O eletroduto, metálico ou de plástico, é fixado junto à face interna (não necessariamente em contato

físico com ela). Nos métodos B1 e B2, o eletroduto, metálico ou de plástico, é montado sobre uma parede de madeira, sendo a distância entre o eletroduto e a superfície da parede inferior a 0,3 vezes o diâmetro do eletroduto.

No método C, a distância entre o cabo multipolar, ou qualquer cabo unipolar, e a parede de madeira é inferior a 0,3 vezes o diâmetro do cabo. No método D, o cabo é instalado em eletroduto (seja metálico, de plástico ou de barro) enterrado em solo com resistividade térmica de 2,5 K.m/W, a uma profundidade de 0,7 m.

Nos métodos E, F e G, a distância

TABELA 1 – FATORES DE CORREÇÃO
(TABELA 40 DA ABNT NBR 5410:2004)

TEMPERATURA °C	MATERIAL DA ISOLAÇÃO	
	PVC	EPR ou XLPE
AMBIENTE		
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91
45	0,79	0,87
50	0,71	0,82
55	0,61	0,76
60	0,50	0,71
65	-	0,65
70	-	0,58
75	-	0,50
80	-	0,41
Do SOLO		
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	-	0,60
70	-	0,53
75	-	0,46
80	-	0,38

entre o cabo multipolar ou qualquer cabo unipolar e qualquer superfície adjacente é de, no mínimo, 0,3 vezes o diâmetro externo do cabo, para o cabo multipolar, ou, no mínimo, uma vez o diâmetro do cabo, para os unipolares. No método G, o espaçamento entre os cabos unipolares é de, no mínimo, uma vez o diâmetro externo do cabo.

Para cada método de instalação dado na tabela 33, é indicado o método de referência no qual ele se enquadra, a ser utilizado para a obtenção da capacidade de condução de corrente.

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 35 da ABNT NBR 5410:2004 não seja ultrapassada. A capacidade de condução de corrente deve ser determinada conforme os métodos já comentados.

O valor da temperatura ambiente a ser utilizada é o da temperatura do meio circundante quando o condutor considerado não estiver carregado. Os valores de capacidade de condução de corrente fornecidos pelas tabelas 36 a 39 da ABNT NBR 5410:2004 referem-se a uma temperatura ambiente de 30°C para todas as maneiras de instalar, exceto as linhas enterradas, cujas capacidades se referem a uma temperatura (no solo) de 20°C. Se os condutores forem instalados em ambiente cuja temperatura seja diferente dos valores indicados, sua capacidade de condução de corrente deve ser determinada, usando-se as tabelas 36 a 39, com a aplicação dos fatores de correção dados na tabela 40 da ABNT NBR 5410:2004, reproduzida na Tabela 1.

Esses fatores de correção não consideram o aumento de temperatura devido à radiação solar ou outras radiações infravermelhas. Quando os condutores forem submetidos a tais radiações, as capacidades de condução de corrente devem ser calculadas pelos

métodos especificados na ABNT NBR 11301.

Com relação à resistividade térmica do solo, as tabelas 36 e 37 da ABNT NBR 5410:2004 trazem as capacidades de condução de corrente indicadas para linhas subterrâneas, válidas para uma resistividade térmica do solo de 2,5 K.m/W. Quando a resistividade térmica do solo for superior a 2,5 K.m/W, no caso de solos muito secos, os valores indicados nas tabelas devem ser adequadamente reduzidos, a menos que o solo na vizinhança imediata dos condutores seja substituído por terra ou material equivalente com dissipação térmica mais favorável. A tabela 41 fornece fatores de correção para resistividades térmicas do solo diferentes de 2,5 K.m/W.

Os valores de capacidade de condução de corrente indicados nas tabelas 36 e 37 para linhas subterrâneas referem-se apenas a percursos no interior ou em torno das edificações. Para outras instalações, quando for possível conhecer valores mais precisos da resistividade térmica do solo, em função da carga, os valores de capacidade de condução de corrente podem ser calculados pelos métodos especificados na ABNT NBR 11301.

No próximo capítulo, continuaremos com o assunto “linhas elétricas” a partir dos requisitos ligados ao agrupamento de circuitos.

** Eduardo Daniel é engenheiro electricista, pós-graduado em sistemas de potência, mestre em Energia pelo PPGE do Instituto de Eletrotécnica e Energia da USP. É consultor da MDJ Assessoria e Engenharia Consultiva, superintendente da Certiel Brasil e coordenador da Comissão de Estudos 03:64-001 do CB3 da ABNT, que revisa a norma de instalações elétricas de baixa tensão.*

CONTINUA NA PRÓXIMA EDIÇÃO

Acompanhe todos os artigos deste fascículo em www.osetoelettrico.com.br. Dúvidas, sugestões e comentários podem ser encaminhados para redacao@atitueditorial.com.br