

Seminários Técnicos 2003

Eletricistas e Técnicos



Módulo 3 B
Proteção das instalações elétricas de
baixa tensão contra os efeitos das
correntes de curto-circuito e sobrecargas
através de disjuntores e fusíveis

SIEMENS

SIEMENS

Seminários Técnicos Siemens 2003

Eletricistas e Técnicos

Módulo 03

Proteção das instalações elétricas de baixa tensão contra os efeitos das correntes de curtos-circuitos e sobrecargas através de disjuntores e fusíveis

Índice

	Página
1. Introdução	3
2. O curto-circuito nas instalações de BT	
2.1. Determinação das correntes de curto-circuito	4
2.2. Determinação da corrente de curto-circuito presumida	6
2.3. Exemplo Numérico	8
3. Escolha do dispositivo de proteção contra sobrecorrentes segundo a NBR 5410	
3.1. Coordenação entre condutores e dispositivos de proteção	13
4. Característica do Cabo	14
5. Disjuntores	
5.1. Alerta para a necessidade do valor de I^2t na NBR 5410	18
5.2. Seleção do disjuntor	18
5.3. Cálculo do K^2S^2 (Integral de Joule)	19
5.4. Normas de disjuntores no Brasil	19
5.5. Especificação correta de disjuntor	20
5.6. Capacidade de Interrupção	20
5.7. Disjuntor Termomagnético	21
6. Prescrições Relativas aos Fusíveis	
6.1. Prescrições da NBR 5410 relativa a fusíveis	22
6.2. Corrente nominal do fusível	23
6.3. Identificações do fusível	23
6.4. Categoria de utilização	23
6.5. Faixa de interrupção e capacidade de interrupção	24
6.6. Seletividade de fusíveis	25
6.7. Tipo de Fusíveis	26
6.8. Curvas	28
7. Estudo do caso – Instalações residenciais	29
8. Glossário	37
9. Apêndice	
9.1. Estabelecimento da corrente de curto-circuito	38
9.2. Corrente de curto-circuito para falta distante do gerador	39
9.3. Metodologia para o cálculo do curto-circuito	41
9.4. Modelo matemático para cálculo da corrente de curto-circuito	42
9.5. Transformadores MT/BT	43
9.6. Linhas Elétricas	44
9.7. Disjuntores	44
10. Anotações	44

1. Introdução

As instalações elétricas de baixa tensão são projetadas e executadas para conduzir a corrente de projeto, isto é, a corrente prevista para ser transportada por um circuito durante seu funcionamento normal. Mas estas instalações poderão, em casos de defeitos, estar sujeitas a condições anormais de funcionamento, estas condições provocam elevações do valor da intensidade de corrente elétrica que circula pelos condutores em relação ao valor da intensidade de corrente de projeto que foi utilizado como base para o dimensionamento da instalação. A NBR 5410 chama este regime de funcionamento, em que a intensidade de corrente é mais elevada que a intensidade de corrente de projeto, de sobrecorrentes. Dado que a instalação tem que sobreviver a estes defeitos ocasionais, o dimensionamento correto da instalação deverá oferecer proteção contra condições de sobrecorrente, isto é, condições em que a intensidade de corrente é superior ao valor projetado. Estas condições encontram-se subdivididas em sobrecargas e curtos-circuitos. Devido à natureza e valores diferentes das correntes associadas às condições de sobrecarga e de curto-circuito, como será visto posteriormente, as regras de proteção apresentadas pela norma brasileira são diferentes, isto porque, os modelos dos fenômenos físicos que representam cada condição são também diferentes.

De acordo com a terminologia oficial brasileira, definida na norma NBR IEC 50 (826), as definições para sobrecorrente, correntes de sobrecarga e corrente de curto-circuito são:

- **Sobrecorrente:** Corrente cujo valor excede o valor nominal. Para condutores, o valor nominal é a capacidade de condução de corrente.
- **Corrente de sobrecarga:** Sobrecorrente em um circuito, sem que haja falta elétrica.
- **Corrente de curto-circuito:** Sobrecorrente que resulta de uma falta, de impedância desprezível, entre condutores vivos que apresentam uma diferença de potencial em funcionamento normal.

Embora esta definição seja formalmente mais correta, devido às técnicas de detecção da sobrecorrente, que é, o procedimento pelo qual se constata que a intensidade de corrente, em um dado circuito, excede um valor especificado durante um tempo especificado, do ponto de vista prático pode-se dizer que as sobrecargas são condições de funcionamento que provocam uma elevação na intensidade de corrente pequena em relação ao valor de projeto. As instalações elétricas, em particular os condutores, podem suportar esta condição de funcionamento durante algum tempo sem sofrerem qualquer deterioração, no entanto, é uma condição anormal, e estas correntes deverão ser detectadas e interrompidas, por dispositivos adequados. Nas condições de curto-circuito a intensidade de corrente assume valores bastante elevados, em relação à corrente de projeto, as instalações elétricas, em particular os condutores, podem suportar esta condição de funcionamento durante um tempo muito curto sem sofrerem qualquer deterioração, portanto, nesta condição anormal, estas correntes deverão ser detectadas e interrompidas, pelos dispositivos de proteção muito rapidamente.

Segundo a NBR 5410 todos os condutores vivos devem ser protegidos por um ou mais dispositivos de seccionamento automático contra sobrecargas e contra curtos-circuitos. Além disso, na proteção contra sobrecargas e a proteção contra curtos-circuitos os dispositivos de proteção devem ser coordenados com os condutores do circuito. A proteção obtida, usando os procedimentos da NBR 5410, é a proteção dos condutores, o que não garante necessariamente a proteção dos equipamentos ligados a esses condutores. Os equipamentos a eles ligados devem ter sua proteção específica, e se necessário, incorporada no equipamento.

A norma estabelece para a condição de sobrecarga que, devem ser previstos dispositivos de proteção para interromper toda corrente de sobrecarga nos condutores dos circuitos antes que esta possa provocar um aquecimento prejudicial à isolação, às ligações, aos terminais ou às vizinhanças das linhas. Para a condição de curto-circuito a norma estabelece que, devem ser previstos dispositivos de proteção para interromper toda corrente de curto-circuito nos condutores dos circuitos, de forma a evitar que os efeitos térmicos e dinâmicos da corrente prevista possam causar a danificação dos condutores e/ou de outros elementos do circuito.

Segundo a NBR 5410, todos os condutores vivos devem ser protegidos, e segundo a mesma norma são condutores vivos as fases e o neutro. No Brasil os profissionais não têm o hábito de proteger o neutro nas instalações residências, isto se deve provavelmente à disseminação do uso de fusíveis e posteriormente de dispositivos disjuntores unipolares nas entradas de energia elétrica. Como o neutro é um condutor vivo, por onde circula corrente em regime normal, do ponto de vista da segurança pode ser interessante seccionar este condutor. A norma brasileira permite o seccionamento do neutro, em alguns países a norma obriga o seccionamento do neutro. Portanto no Brasil a decisão do seccionamento do neutro é do profissional responsável pela instalação. Dois pontos devem ser obedecidos no seccionamento do condutor neutro:

- O condutor neutro só pode ser seccionado por dispositivo multipolar, isto garante que esse condutor nunca é seccionado antes dos condutores fase, nem restabelecido após os condutores fase.
- O condutor PEN, condutor com função de neutro e de proteção, freqüente e erroneamente chamado de neutro, nunca pode ser seccionado.

2. O curto-circuito nas instalações de BT

2.1. Determinação das correntes de curto-circuito

Para o correto dimensionamento dos dispositivos de proteção contra sobrecorrentes é necessário o conhecimento da magnitude de todas as correntes a que esses serão submetidos, que terão que interromper ou estabelecer. Este critério além de ser uma boa prática de engenharia é também uma exigência normativa, como pode ser visto no item 5.3.4.2 da NBR 5410, que trata da determinação das correntes de curto-circuito presumidas, “As correntes de curto-circuito presumidas devem ser determinadas

em todos os pontos da instalação julgados necessários. Essa determinação pode ser efetuada por cálculo ou por medida”.

A determinação prévia de um valor de corrente que é o maior possível, feita a partir de hipóteses de pior caso, chamada corrente de curto-circuito presumida deve ser feita para todos os pontos da instalação julgados necessários. Esta determinação é, a rigor, um problema bastante complexo que envolve modelos matemáticos sofisticados com parâmetros de difícil obtenção, e ainda considerando várias configurações de curto-circuito. Uma estimativa muito grosseira pode levar ao sub-dimensionamento dos componentes o que compromete a segurança dos usuários e 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 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. De fato para se projetar uma instalação elétrica de MT 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.

Duas correntes de curto-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 valores máximos e mínimos, quatro tipos de curto-circuitos deverão ser considerados: trifásico, entre fases, entre fases e neutro e entre duas fases e neutro. A figura abaixo ilustra estes tipos de curto-circuitos.

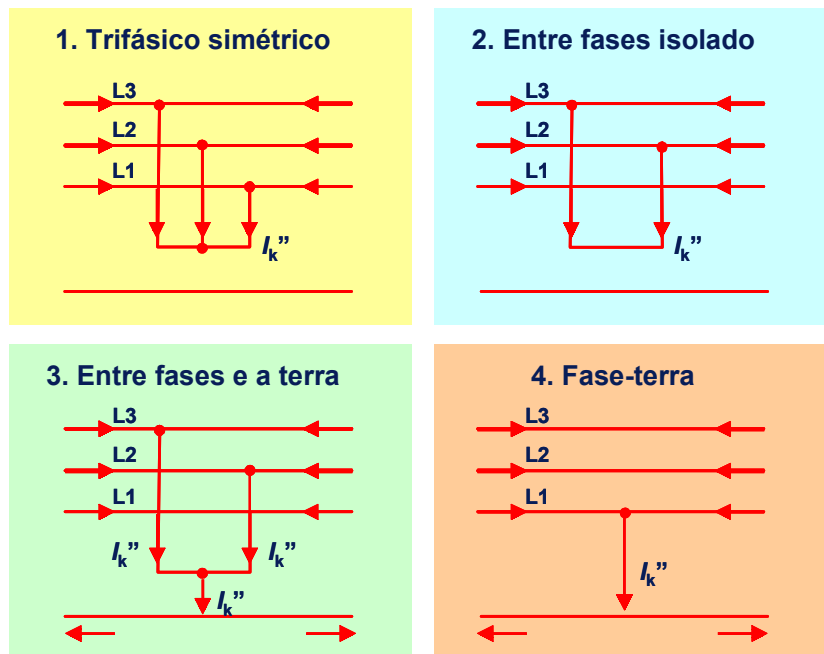


Figura 1 – Tipos de curto-circuito

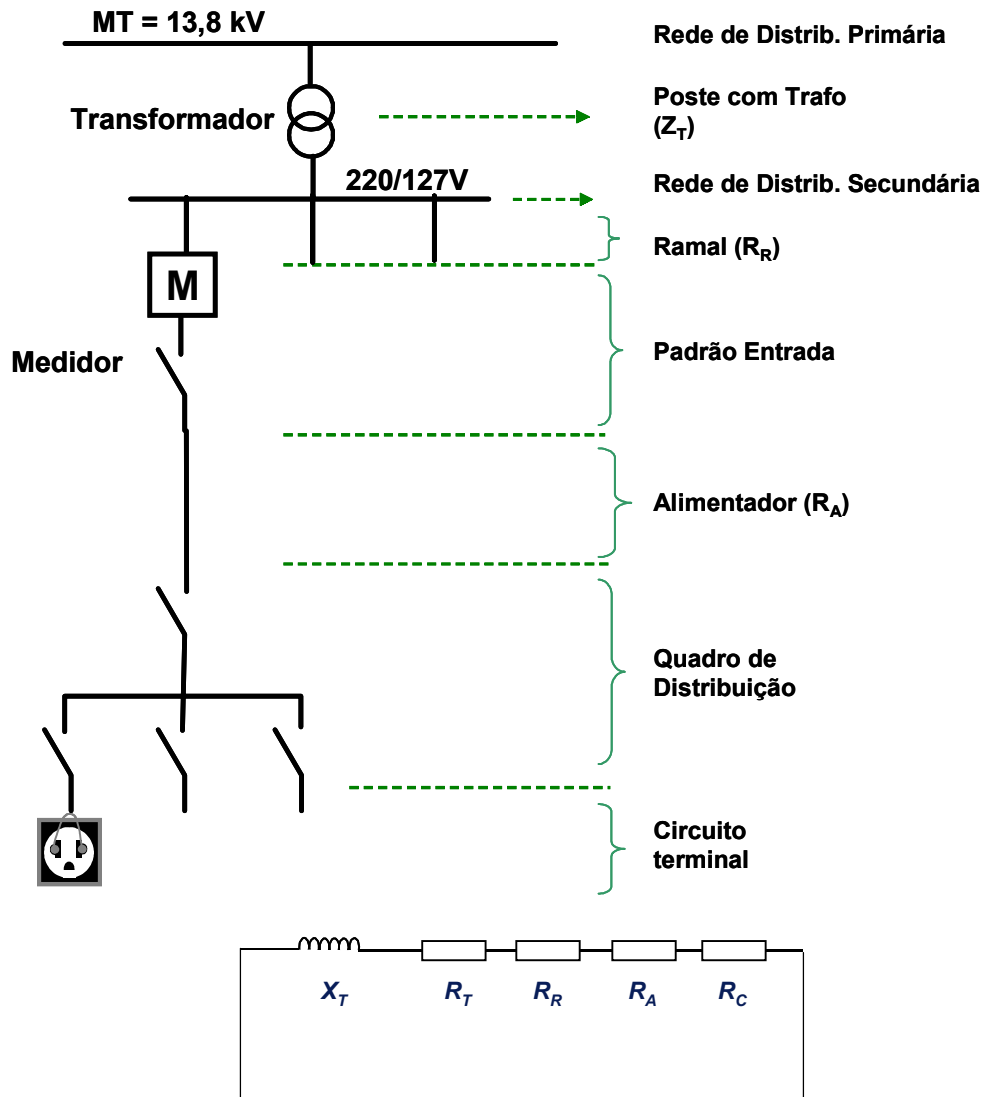
2.2. Determinação da corrente de curto-circuito (I_{cc}) presumida

Em uma instalação residencial três pontos são importantes determinar a corrente de curto-circuito presumida:

- **Na entrada de energia** – para dimensionamento do disjuntor geral.
- **No quadro de distribuição** – para dimensionamento dos disjuntores de proteção dos circuitos terminais.
- **Nas tomadas** – para determinação da corrente de curto-circuito presumida mínima.

Para este fim pode-se considerar o modelo abaixo, onde:

X_T	reatância do transformador
R_T	resistência do transformador
R_R	resistência do ramo de entrada
R_A	resistência do alimentador
R_C	resistência do circuito terminal



$$Z = \sqrt{X_T^2 + (R_T + R_R + R_A + R_C)^2}$$

Figura 2 – Cálculo de curto-circuito

Portanto:

$$I_{CCtomada} = \frac{V}{Z_T + Z_R + Z_A + Z_C}$$

$$I_{CCentrada} = \frac{V}{Z_T + Z_R}$$

2.3. Exemplo Numérico.

Cálculo de corrente de curto-circuito (I_{cc}) x condutores.

Tensão: 220/127 V.

Transformador 30 kVA				
Comprimento do condutor (m)	Condutores			
	35mm ²	25mm ²	16mm ²	10mm ²
	I_{cc} (kA)	I_{cc} (kA)	I_{cc} (kA)	I_{cc} (kA)
0	1,95	1,93	1,91	1,85
5	1,93	1,91	1,86	1,75
10	1,91	1,88	1,80	1,64
15	1,89	1,85	1,73	1,54
20	1,87	1,81	1,67	1,43
25	1,85	1,77	1,60	1,33
30	1,82	1,73	1,53	1,24
35	1,79	1,69	1,47	1,16
40	1,76	1,65	1,40	1,08
45	1,73	1,60	1,34	1,02
50	1,70	1,56	1,28	0,96
60	1,64	1,48	1,18	0,85
70	1,58	1,39	1,08	0,77
80	1,52	1,32	1,00	0,69
90	1,46	1,25	0,92	0,63
100	1,40	1,18	0,86	0,58

Transformador 45 kVA				
Comprimento do condutor (m)	Condutores			
	35mm ²	25mm ²	16mm ²	10mm ²
	I_{cc} (kA)	I_{cc} (kA)	I_{cc} (kA)	I_{cc} (kA)
0	2,90	2,86	2,78	2,62
5	2,85	2,80	2,65	2,38
10	2,80	2,72	2,50	2,15
15	2,75	2,63	2,35	1,93
20	2,69	2,53	2,20	1,74
25	2,62	2,44	2,06	1,58
30	2,56	2,34	1,92	1,43
35	2,49	2,24	1,80	1,31
40	2,42	2,15	1,69	1,21
45	2,35	2,06	1,59	1,12
50	2,28	1,98	1,50	1,04
60	2,14	1,82	1,34	0,91
70	2,02	1,68	1,21	0,81
80	1,90	1,55	1,10	0,73
90	1,79	1,44	1,00	0,66
100	1,69	1,34	0,92	0,60

Transformador 75 kVA				
Comprimento do condutor (m)	Condutores			
	35mm ²	25mm ²	16mm ²	10mm ²
	I_{cc} (kA)	I_{cc} (kA)	I_{cc} (kA)	I_{cc} (kA)
0	4,73	4,62	4,34	3,84
5	4,58	4,38	3,91	3,21
10	4,41	4,12	3,50	2,71
15	4,22	3,85	3,14	2,32
20	4,03	3,59	2,82	2,02
25	3,83	3,34	2,54	1,78
30	3,65	3,12	2,31	1,59
35	3,46	2,91	2,11	1,43
40	3,29	2,72	1,94	1,30
45	3,13	2,56	1,80	1,19
50	2,98	2,40	1,67	1,10
60	2,71	2,14	1,46	0,95
70	2,47	1,93	1,30	0,84
80	2,27	1,75	1,16	0,75
90	2,09	1,60	1,06	0,68
100	1,94	1,47	0,97	0,62

Transformador 150 kVA				
Comprimento do condutor (m)	Condutores			
	35mm ²	25mm ²	16mm ²	10mm ²
	I_{cc} (kA)	I_{cc} (kA)	I_{cc} (kA)	I_{cc} (kA)
0	8,82	8,23	7,01	5,42
5	8,06	7,17	5,63	4,04
10	7,29	6,23	4,62	3,17
15	6,59	5,45	3,89	2,60
20	5,96	4,81	3,34	2,20
25	5,42	4,28	2,92	1,91
30	4,94	3,85	2,59	1,68
35	4,54	3,49	2,33	1,50
40	4,19	3,19	2,11	1,36
45	3,88	2,94	1,93	1,24
50	3,61	2,72	1,78	1,14
60	3,17	2,36	1,53	0,98
70	2,82	2,09	1,35	0,86
80	2,53	1,87	1,20	0,76
90	2,30	1,69	1,09	0,69
100	2,11	1,54	0,99	0,63

Tensão: 220/127 V.

Transformador 112,5 kVA				
Comprimento do condutor (m)	Condutores			
	35mm ²	25mm ²	16mm ²	10mm ²
	Icc (kA)	Icc (kA)	Icc (kA)	Icc (kA)
0	6,87	6,57	5,87	4,82
5	6,47	5,97	4,97	3,76
10	6,04	5,38	4,22	3,03
15	5,61	4,84	3,63	2,52
20	5,20	4,37	3,17	2,15
25	4,82	3,96	2,80	1,87
30	4,47	3,60	2,51	1,65
35	4,16	3,30	2,26	1,48
40	3,88	3,04	2,06	1,34
45	3,63	2,82	1,89	1,22
50	3,40	2,62	1,75	1,13
60	3,02	2,30	1,51	0,97
70	2,71	2,04	1,33	0,85
80	2,45	1,83	1,19	0,76
90	2,24	1,66	1,08	0,68
100	2,06	1,52	0,98	0,62

Transformador 225 kVA				
Comprimento do condutor (m)	Condutores			
	35mm ²	25mm ²	16mm ²	10mm ²
	Icc (kA)	Icc (kA)	Icc (kA)	Icc (kA)
0	12,08	10,76	8,45	6,05
5	10,39	8,73	6,34	4,29
10	8,94	7,21	5,01	3,31
15	7,76	6,09	4,12	2,68
20	6,81	5,24	3,49	2,25
25	6,04	4,59	3,02	1,94
30	5,42	4,08	2,67	1,70
35	4,90	3,67	2,38	1,52
40	4,48	3,33	2,15	1,37
45	4,11	3,04	1,96	1,25
50	3,80	2,80	1,80	1,14
60	3,30	2,42	1,55	0,98
70	2,91	2,13	1,36	0,86
80	2,60	1,90	1,21	0,77
90	2,35	1,71	1,09	0,69
100	2,15	1,56	0,99	0,63

Transformador 500 kVA				
Comprimento do condutor (m)	Condutores			
	35mm ²	25mm ²	16mm ²	10mm ²
	Icc (kA)	Icc (kA)	Icc (kA)	Icc (kA)
0	18,63	14,82	10,16	6,66
5	13,95	10,65	7,04	4,52
10	11,02	8,24	5,36	3,42
15	9,06	6,70	4,32	2,74
20	7,67	5,64	3,62	2,29
25	6,64	4,86	3,11	1,97
30	5,86	4,27	2,73	1,72
35	5,23	3,81	2,43	1,53
40	4,73	3,44	2,19	1,38
45	4,31	3,13	1,99	1,26
50	3,96	2,88	1,83	1,15
60	3,41	2,47	1,57	0,99
70	2,99	2,16	1,37	0,86
80	2,66	1,93	1,22	0,77
90	2,40	1,74	1,10	0,69
100	2,18	1,58	1,00	0,63

Cálculo de corrente de curto-circuito (Icc) x condutores.

Tensão: 380/220 V.

Transformador 45 kVA				
Comprimento do condutor (m)	Condutores			
	35mm ²	25mm ²	16mm ²	10mm ²
	Icc (kA)	Icc (kA)	Icc (kA)	Icc (kA)
0	1,70	1,70	1,69	1,67
5	1,70	1,69	1,67	1,64
10	1,69	1,68	1,65	1,60
15	1,68	1,67	1,63	1,56
20	1,68	1,66	1,61	1,52
25	1,67	1,65	1,59	1,47
30	1,66	1,63	1,56	1,42
35	1,65	1,62	1,53	1,38
40	1,64	1,60	1,50	1,33
45	1,63	1,59	1,48	1,28
50	1,62	1,57	1,45	1,24
60	1,60	1,54	1,39	1,15
70	1,58	1,50	1,33	1,07
80	1,55	1,46	1,27	1,00
90	1,53	1,43	1,21	0,94
100	1,50	1,39	1,16	0,88

Transformador 75 kVA				
Comprimento do condutor (m)	Condutores			
	35mm ²	25mm ²	16mm ²	10mm ²
	Icc (kA)	Icc (kA)	Icc (kA)	Icc (kA)
0	2,82	2,81	2,78	2,71
5	2,81	2,78	2,72	2,60
10	2,79	2,75	2,66	2,48
15	2,76	2,71	2,59	2,35
20	2,74	2,67	2,51	2,22
25	2,71	2,63	2,43	2,09
30	2,68	2,58	2,34	1,97
35	2,65	2,53	2,26	1,86
40	2,62	2,48	2,18	1,75
45	2,58	2,43	2,10	1,65
50	2,55	2,38	2,02	1,56
60	2,48	2,27	1,88	1,41
70	2,40	2,17	1,74	1,27
80	2,33	2,07	1,62	1,16
90	2,25	1,98	1,52	1,07
100	2,18	1,88	1,42	0,99

Transformador 112,5 kVA				
Comprimento do condutor (m)	Condutores			
	35mm ²	25mm ²	16mm ²	10mm ²
	Icc (kA)	Icc (kA)	Icc (kA)	Icc (kA)
0	4,21	4,17	4,08	3,90
5	4,16	4,10	3,93	3,62
10	4,11	4,01	3,76	3,33
15	4,04	3,91	3,58	3,04
20	3,98	3,80	3,39	2,78
25	3,90	3,69	3,21	2,55
30	3,82	3,57	3,04	2,35
35	3,74	3,45	2,87	2,17
40	3,66	3,33	2,71	2,01
45	3,58	3,22	2,57	1,87
50	3,49	3,11	2,44	1,74
60	3,32	2,89	2,20	1,54
70	3,16	2,70	2,00	1,37
80	3,00	2,52	1,83	1,24
90	2,85	2,36	1,68	1,13
100	2,71	2,21	1,55	1,03

Transformador 150 kVA				
Comprimento do condutor (m)	Condutores			
	35mm ²	25mm ²	16mm ²	10mm ²
	Icc (kA)	Icc (kA)	Icc (kA)	Icc (kA)
0	5,57	5,50	5,32	4,96
5	5,48	5,34	5,02	4,43
10	5,36	5,16	4,69	3,94
15	5,24	4,96	4,36	3,50
20	5,10	4,76	4,05	3,13
25	4,96	4,55	3,76	2,81
30	4,81	4,34	3,49	2,55
35	4,66	4,14	3,25	2,33
40	4,51	3,95	3,03	2,14
45	4,36	3,77	2,84	1,97
50	4,21	3,60	2,67	1,83
60	3,93	3,28	2,37	1,60
70	3,68	3,01	2,13	1,41
80	3,44	2,77	1,92	1,27
90	3,22	2,56	1,76	1,15
100	3,03	2,38	1,61	1,05

Tensão: 380/220 V.

Transformador 225 kVA				
Comprimento do condutor (m)	Condutores			
	35mm ²	25mm ²	16mm ²	10mm ²
	Icc (kA)	Icc (kA)	Icc (kA)	Icc (kA)
0	8,21	8,02	7,52	6,65
5	7,95	7,60	6,79	5,57
10	7,65	7,14	6,07	4,69
15	7,32	6,67	5,43	4,01
20	6,98	6,21	4,87	3,49
25	6,65	5,79	4,40	3,08
30	6,32	5,40	4,00	2,74
35	6,00	5,04	3,66	2,47
40	5,70	4,71	3,36	2,25
45	5,42	4,42	3,11	2,06
50	5,16	4,16	2,89	1,90
60	4,69	3,70	2,52	1,65
70	4,28	3,33	2,24	1,45
80	3,92	3,02	2,01	1,30
90	3,62	2,76	1,82	1,17
100	3,35	2,54	1,67	1,07

Transformador 500 kVA				
Comprimento do condutor (m)	Condutores			
	35mm ²	25mm ²	16mm ²	10mm ²
	Icc (kA)	Icc (kA)	Icc (kA)	Icc (kA)
0	16,68	15,40	12,83	9,71
5	15,02	13,17	10,11	7,12
10	13,42	11,28	8,20	5,56
15	11,98	9,76	6,85	4,54
20	10,75	8,54	5,86	3,83
25	9,70	7,57	5,11	3,31
30	8,80	6,78	4,52	2,92
35	8,04	6,13	4,05	2,60
40	7,39	5,59	3,67	2,35
45	6,83	5,14	3,35	2,14
50	6,35	4,75	3,09	1,97
60	5,55	4,12	2,66	1,69
70	4,92	3,63	2,34	1,48
80	4,42	3,25	2,08	1,32
90	4,01	2,94	1,88	1,19
100	3,66	2,68	1,71	1,08

3. Escolha do dispositivo de proteção contra sobrecorrentes segundo a NBR 5410



Disjuntor 5SX

Disjuntores Sentron VL

A norma NBR 5410 Instalações elétricas de baixa tensão no item 5.3 *Proteção contra sobrecorrentes determina os critérios para utilização de fusíveis e disjuntores na proteção contra sobrecorrentes de cabos elétricos*. A proteção do cabo deverá ser contra sobrecargas e curto-circuito. A norma determina ainda que estas proteções poderão ser feitas por um único dispositivo, que **garantem simultaneamente a proteção contra correntes de sobrecarga e contra correntes de curto-circuito**, ou por dispositivos distintos, um para a **proteção contra correntes de sobrecarga** e outro para a **proteção contra correntes de curto-circuito**.

A NBR 5410 apresenta os únicos dispositivos possíveis de utilização no Brasil:

- disjuntores, conforme NBR 5361, IEC 947-2 ou IEC 898;
- dispositivos fusíveis tipo gG conforme NBR 11840;
- disjuntores associados a dispositivos fusíveis conforme IEC 947-2 ou IEC 898.

Quanto aos dispositivos fusíveis não há dúvidas, pois há somente uma norma a NBR 11840. Para disjuntores com corrente nominal acima de 100A, também só há uma norma a NBRIEC 60947-2. O grande problema de especificação que causa dúvidas em projetistas e instaladores é os disjuntores até 100A, onde há duas normas diferentes para os disjuntores, a NBR 5361 e NBRIEC 60898. Neste ponto é preciso ressaltar o alerta que a norma faz quando da utilização dos dispositivos NBR 5361.

“Quando da aplicação de disjuntores conforme NBR 5361, devem ser levados em consideração os valores de I^2 (corrente convencional de atuação), t_c (tempo convencional) bem como a integral de Joule (característica I^2t)”.

Unindo a norma com o CDC, lembrando da inversão do ônus da prova, cabe ao projetista que especificar e o instalador que usar a obrigação da apresentação da integral de Joule. Portanto especificar ou usar um disjuntor NBR 5361 sem antes solicitar do fabricante a integral de Joule é assumir uma responsabilidade que não se sabe se poderá cumprir.

Do ponto de vista quantitativo, a escolha do valor da corrente nominal do disjuntor ou fusível, a norma brasileira apresenta um conjunto de 3 relações que devem ser satisfeitas entre as características técnicas do dispositivo de proteção e as características do condutor a ser protegido.

A primeira relação é a que pode ser chamada de **condição nominal**, esta relação visa garantir que o dispositivo de proteção não irá atuar durante uma condição normal de operação e irá atuar e irá atuar em uma condição anormal.

A segunda relação é a que pode ser chamada de **condição de sobrecarga**, esta relação visa garantir que o dispositivo de proteção irá atuar, durante uma condição de sobrecarga, antes que um condutor possa sofrer qualquer deterioração.

A terceira relação é a que pode ser chamada de **condição de curto-circuito**, esta relação visa garantir que o dispositivo de proteção irá atuar durante uma condição de curto-circuito, antes que um condutor possa sofrer qualquer deterioração.

3.1. Coordenação entre condutores e dispositivos de proteção

A característica de funcionamento de um dispositivo de protegendo um circuito contra sobrecargas deve satisfazer às duas seguintes condições:

a) $I_B \leq I_n \leq I_z$;

b) $I_2 \leq 1,45 I_z$.

c) $\int_0^t i^2 dt \leq k^2 S^2$

Onde:

I_B é a corrente de projeto do circuito;

I_z é a capacidade de condução de corrente dos condutores, nas condições previstas para sua instalação (ver tabela de capacidade de corrente);

I_n é a corrente nominal do dispositivo de proteção (ou corrente de ajuste, para dispositivos ajustáveis), nas condições previstas para sua instalação;

I_2 é a corrente convencional de atuação, para disjuntores, ou corrente convencional de fusão, para fusíveis.

$\int_0^t i^2 dt$ é a integral de Joule que o dispositivo de proteção deixa passar, em ampères quadrados-segundo;

$k^2 S^2$ é a integral de Joule para aquecimento do condutor desde a temperatura máxima para serviço contínuo até a temperatura de curto-circuito, admitindo aquecimento adiabático, sendo:

k igual 115 para condutores de cobre com isolação de PVC;

135 para condutores de cobre com isolação de EPR ou XLPE;

74 para condutores de alumínio com isolação de PVC;

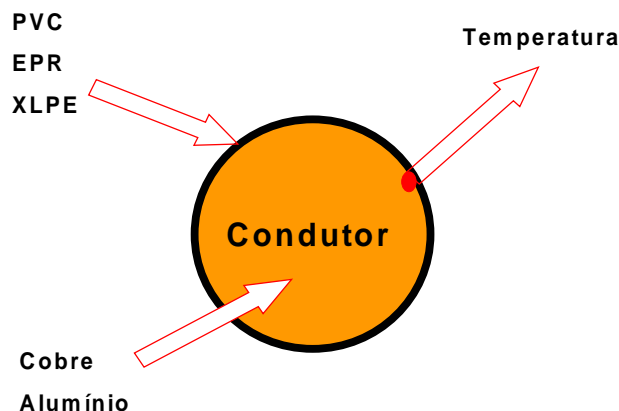
87 para condutores de alumínio com isolação de EPR ou XLPE;

115 para as emendas soldadas a estanho nos condutores de cobre correspondendo a uma temperatura de 160°C;

S é a seção do condutor em milímetros quadrados.

NOTA - A condição b) é aplicável quando for possível assumir que a temperatura limite de sobrecarga dos condutores (ver tabela de temperatura dos cabos) não seja mantida por um tempo superior a 100 h durante 12 meses consecutivos ou por 500 h ao longo da vida útil do condutor. Quando isso não ocorrer, a condição b) deve ser substituída por: $I_2 \leq I_z$

4. Características do condutor



	I_n θ_z	I_s θ_s	I_{cc} θ_K
PVC	70°	100°	160°
EPR	90°	130°	250°
XLPE	90°	130°	250°

Figura 4 – Temperatura máxima dos condutores

Temperatura máxima para serviço contínuo - θ_z

Temperatura de sobrecarga - θ_s

Temperatura de curto-circuito - θ_k

$\theta_z - I = I_z$

$\theta_R = \theta_z$

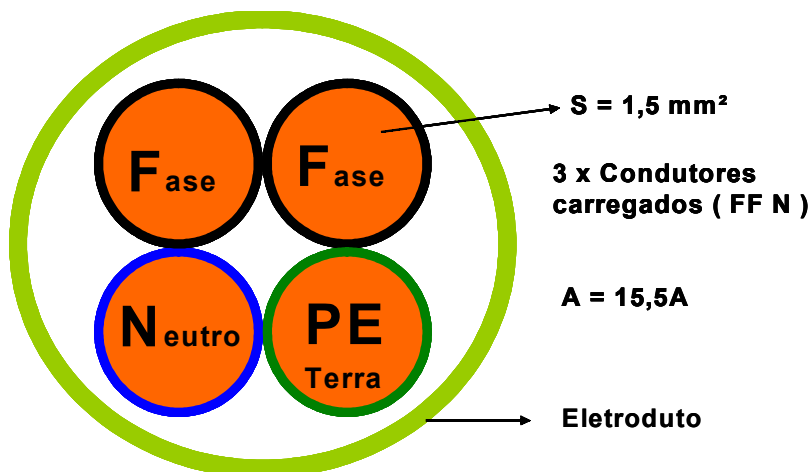
$\theta_s - 100 \text{ h} / 12 \text{ meses}; 500 \text{ h} / \text{vida útil}$

$I = 1,45 I_z$

$\theta_R \approx \theta_S$

$\theta_k - 5 \text{ segundos}$

Condutores isolados ou condutores unipolares:



- em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado da mesma
- em eletroduto aparente de seção não circular sobre parede
- em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria
- em eletrocalha sobre parede em percurso horizontal ou vertical
- em canaleta fechada encaixada no piso ou no solo
- em eletrocalha ou perfilado suspensa(o)
- em canaleta provida de separações sobre parede

Cabos unipolares ou condutor multipolar:

- em espaço de construção
- em forro falso ou em piso elevado

Condutores isolados em eletroduto:

- de seção circular em espaço de construção
- de seção não circular em espaço de construção
- de seção não circular embutido em alvenaria

Con- dutor	1 circuito por eletroduto		2 circuitos por eletroduto		3 circuitos por eletroduto		4 circuitos por eletroduto	
	2 Cond. (FF-FN) (mm ²)	3 Cond. (FFF-FFN)	2 Cond. (FF-FN)	3 Cond. (FFF-FFN)	2 Cond. (FF-FN)	3 Cond. (FFF-FFN)	2 Cond. (FF-FN)	3 Cond. (FFF-FFN)
1,5	17,5 A	15,5 A	14,0 A	12,4 A	12,3 A	10,9 A	11,4 A	10,1 A
2,5	24,0 A	21,0 A	19,2 A	16,8 A	16,8 A	14,7 A	15,6 A	13,7 A
4,0	32,0 A	28,0 A	25,6 A	22,4 A	22,4 A	19,6 A	20,8 A	18,2 A
6,0	41,0 A	36,0 A	32,8 A	28,8 A	28,7 A	25,2 A	26,7 A	23,4 A
10,0	57,0 A	50,0 A	45,6 A	40,0 A	39,9 A	35,0 A	37,1 A	32,5 A
16,0	76,0 A	68,0 A	60,8 A	54,4 A	53,2 A	47,6 A	49,4 A	44,2 A
25,0	101,0 A	89,0 A	80,8 A	71,2 A	70,7 A	62,3 A	65,7 A	57,9 A
35,0	125,0 A	110,0 A	100,0 A	88,0 A	87,5 A	77,0 A	81,3 A	71,5 A

Figura 5 – Situação mais comum nas instalações prediais

Seleção do Disjuntor

Um disjuntor não pode atuar quando a corrente que circula por ele for inferior ao valor da corrente prevista no projeto. Quando ocorre este desarme indesejado frequentemente causa transtornos aos usuários da carga alimentada por este circuito. O disjuntor deve então permitir que o circuito opere continuamente, cumprindo a sua função, quando nenhuma anomalia acontece. Em contrapartida um disjuntor tem que atuar sempre que a corrente que circula por ele for superior à capacidade de corrente do condutor que está ligado a jusante dele. Isto é a razão de existir do disjuntor, ou seja, proteger o cabo contra sobrecorrente. Este desempenho que se espera do disjuntor, que não “perturbe” o circuito quando tudo está bem e que interrompa quando há uma sobrecorrente, é expresso matematicamente por esta relação - $I_B \leq I_n \leq I_Z$, que é apresentada na NBR 5410.

Para que se possa garantir a integridade do cabo é preciso garantir não só que o disjuntor vai operar em uma condição de sobrecorrente, mas que esta operação se dará antes que o cabo seja danificado pelo aquecimento provocado pela sobrecorrente. Neste ponto entra a segunda relação, chamada aqui de

condição de sobrecarga. A norma do condutor define como temperatura de sobrecarga a temperatura que o cabo deve suportar por uma hora.

- $I_2 = 1,45 I_N$ p/ NBR IEC 60898
- $I_2 = 1,30 I_N$ p/ NBR IEC 60947-2

Para que se assegurar à proteção efetiva do curto-circuito é necessário garantir que a energia que o disjuntor deixa passar é inferior à energia que o cabo pode suportar sem deteriorar a sua isolação. Este é o conceito da condição de curto-circuito, embora este conceito intuitivamente seja simples nem sempre é de fácil verificação. Isto ocorre por duas razões, abaixo exposta:

- A curva de suportabilidade térmica do cabo normalmente não é fornecida pelos fabricantes de cabo, nas documentações técnicas fornecidas - p. ex. catálogos, e deve ser construída pelo usuário baseado na norma IEC 60949.
- A curva da energia que o disjuntor deixa passar, nem sempre é fornecida pelos fabricantes de disjuntores (a NBR 5410 no item 5.3.2.1 alerta para a necessidade de se solicitar aos fabricantes de disjuntores conforme a NBR 5361 esta curva).

Os disjuntores baseados nas normas IEC, no caso residencial a NBRIEC 60898, por razões de coerência, uma vez a norma de instalações também é baseada na IEC, já apresentam esta compatibilidade.

A curva abaixo corresponde à representação gráfica e indica, para um dado valor de intensidade de corrente, o tempo que o condutor pode suportar essa corrente sem se degradar.

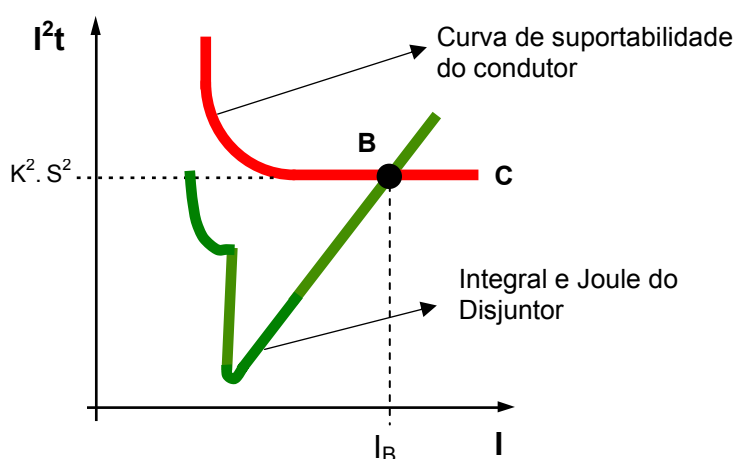


Figura 6 – Curva coordenação de proteção

5. Disjuntores

5.1. Alerta para a necessidade do valor de I^2t na NBR 5410

5.3.2.1 Dispositivos que garantem simultaneamente a proteção contra sobrecorrentes de sobrecarga contra correntes de curto-circuito.

5.3.2.2

Esses dispositivos de proteção devem poder interromper qualquer sobrecorrente inferior ou igual à corrente de curto-circuito presumida no ponto em que o dispositivo está instalado. Eles devem satisfazer às prescrições de 5.3.3 e de 5.3.4.3. Tais dispositivos podem ser:

- Disjuntores conforme a NBR 5361, IEC 947-2 ou IEC 898;

Quando da aplicação de disjuntores conforme a NBR 5361, devem ser levados em consideração os valores de I_z (corrente convencional de atuação), t_c (tempo convencional), bem como a integral de Joule (característica I^2t).

5.3.2.3 Dispositivo que garantem simultaneamente a proteção contra corrente de curto-circuito

Notas 2 - Quando da aplicação de disjuntores conforme a NBR 5361, deve ser levada em consideração a integral de Joule (características I^2t).

5.3.4.2 Determinação das correntes de curto-circuito presumidas

Nota b - a integral que o dispositivo deixa passar deve ser inferior ou igual à integral de Joule necessária para aquecer o condutor desde a temperatura máxima para serviço contínuo até a temperatura limite de curto-circuito

5.2. Seleção do disjuntor

Maior potência em VA's que pode ser ligado por circuito em uma rede 220/127V

Seção (mm ²)	1 circuito						2 circuitos					
	FN		FF		FFF		FN		FF		FFF	
	Potên cia (W)	Disjun tor (A)	Potên cia (W)	Disjun tor (A)	Potên cia (W)	Disjun tor (A)	Potên cia (W)	Disjun tor (A)	Potên cia (W)	Disjun tor (A)	Potên cia (W)	Disjun tor (A)
1.5	2.032	16	3.520	16	4.954	13	1.651	13	2.860	13	3.811	10
2.5	2.540	20	4.400	20	7.621	20	2.032	16	3.520	16	6.097	16
4.0	3.175	25	5.500	25	9.526	25	3.175	25	5.500	25	7.621	20
6.0	5.080	40	8.800	40	12.194	32	4.064	32	7.040	32	9.526	25
10.0	6.350	50	11.000	50	19.053	50	5.080	40	8.800	40	15.242	40
16.0	8.890	70	15.400	70	24.006	63	6.350	50	11.000	50	19.053	50
25.0	12.700	100	22.000	100	30.484	80	10.160	80	17.600	80	26.674	70
35.0	15.875	125	27.500	125	38.105	100	12.700	100	22.000	100	30.484	80

Maior potência em VA's que pode ser ligado por circuito em uma rede 220/127V

Seção (mm ²)	3 circuitos						4 circuitos					
	FN		FF		FFF		FN		FF		FFF	
	Potência (W)	Disjuntor (A)	Potência (W)	Disjuntor (A)	Potência (W)	Disjuntor (A)	Potência (W)	Disjuntor (A)	Potência (W)	Disjuntor (A)	Potência (W)	Disjuntor (A)
1.5	1.270	10	2.200	10	3.811	10	1.270	10	2.200	10	3.811	10
2.5	2.032	16	3.520	16	4.954	13	1.651	13	2.860	13	4.954	13
4.0	2.540	20	4.400	20	6.097	16	2.540	20	4.400	20	6.097	16
6.0	3.175	25	5.500	25	9.526	25	3.175	25	5.500	25	7.621	20
10.0	4.064	32	7.040	32	12.194	32	4.064	32	7.040	32	12.194	32
16.0	6.350	50	11.000	50	15.242	40	6.350	50	11.000	50	15.242	40
25.0	8.890	70	15.400	70	24.006	63	8.001	63	13.860	63	19.053	50
35.0	10.160	80	17.600	80	26.674	70	10.160	80	17.600	80	26.674	70

Maior potência em VA's que pode ser ligado por circuito em uma rede 380/220V

Seção (mm ²)	1 circuito				2 circuitos			
	FN		FFF		FN		FFF	
	Potência (W)	Disjuntor (A)	Potência (W)	Disjuntor (A)	Potência (W)	Disjuntor (A)	Potência (W)	Disjuntor (A)
1.5	3.520	16	8.556	13	2.860	13	6.582	10
2.5	4.400	20	13.164	20	3.520	16	10.531	16
4.0	5.500	25	16.454	25	5.500	25	13.164	20
6.0	8.800	40	21.062	32	7.040	32	16.454	25
10.0	11.000	50	32.909	50	8.800	40	26.327	40
16.0	15.400	70	41.465	63	11.000	50	32.909	50
25.0	22.000	100	52.654	80	17.600	80	46.073	70
35.0	27.500	125	65.818	100	22.000	100	52.654	80

Seção (mm ²)	3 circuitos				4 circuitos			
	FN		FFF		FN		FFF	
	Potência (W)	Disjuntor (A)	Potência (W)	Disjuntor (A)	Potência (W)	Disjuntor (A)	Potência (W)	Disjuntor (A)
1.5	2.200	10	6.582	10	2.200	10	6.582	10
2.5	3.520	16	8.556	13	2.860	13	8.556	13
4.0	4.400	20	10.531	16	4.400	20	10.531	16
6.0	5.500	25	16.454	25	5.500	25	13.164	20
10.0	7.040	32	21.062	32	7.040	32	21.062	32
16.0	11.000	50	26.327	40	11.000	50	26.327	40
25.0	15.400	70	41.465	63	13.860	63	32.909	50
35.0	17.600	80	46.073	70	17.600	80	46.073	70

SIEMENS

Todo dispositivo que garanta a proteção contra curtos-circuitos deve atender a condição sua capacidade de interrupção deve ser, no mínimo, igual à corrente de curto-circuito presumida no ponto da instalação, exceto quando um outro dispositivo com a capacidade de interrupção necessária for instalado a montante.

5.3. Cálculo do K^2S^2 (Integral de Joule)

Condutor cobre/PVC #2,5 mm²

$$K = 115 \rightarrow K^2 = 13225$$

$$S = 2,5 \rightarrow S^2 = 6,25$$

$$K^2S^2 = 13225 \times 6,25$$

$$K^2S^2 = 82.656,25 \text{ A}^2\text{s}$$

5.4. Normas de disjuntores no Brasil

NBR IEC 60947-2

- Disjuntores para CA e CC
- Tensões nominais até 1000V (CA) e 1500V (CC)
- Quaisquer correntes nominais, métodos de construção e aplicações

NBR IEC 60898

- Disjuntores para CA (50/60 Hz)
- Disjuntores a ar
- Tensões nominais até 440V (entre fases)
- Correntes nominais até 125A
- Capacidades de interrupção nominais até 25kA
- Uso por pessoas não advertidas / sem manutenção

Curvas padronizadas de disparo (tempo x corrente) dos Disjuntores 5SX

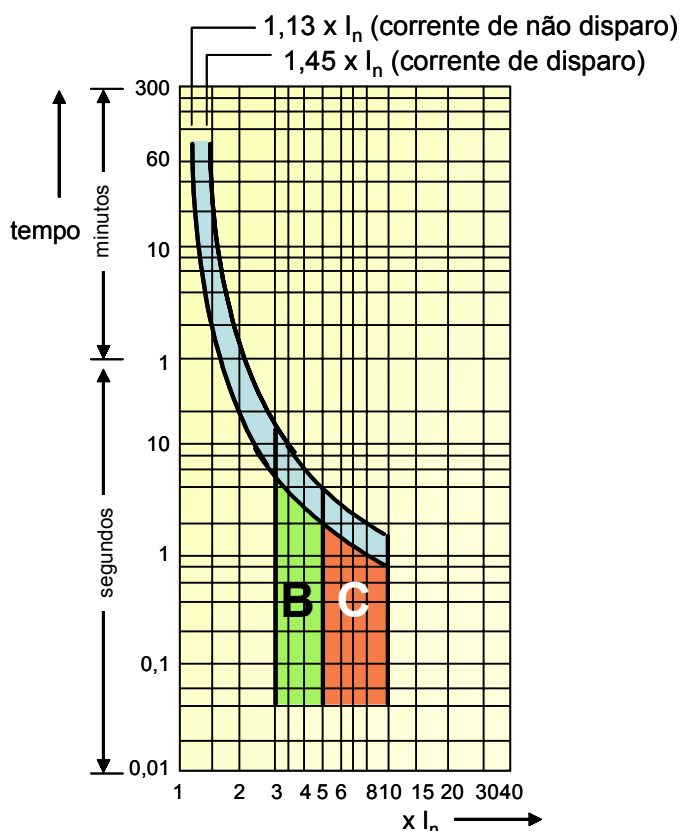
Curva B e C Segundo a Norma NBR IEC 60898

Tempo convencional:

In até 63 A (inclusive) → 60 minutos

In acima de 63 A → 120 minutos

Foco Básico: Proteção de condutores contra curtos e sobrecargas.



Modelo	Curvas
5SX1	B e C
5SX2	C
5SX4	C
5SX5	C
5SX6	C
5SX7	C

Curvas de disparo segundo a norma NBR IEC 60898.

É de extrema importância na especificação do Disjuntor conhecer a natureza da carga, assim escolhendo a melhor Curva de disparo. O disjuntor deve proteger a instalação, porém sem provocar disparo intempestivo.

Características da Curva B:

O disparador magnético durante o curto-circuito atua entre 3 e 5 x I_n (corrente nominal).

Destinado a proteção dos condutores que alimentam cargas de natureza resistiva. (Ex: Chuveiros, Aquecedores, Lâmpadas Incandescentes, etc).

Características da Curva C:

O disparador magnético atua entre 5 e 10 x I_n (corrente nominal).

Destinado a proteção dos condutores que alimentam cargas de natureza indutiva. (Ex.: Motores, Eletrobombas, Compressores, etc).

Características da Curva D:

O disparador magnético atua entre 10 e 50 x I_n (corrente nominal).

Destinado a proteção dos condutores que alimentam cargas de natureza fortemente indutiva.

(Ex: Transformadores e demais cargas com elevada corrente de partida. Acima de 10x I_n (corrente nominal)).

Na prática as Curvas destinadas para proteção das instalações elétricas residencial contra curtos-circuitos, são as Curvas B e C.

5.5. Especificação correta de um disjuntor termomagnético

Características

- Tensão nominal - U_e
- Corrente nominal - I_N
- Corrente de operação (ajuste) do disparador de sobrecarga - I_r
- Limiar de disparo instantâneo - I_m
- Capacidade de interrupção nominal - $I_{cu} = I_{cn}$
- Corrente convencional de não atuação - $I_{nt} = I_1$
- Corrente convencional de atuação $I_t = I_2$

Disjuntor termomagnético em caixa moldada, monopolar, corrente nominal 32A, curva C, tensão 220 V, capacidade de interrupção nominal 5kA, de acordo com a NBRIEC 60898.

Segurança

Bornes protegidos
Proteção contra toques acidentais

Alavanca embutida
Garantia de proteção contra manobras acidentais

Possibilidade de travamento
Assegura a proteção durante o trabalho de manutenção nas instalações elétricas

Selo INMETRO
O primeiro com qualidade comprovada (de 0,5A até 70A)

Disparo livre
Garante atuação em caso de curto-circuito e sobrecargas mesmo com a alavanca travada

Sistema especial de escape de gases
Segurança e rapidez no desligamento de defeitos

Controle de qualidade
Registro individual do lote e rigoroso controle de manutenção

Tecnologia

Dispositivos para compressão de condutores
Garantia de conexão perfeita, inclusive no uso de cabos flexíveis (até 32A)

Código de barras
Código de barras impresso no próprio produto

Fixação rápida em trilhos DIN
Agilidade e economia nos processos de montagem e manutenção

Normas técnicas atuais NBR IEC
Adequado à proteção dos fios e cabos produzidos no Brasil

Capacidade de interrupção
Alto desempenho das redes usuais no Brasil

Curvas tipo B e C
Características adequadas a cada tipo de circuito/instalação

5.6. Capacidade de interrupção

- Icu
- Icn – Capacidade de interrupção para a qual as condições prescritas de acordo com uma seqüência de ensaio especificada não inclui a capacidade do disjuntor conduzir 0,85 vezes a sua corrente de não atuação durante o tempo convencional
- Ics – Capacidade de interrupção para a qual as condições prescritas de acordo com uma seqüência de ensaio especificada inclui a capacidade do disjuntor conduzir 0,85 vezes a sua corrente de não atuação durante o tempo convencional

5.7. Disjuntor termomagnético 5SX

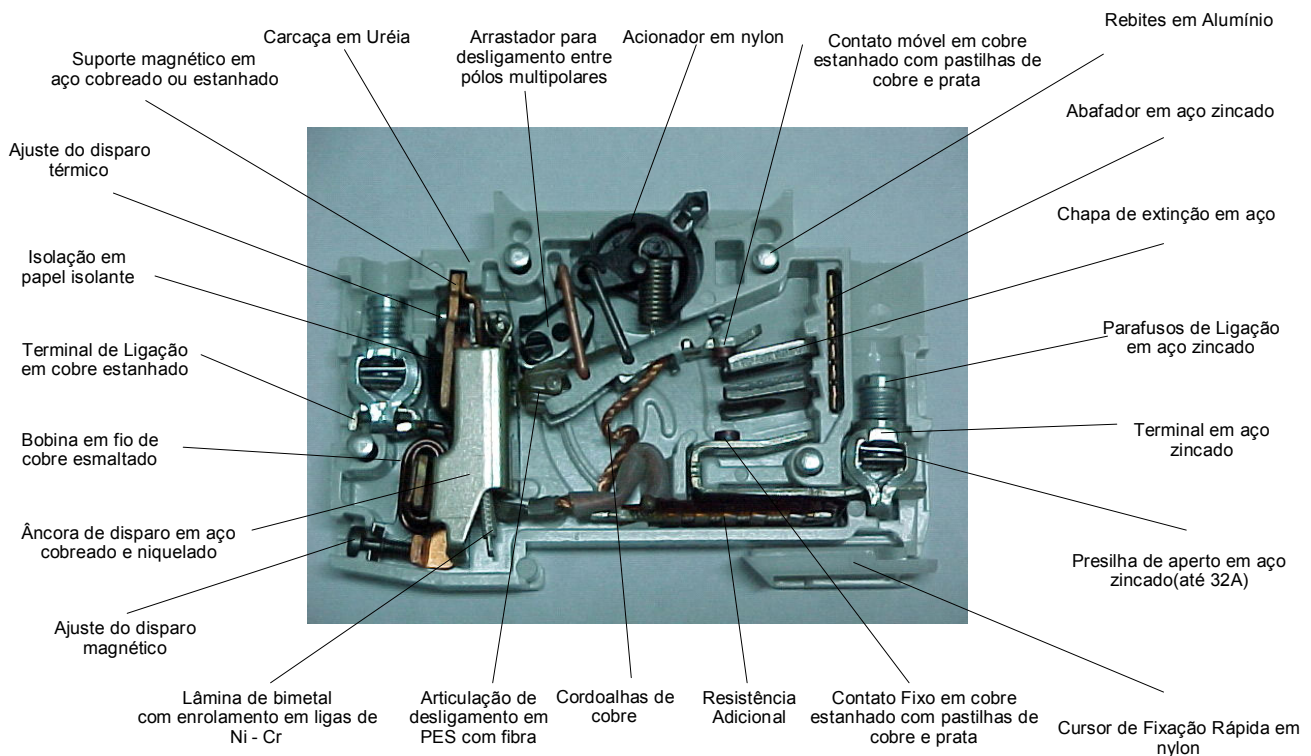


Figura 7 – Disjuntor 5SX - Siemens

6. Prescrições Relativas aos Fusíveis

Para a proteção de pessoas contra choques elétricos, três situações devem ser consideradas:

- quando o dispositivo-fusível é montado e instalado apropriadamente com base-fusível, fusível e, onde aplicável, peças de ajuste, porta-fusível e invólucro fazendo parte do dispositivo-fusível (condições normais de serviço);
- durante a substituição do fusível;
- quando o fusível e, onde aplicável, o porta-fusível são removidos.

O dispositivo-fusível deve ser projetado de tal forma que as partes vivas não sejam acessíveis, quando a base for instalada e ligada (fiação de alimentação) em uso normal com a peça de ajuste, se existir, fusível e porta-fusível em posição. Onde a base tiver partes vivas não protegidas e previstas para serem cobertas quando instaladas, por blindagem que não faça parte do dispositivo-fusível, estas partes vivas são consideradas como não-acessíveis.

O grau de proteção deve ser pelo menos IP-2X, quando o fusível está sob condições normais de serviço. Durante a reposição do fusível, o grau de proteção pode ser temporariamente reduzido a IP-1X (ver Anexo A).

Onde um porta-fusível é utilizado, ele deve reter o fusível durante as operações de inserção e remoção da base.

6.1. Prescrições da NBR 5410 relativo a dispositivos fusíveis

As bases de dispositivos fusíveis em que o porta-fusível é do tipo roscável devem ser ligadas de maneira que o contato central se encontre do lado da origem da instalação.

As bases de dispositivos fusíveis em que o porta-fusível é do tipo plugue devem ser dispostas de modo a excluir a possibilidade de se estabelecer, através de um porta-fusível, contatos entre partes condutoras pertencentes a duas bases vizinhas.

Os dispositivos fusíveis cujos fusíveis sejam susceptíveis de substituição por pessoas que não sejam nem advertidas (BA4) nem qualificadas (BA5), conforme a tabela 12, devem ser de um modelo que atenda às prescrições de segurança da NBR 11840. Os dispositivos fusíveis ou os dispositivos combinados comportando fusíveis susceptíveis de serem substituídos apenas por pessoas advertidas (BA4) ou qualificadas (BA5), conforme a tabela 12, devem ser instalados de tal maneira que os fusíveis possam ser retirados ou colocados sem qualquer risco de contato fortuito com partes vivas.

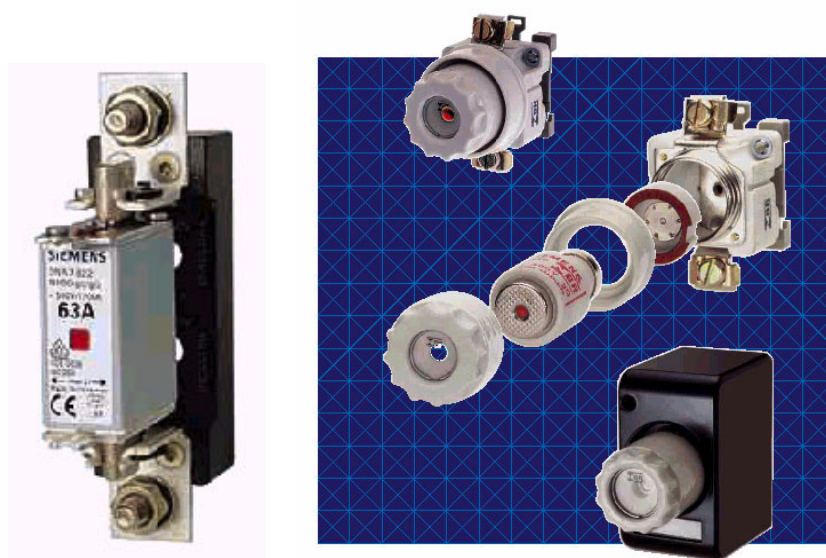


Figura 8 - Fusíveis NH e Diazed

6.2. Corrente nominal do fusível

A corrente nominal do fusível, expressa em amperes, deve ser escolhida entre os seguintes valores:

2 - 4 - 6 - 8 - 10 - 12 - 16 - 20 - 25 - 32 - 40 - 50 - 63 - 80 - 100 - 125 - 160 - 200 - 250 - 315 - 400 - 500 - 630 - 800 - 1000 - 1250.

6.3. Identificações do fusível

As seguintes informações devem ser marcadas em todos os fusíveis, com exceção dos fusíveis muito pequenos:

- nome do fabricante ou marca registrada, pela qual pode ser facilmente identificado;
- referência de catálogo ou designação de tipo, suficientemente detalhada para permitir obter do fabricante todas as características relevantes;
- tensão nominal;
- corrente nominal (para o tipo “gM”);
- faixa de interrupção e categoria de utilização (código de letra), quando aplicável;
- tipo de corrente e, se aplicável, frequência nominal.

6.4. Categoria de utilização

A categoria indica a possibilidade de um fusível de conduzir correntes especificadas sem danos e ser capaz de interromper as sobrecorrentes em uma faixa específica (faixa de capacidade de interrupção).

Categoria g de utilização

É a categoria dos fusíveis que podem, conduzir continuamente correntes até ao menos sua corrente nominal e têm a capacidade de interromper correntes desde a mínima corrente de fusão até a máxima capacidade de interrupção (faixa completa).

Categoria a de utilização.

É a categoria dos fusíveis que podem conduzir continuamente correntes até a sua corrente nominal e interromper correntes acima de um valor múltiplo especificado da sua corrente nominal até a sua capacidade nominal de interrupção.

Classes de operação

É a designação da categoria de utilização de um fusível em conjunto com o objeto a ser protegido. Podem ser (pela norma DIN / VDE) para as diferentes aplicações:

- gR: semicondutores.
- gB: instalações de mineração
- gL: condutores (fios e cabos)
- gTR: transformadores

Pela norma IEC 268/NBR as designações e aplicações são um pouco diferentes, embora haja uma certa correspondência, conforme tabela que segue

Basicamente os fusíveis de uso geral da IEC correspondem aos de faixa completa da VDE e os de retaguarda da IEC correspondem aos de faixa parcial da VDE.

Primeira Letra

- | | |
|----------|---|
| a | Há restrições para atuação em toda a faixa tempo-corrente |
| g | Sem restrições de atuação em toda a faixa tempo-corrente |

Segunda Letra

- | | |
|-----------|--|
| G | Proteção de linha, uso G eral |
| M | Proteção de circuitos de M otores |
| R | Proteção de semicondutores, ultra- R ápidos |
| L | Proteção de L inha (DIN VDE) |
| Tr | Proteção de T ransformadores |

6.5. Faixa de interrupção e capacidade de interrupção

Faixa de interrupção e categoria de utilização

A primeira letra indica a faixa de interrupção:

- fusíveis tipo “g” (fusíveis de capacidade de interrupção em toda faixa);
- fusíveis tipo “a” (fusíveis de capacidade de interrupção em faixa parcial).

A segunda letra indica a categoria de utilização e define com precisão a característica tempo-corrente, tempos e correntes convencionais, e regiões de atuação.

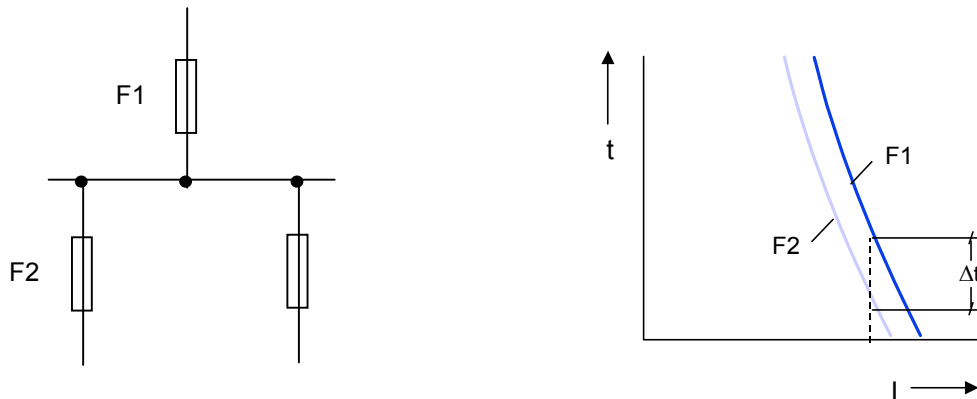
Por exemplo:

- “gG” indica fusíveis, com capacidade de interrupção em toda a faixa, para aplicação geral;
- “gM” indica fusíveis, com capacidade de interrupção em toda a faixa, para proteção de circuitos de motores;
- “aM” indica fusíveis, com capacidade de interrupção em faixa parcial para proteção de circuitos de motores.

Notas:

- Atualmente os fusíveis “gG” são freqüentemente usados para proteção de circuitos de motores, o que é possível quando suas características são adequadas para suportar a corrente de partida de motor;
- O fusível “gM” é caracterizado por dois valores de corrente. O primeiro valor I_n representa a corrente nominal do fusível e do porta-fusível; o segundo valor I_{ch} é dado pela característica tempo-corrente do fusível definido pelas regiões de atuação nas Tabelas 2, 3 e 6 do Anexo E. Estes dois valores são separados por uma letra, a qual define as aplicações. Por exemplo:
 - $I_n M I_{ch}$ indica um fusível de característica G, designado a ser usado para proteção de circuitos de motores. O primeiro valor I_n corresponde à máxima corrente permanente para o dispositivo-fusível e o segundo valor I_{ch} corresponde à característica G do fusível.
- Um fusível “aM” é caracterizado por um valor de corrente I_n e pela característica tempo-corrente, como definido em 9.4.3.3.1 e na Figura 2 do Anexo F.

6.6. Seletividade de fusíveis



Na prática, a seletividade com fusíveis em série é dada por:

- Até 230 V

$$\frac{F1}{F2} = 1,25$$

- Em 500 V

$$\frac{F1}{F2} = 1,6$$

6.7. Tipos de Fusíveis

Fusíveis NH

Na Europa foram desenvolvidos os fusíveis denominados NH (abreviação de baixa tensão – niederspannungs e alta potência – Hochleistungs) com contato tipo lâmina para encaixar.

Para retirada dos fusíveis com circuito energizado foi desenvolvida um punho isolante destacável.

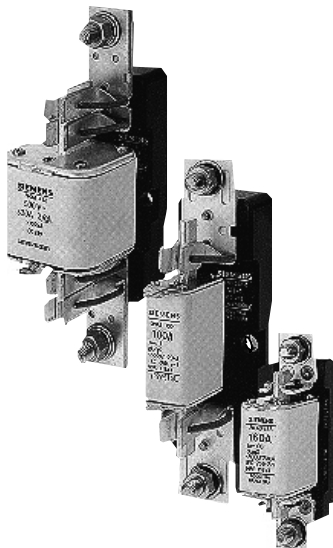
Os NH podem ser montados como lâminas (facas) de seccionador constituindo uma chave fusível eliminando a necessidade de uma chave seccionadora em série com uma base de fusíveis, diminuindo assim o espaço ocupado.

Os fusíveis NH são fabricados para correntes nominais de até 1250 A para circuitos em c.a. até 500V e em cc até 250V. Com alguma restrição para algumas correntes são fabricados até 660V.

Os fusíveis NH têm indicador de operação que é constituído por um fio fino em paralelo com o elo fusível e a indicação é feita por um pistão ou uma bandeira. A corrente é praticamente toda conduzida pelo elo

SIEMENS

fusível de modo que após o rompimento deste a corrente passa a ser conduzida pelo fio que romperá em um intervalo de tempo desprezível após a interrupção do elo.



Fusível tipo D

É um dos mais antigos fusíveis e é denominado “Diazed” e em alguns países simplesmente “Zed” ou ainda “Garrafa”. A designação oficial a ser usada é tipo D (derivado de Diazed).

O contato é feito pelas pontas e isto limita a corrente nominal a 63 A (estendida posteriormente a 100 A) e até 500 V. A limitação é pela dificuldade de contato pelas extremidades e não de projeto do elo fusível. Já chegou a ser produzido até 200 A mas esses projetos acima de 100 A foram abandonados.

O elo fusível é em prata ou cobre prateado e é enchido com quartzo granulado.

Categoria de utilização: gG

Capacidade de interrupção:

70 kA até 500 VCA

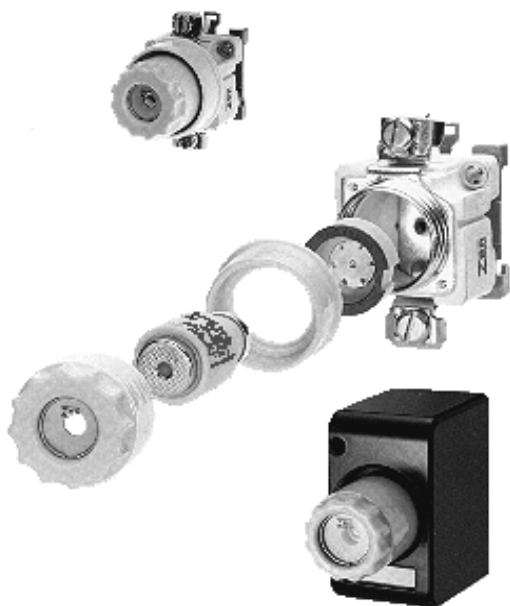
(até 20 A: 100 kA; de 80 A e 100 A: 50 kA)

100 kA até 220 VCC

Estes fusíveis têm também um indicador de operação que libera um botão visível externamente por uma tampa transparente. O corpo é também de esteatita.

O corpo é alojado em uma base e com uma tampa roscada; é provido de anéis de modo a impedir a substituição de uma unidade danificada por outra de maior capacidade.

SIEMENS



Fusíveis (miniatura) NEOZED

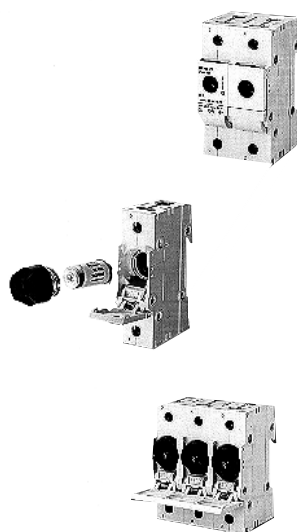
São similares aos Diazed, porém de tamanho reduzido.

São fabricados até 63 A, 400V ca e 250 V cc.

Capacidades de interrupção: 50 kA até 400 V ca
8 kA até 250 V cc

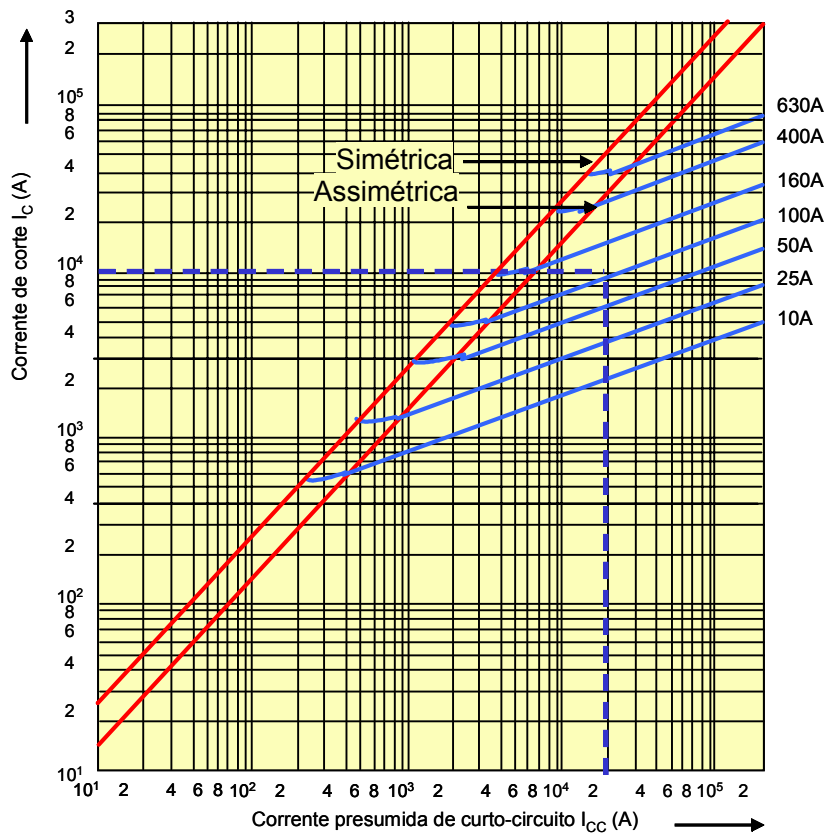
Categoria de utilização: gG

Podem também ser montados como chaves seccionadoras-fusível.

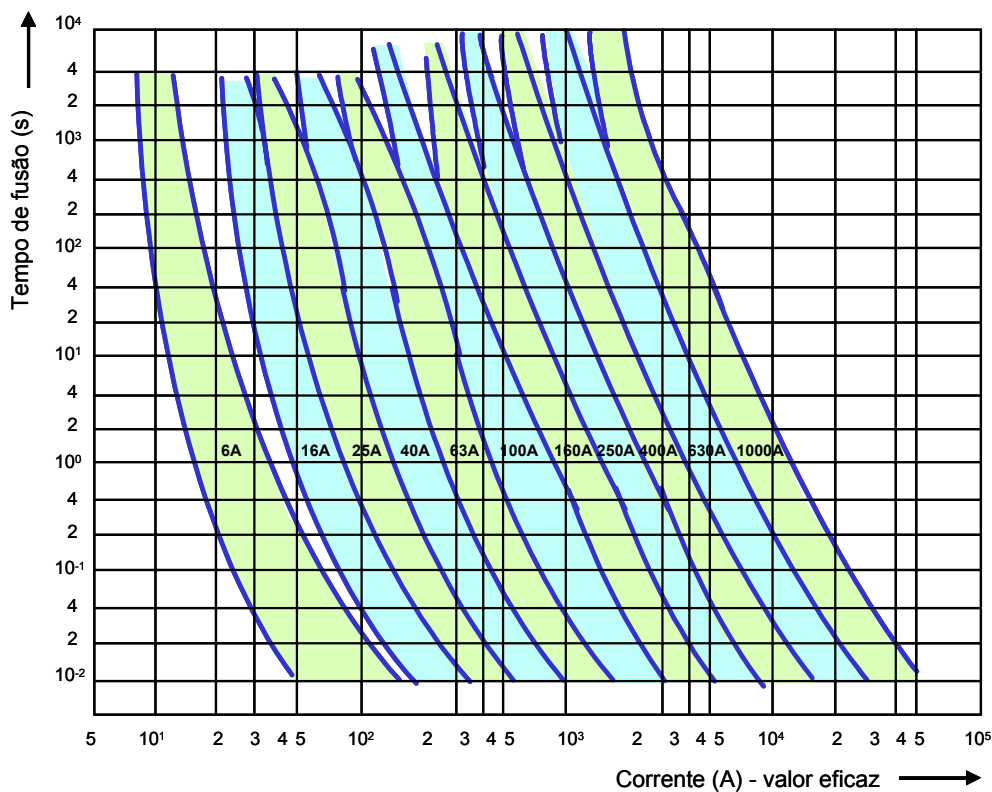


6.8. Curvas

Curva de Limitações

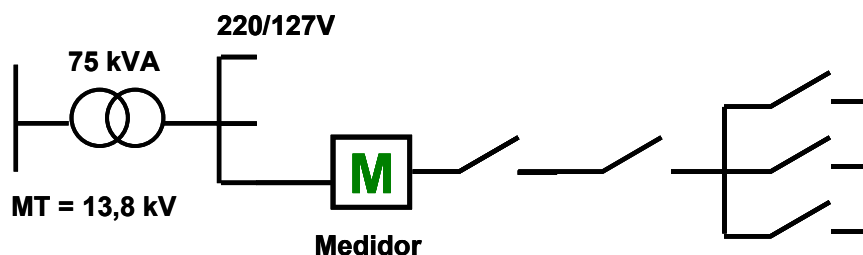


Curva Tempo x Corrente



7. Estudo do caso – Instalações residenciais

Estimativa da corrente de curto-circuito



Casa com as seguintes cargas:

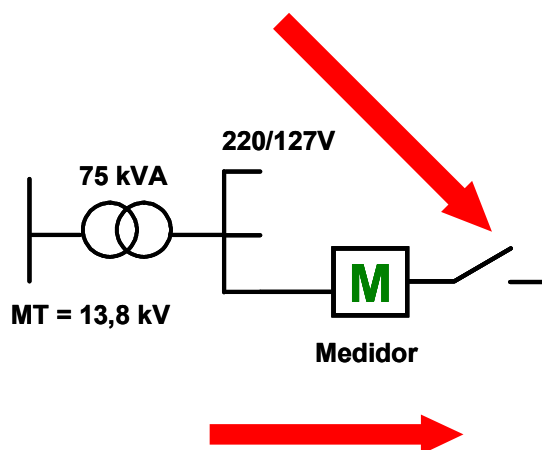
Circuito	Carga	Potencia	Tensão
1	Chuveiro	6.500 W	220 V
2	Iluminação	1.200 W	127 V
3	Tomadas 1	1.200 W	127 V
4	Tomadas 2	1.600 W	127 V
5	Tomadas 3	1.400 W	127 V
6	Máquina de lavar louças	2.700 W	220 V
7	Forno de microondas	1.500 W	127 V
	TOTAL	16.100 W	

Carga Instalada 16,1 kW

Concessionária

FFN
Bifásico 220/127 V
Disjuntor 70A
Cabo # 25 mm²

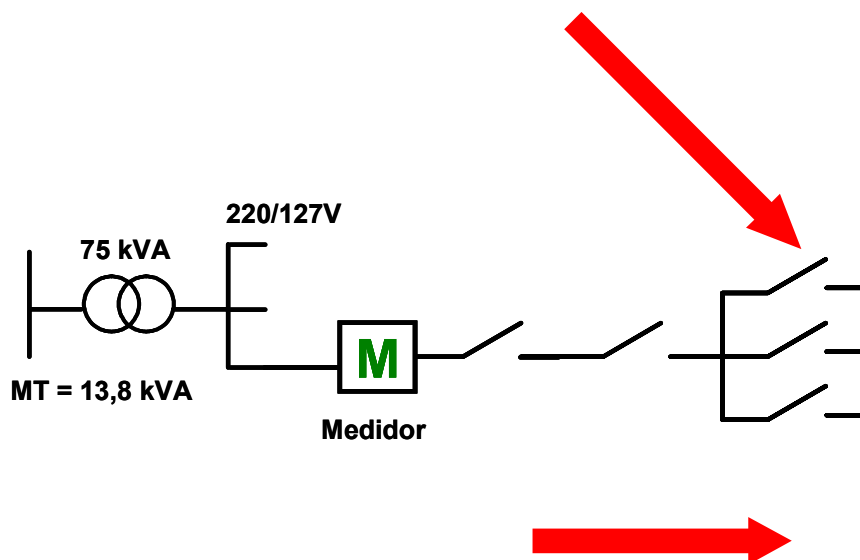
Categoria B3



Dimensionar o disjuntor do padrão de entrada

Transformador 75 kVA				
Comprimento do condutor (m)	Condutores			
	35mm ²	25mm ²	16mm ²	10mm ²
	I _{cc} (kA)	I _{cc} (kA)	I _{cc} (kA)	I _{cc} (kA)
0	4,73	4,62	4,34	3,84
5	4,58	4,38	3,91	3,21
10	4,41	4,12	3,50	2,71
15	4,22	3,85	3,14	2,32
20	4,03	3,59	2,82	2,02
25	3,83	3,34	2,54	1,78
30	3,65	3,12	2,31	1,59
35	3,46	2,91	2,11	1,43
40	3,29	2,72	1,94	1,30
45	3,13	2,56	1,80	1,19
50	2,98	2,40	1,67	1,10
60	2,71	2,14	1,46	0,95
70	2,47	1,93	1,30	0,84
80	2,27	1,75	1,16	0,75
90	2,09	1,60	1,06	0,68
100	1,94	1,47	0,97	0,62

- Transformador de 75 kVA
- No nível de curto-circuito da entrada
- $I_k = 4,62$ kA



Transformador 75 kVA				
Comprimento do condutor (m)	Condutores			
	35mm ²	25mm ²	16mm ²	10mm ²
	I _{cc} (kA)	I _{cc} (kA)	I _{cc} (kA)	I _{cc} (kA)
0	4,73	4,62	4,34	3,84
5	4,58	4,38	3,91	3,21
10	4,41	4,12	3,50	2,71
15	4,22	3,85	3,14	2,32
20	4,03	3,59	2,82	2,02
25	3,83	3,34	2,54	1,78
30	3,65	3,12	2,31	1,59
35	3,46	2,91	2,11	1,43
40	3,29	2,72	1,94	1,30
45	3,13	2,56	1,80	1,19
50	2,98	2,40	1,67	1,10
60	2,71	2,14	1,46	0,95
70	2,47	1,93	1,30	0,84
80	2,27	1,75	1,16	0,75
90	2,09	1,60	1,06	0,68
100	1,94	1,47	0,97	0,62

- Na distância do quadro para a entrada e na seção do cabo
- A distância entre o entrada e o quadro de distribuição é de 25 metros.
- No nível de curto circuito da entrada
- I_k = 3,34 kA

Circuito	Carga	Potencia	Tensão	Condutor	Disjuntor
1	Chuveiro	6.500 W	220 V		
2	Iluminação	1.200 W	127 V		
3	Tomadas 1	1.200 W	127 V		
4	Tomadas 2	1.600 W	127 V		
5	Tomadas 3	1.400 W	127 V		
6	Máquina de lavar louças	2.700 W	220 V		
7	Forno de microondas	1.500 W	127 V		
	TOTAL	16.100 W			

Maior potência em Watts que pode ser ligado por circuito em uma rede 220/127V

Seção	1 circuito						2 circuitos					
	FN		FF		FFF		FN		FF		FFF	
	Potên	Disjun	Potên	Disjun	Potên	Disjun	Potên	Disjun	Potên	Disjun	Potên	Disjun
	cia (W)	tor (A)	cia (W)	tor (A)	cia (W)	tor (A)	cia (W)	tor (A)	cia (W)	tor (A)	cia (W)	tor (A)
1.5	2.032	16	3.520	16	4.954	13	1.651	13	2.860	13	3.811	10
2.5	2.540	20	4.400	20	7.621	20	2.032	16	3.520	16	6.097	16
4.0	3.175	25	5.500	25	9.526	25	3.175	25	5.500	25	7.621	20
6.0	5.080	40	8.800	40	12.194	32	4.064	32	7.040	32	9.526	25
10.0	6.350	50	11.000	50	19.053	50	5.080	40	8.800	40	15.242	40
16.0	8.890	70	15.400	70	24.006	63	6.350	50	11.000	50	19.053	50
25.0	12.700	100	22.000	100	30.484	80	10.160	80	17.600	80	26.674	70
35.0	15.875	125	27.500	125	38.105	100	12.700	100	22.000	100	30.484	80

Maior potência em Watts que pode ser ligado por circuito em uma rede 220/127V

Seção	3 circuitos						4 circuitos					
	FN		FF		FFF		FN		FF		FFF	
	Potên	Disjun	Potên	Disjun	Potên	Disjun	Potên	Disjun	Potên	Disjun	Potên	Disjun
	cia (W)	tor (A)	cia (W)	tor (A)	cia (W)	tor (A)	cia (W)	tor (A)	cia (W)	tor (A)	cia (W)	tor (A)
1.5	1.270	10	2.200	10	3.811	10	1.270	10	2.200	10	3.811	10
2.5	2.032	16	3.520	16	4.954	13	1.651	13	2.860	13	4.954	13
4.0	2.540	20	4.400	20	6.097	16	2.540	20	4.400	20	6.097	16
6.0	3.175	25	5.500	25	9.526	25	3.175	25	5.500	25	7.621	20
10.0	4.064	32	7.040	32	12.194	32	4.064	32	7.040	32	12.194	32
16.0	6.350	50	11.000	50	15.242	40	6.350	50	11.000	50	15.242	40
25.0	8.890	70	15.400	70	24.006	63	8.001	63	13.860	63	19.053	50
35.0	10.160	80	17.600	80	26.674	70	10.160	80	17.600	80	26.674	70

Circuito	Carga	Potencia	Tensão	Condutor	Disjuntor
1	Chuveiro	6.500 W	220 V	6.0 mm ²	40 A
2	Iluminação	1.200 W	127 V		
3	Tomadas 1	1.200 W	127 V		
4	Tomadas 2	1.600 W	127 V		
5	Tomadas 3	1.400 W	127 V		
6	Máquina de lavar louças	2.700 W	220 V		
7	Forno de microondas	1.500 W	127 V		
	TOTAL	16.100 W			

Maior potência em Watts que pode ser ligado por circuito em uma rede 220/127V

Seção	1 circuito						2 circuitos					
	FN		FF		FFF		FN		FF		FFF	
	Potên cia (W)	Disjun tor (A)	Potên cia (W)	Disjun tor (A)	Potên cia (W)	Disjun tor (A)	Potên cia (W)	Disjun tor (A)	Potên cia (W)	Disjun tor (A)	Potên cia (W)	Disjun tor (A)
1.5	2.032	16	3.520	16	4.954	13	1.651	13	2.860	13	3.811	10
2.5	2.540	20	4.400	20	7.621	20	2.032	16	3.520	16	6.097	16
4.0	3.175	25	5.500	25	9.526	25	3.175	25	5.500	25	7.621	20
6.0	5.080	40	8.800	40	12.194	32	4.064	32	7.040	32	9.526	25
10.0	6.350	50	11.000	50	19.053	50	5.080	40	8.800	40	15.242	40
16.0	8.890	70	15.400	70	24.006	63	6.350	50	11.000	50	19.053	50
25.0	12.700	100	22.000	100	30.484	80	10.160	80	17.600	80	26.674	70
35.0	15.875	125	27.500	125	38.105	100	12.700	100	22.000	100	30.484	80

Maior potência em Watts que pode ser ligado por circuito em uma rede 220/127V

Seção	3 circuitos						4 circuitos					
	FN		FF		FFF		FN		FF		FFF	
	Potên cia (W)	Disjun tor (A)	Potên cia (W)	Disjun tor (A)	Potên cia (W)	Disjun tor (A)	Potên cia (W)	Disjun tor (A)	Potên cia (W)	Disjun tor (A)	Potên cia (W)	Disjun tor (A)
1.5	1.270	10	2.200	10	3.811	10	1.270	10	2.200	10	3.811	10
2.5	2.032	16	3.520	16	4.954	13	1.651	13	2.860	13	4.954	13
4.0	2.540	20	4.400	20	6.097	16	2.540	20	4.400	20	6.097	16
6.0	3.175	25	5.500	25	9.526	25	3.175	25	5.500	25	7.621	20
10.0	4.064	32	7.040	32	12.194	32	4.064	32	7.040	32	12.194	32
16.0	6.350	50	11.000	50	15.242	40	6.350	50	11.000	50	15.242	40
25.0	8.890	70	15.400	70	24.006	63	8.001	63	13.860	63	19.053	50
35.0	10.160	80	17.600	80	26.674	70	10.160	80	17.600	80	26.674	70

Circuito	Carga	Potencia	Tensão	Cabo	Disjuntor
1	Chuveiro	6.500 W	220 V	6.0 mm ²	40 A
2	Iluminação	1.200 W	127 V	1.5 mm ²	10 A
3	Tomadas 1	1.200 W	127 V	1.5 mm ²	10 A
4	Tomadas 2	1.600 W	127 V	2.5 mm ²	16 A
5	Tomadas 3	1.400 W	127 V		
6	Máquina de lavar louças	2.700 W	220 V		
7	Forno de microondas	1.500 W	127 V		
	TOTAL	16.100 W			

Maior potência em Watts que pode ser ligado por circuito em uma rede 220/127V

Seção	1 circuito						2 circuitos					
	FN		FF		FFF		FN		FF		FFF	
	Potên cia (W)	Disjun tor (A)	Potên cia (W)	Disjun tor (A)	Potên cia (W)	Disjun tor (A)	Potên cia (W)	Disjun tor (A)	Potên cia (W)	Disjun tor (A)	Potên cia (W)	Disjun tor (A)
1.5	2.032	16	3.520	16	4.954	13	1.651	13	2.860	13	3.811	10
2.5	2.540	20	4.400	20	7.621	20	2.032	16	3.520	16	6.097	16
4.0	3.175	25	5.500	25	9.526	25	3.175	25	5.500	25	7.621	20
6.0	5.080	40	8.800	40	12.194	32	4.064	32	7.040	32	9.526	25
10.0	6.350	50	11.000	50	19.053	50	5.080	40	8.800	40	15.242	40
16.0	8.890	70	15.400	70	24.006	63	6.350	50	11.000	50	19.053	50
25.0	12.700	100	22.000	100	30.484	80	10.160	80	17.600	80	26.674	70
35.0	15.875	125	27.500	125	38.105	100	12.700	100	22.000	100	30.484	80

Maior potência em Watts que pode ser ligado por circuito em uma rede 380/220V

Seção	3 circuitos						4 circuitos					
	FN		FF		FFF		FN		FF		FFF	
	Potên cia (W)	Disjun tor (A)	Potên cia (W)	Disjun tor (A)	Potên cia (W)	Disjun tor (A)	Potên cia (W)	Disjun tor (A)	Potên cia (W)	Disjun tor (A)	Potên cia (W)	Disjun tor (A)
1.5	1.270	10	2.200	10	3.811	10	1.270	10	2.200	10	3.811	10
2.5	2.032	16	3.520	16	4.954	13	1.651	13	2.860	13	4.954	13
4.0	2.540	20	4.400	20	6.097	16	2.540	20	4.400	20	6.097	16
6.0	3.175	25	5.500	25	9.526	25	3.175	25	5.500	25	7.621	20
10.0	4.064	32	7.040	32	12.194	32	4.064	32	7.040	32	12.194	32
16.0	6.350	50	11.000	50	15.242	40	6.350	50	11.000	50	15.242	40
25.0	8.890	70	15.400	70	24.006	63	8.001	63	13.860	63	19.053	50
35.0	10.160	80	17.600	80	26.674	70	10.160	80	17.600	80	26.674	70

Circuito	Potencia	Tensão	Condutor	Disjuntor	Modelo Disjuntor
1	6.500 W	220 V	6.0 mm ²	40 A	5SX1 240-7
2	1.200 W	127 V	1.5 mm ²	10 A	5SX1 110-6/7
3	1.200 W	127 V	1.5 mm ²	10 A	5SX1 110-6/7
4	1.600 W	127 V	2.5 mm ²	16 A	5SX1 116-6/7
5	1.400 W	127 V	2.5 mm ²	16 A	5SX1 116-6/7
6	2.700 W	220 V	2.5 mm ²	16 A	5SX1 216-6/7
7	1.500 W	127 V	2.5 mm ²	16 A	5SX1 116-6/7
	16.100 W				

Diagrama unifilar da instalação

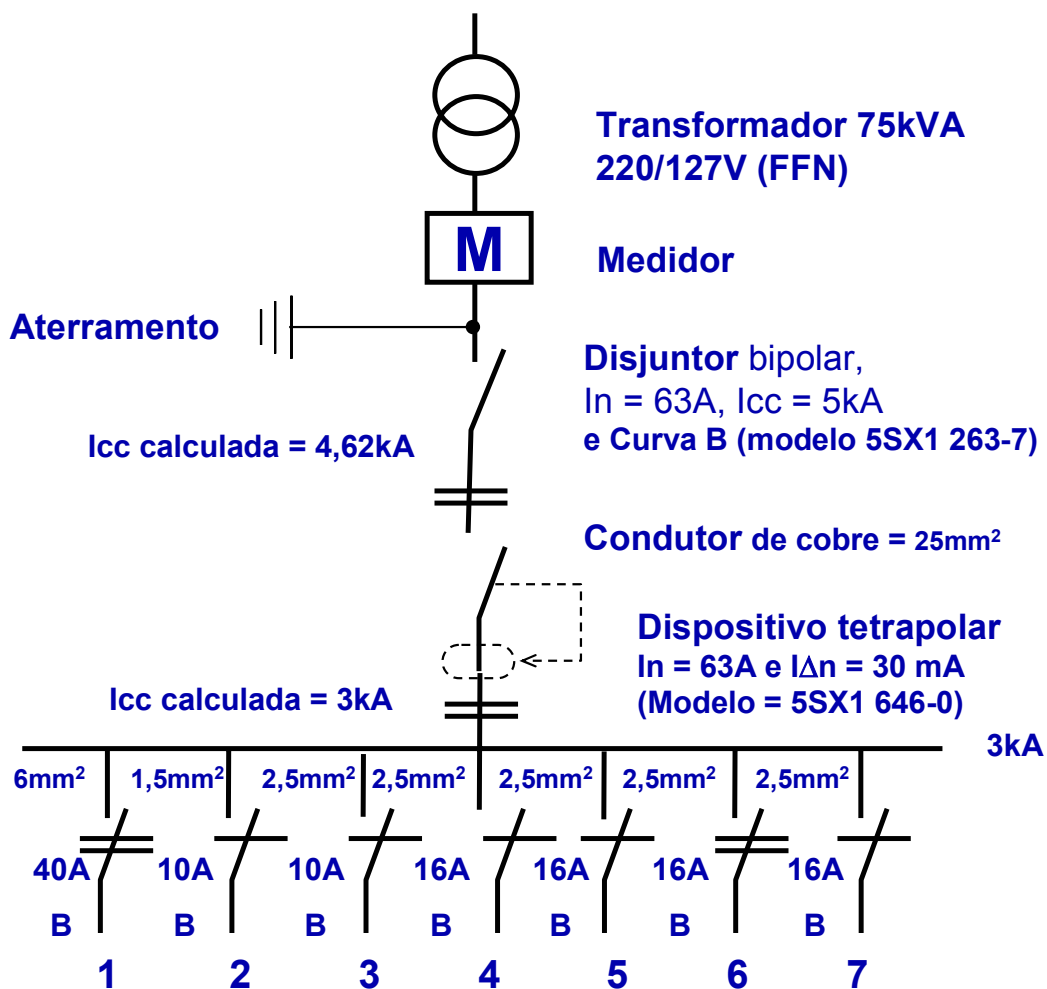


Figura 16 – Diagrama unifilar da instalação

8. Glossário

Z_{cc} é a impedância equivalente de todas as impedâncias situadas a montante do interruptor

Z_s é a impedância de carga

X_T é a reatância do transformador

R_T é a resistência do transformador

R_R é a resistência do ramal de entrada

R_A é a resistência do alimentador

R_C é a resistência do circuito terminal

I_B é a corrente de projeto do circuito;

I_z é a capacidade de condução de corrente dos condutores, nas condições previstas para sua instalação (ver 6.2.4);

I_n é a corrente nominal do dispositivo de proteção (ou corrente de ajuste, para dispositivos ajustáveis), nas condições previstas para sua instalação;

I_2 é a corrente convencional de atuação, para disjuntores, ou corrente convencional de fusão, para fusíveis.

$\int_0^t i^2 dt$ é a integral de Joule que o dispositivo de proteção deixa passar, em ampères quadrados-segundo;

$k^2 S^2$ é a integral de Joule para aquecimento do condutor desde a temperatura máxima para serviço contínuo até a temperatura de curto-circuito, admitindo aquecimento adiabático, sendo:

t_c é o tempo convencional

gR: semicondutores.

gB: instalações de mineração

gL: condutores (fios e cabos)

gTR: transformadores

Normas brasileiras

NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa tensão

NBR IEC 60898 - Disjuntores para proteção de sobrecorrentes para instalações domésticas e similares

NBR IEC 60947-2 - Dispositivos de manobra e comando de baixa tensão - Parte 2: Disjuntores

NBR 5361 - Disjuntores de baixa tensão - Especificação

NBR IEC 50 (826) - Vocabulário eletrotécnico internacional – Capítulo 826 Instalações elétricas em edificações

IEC 60781

NBR 11840 - Dispositivos fusíveis de baixa tensão - Especificação

IEC 60949

9. Apêndice

9.1 Estabelecimento da corrente de curto-circuito

Para entender como se estabelece uma corrente de curto-circuito, toma-se como exemplo, uma instalação simplificada, que se reduz a uma fonte de tensão, um interruptor, uma impedância Z_{cc} representando todas as impedâncias situadas a montante do interruptor e uma impedância de carga Z_s , como mostra a figura 2. Analisemos agora duas condições de operação:

- Fechando o interruptor, a corrente que circula pelo circuito é a corrente de carga, que é limitada pela impedância de carga Z_s , que é muito maior que a impedância equivalente a montante Z_{cc}
- Ocorrendo uma falta de impedância desprezível entre os pontos A e B, tirando do circuito o efeito da impedância Z_s ($Z_s=0$) circula pelo circuito uma corrente, limitada unicamente pela impedância Z_{cc} , e portanto, muito elevada I_{cc} .

Analisando um pouco mais a segunda condição de operação, que é o que nos interessa agora, a corrente I_{cc} se estabelece segundo um regime transitório em função da reatância indutiva X e resistência R , que compõe a impedância Z_{cc} . É freqüente o uso da razão R/X para caracterizar o regime transitório do curto-circuito (o circuito equivalente da figura 2 é um circuito RL, onde $X=\omega L$ e L/R é a constante de tempo do circuito RL) e pode-se definir ainda $\cos\phi_{cc}$, como sendo:

$$\cos \phi_{cc} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X^2}}$$

Pode-se concluir então que se o transitório depende da relação R/X a montante, que é o somatório de todas as componentes: gerador, condutores, transformadores e qualquer outro equipamento a montante. Dependendo da característica da impedância predominante o transitório pode mudar. Um ponto importante, neste contexto, é a impedância do gerador que varia durante o curto-circuito, o que provoca o aparecimento de um modo dinâmico a mais na onda de corrente, quando esta impedância é predominante na impedância equivalente. Esta impedância é predominante na soma quando a falta ocorre perto do gerador, isto porque, a impedância da rede é muito menor que a impedância do gerador. Quando a falta ocorre longe do gerador este modo dinâmico não aparece na onda de corrente, isto porque, a impedância da rede é muito maior que a impedância do gerador. É importante ressaltar que este distanciamento não implica necessariamente em distanciamento geográfico, mas sim na condição de que impedância da rede desde o gerador até a falta seja muito maior que a impedância do gerador.

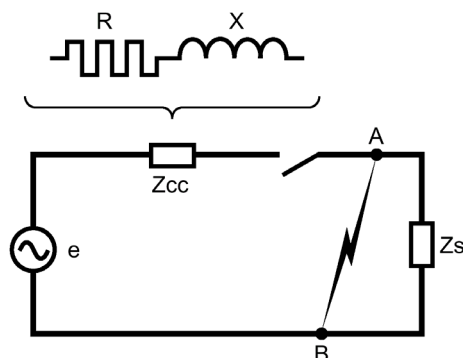


Figura 17 – Corrente de curto-circuito

9.2. Corrente de curto-circuito para falta distante do gerador

Para simplificar o estudo da variação da corrente do curto-circuito com o tempo, pode-se supor que a falta sempre ocorre distante do gerador. Esta suposição, que no caso das instalações elétricas industriais não altera os resultados, ponto de vista das especificações dos equipamentos, faz com que os cálculos se tornem muito mais simples.

A partir do estudo de um circuito RL da figura 2 supondo o gerador como uma fonte de corrente alternada com a seguinte equação:

$$e = E \cdot \text{sen}(\omega \cdot t + \alpha)$$

Da teoria de análise de um circuito RL pode-se dizer que a corrente resultante (i) será a soma de uma componente periódica (i_{ac}) e uma componente aperiódica (i_{dc}), como a seguir:

$$i = i_{ac} + i_{dc}$$

A componente da corrente periódica (i_{ac}) é da forma:

$$i_{ac} = I \cdot \text{sen}(\omega \cdot t + \alpha),$$

onde:

$I = E / Z_{cc}$ é intensidade máxima de corrente.

α ângulo que caracteriza a defasagem entre o início do curto-circuito e a origem da onda de tensão.

A componente da corrente aperiódica (i_{dc}) é da forma:

$$i_{dc} = -I \sin \alpha e^{\frac{-R}{L}t} \quad \text{seu valor inicial depende de } \alpha, \text{ e o seu amortecimento de } R/L.$$

Como a corrente de carga é muito menor que a corrente de curto-circuito, pode ser desprezada, então no instante inicial do curto-circuito, a corrente é nula por definição, ou seja:

$$i = i_{ac} + i_{dc} = 0$$

A figura 3 mostra a construção gráfica da corrente de curto-circuito e suas componentes.

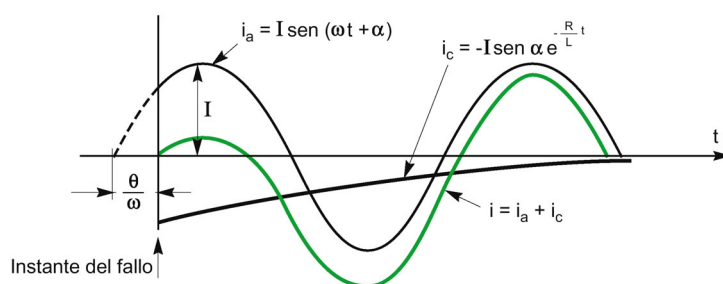
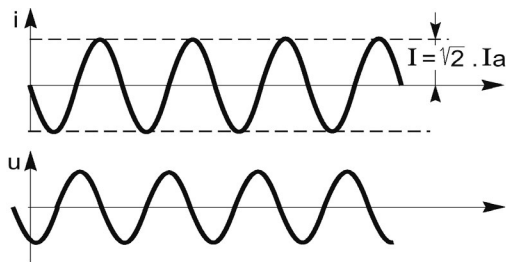


Figura 18 – Corrente de curto-circuito e suas componentes periódica e aperiódica

A figura 4 apresenta as curvas de tensão e corrente para os dois casos extremos de $\cos \phi_{cc}$. Pode-se verificar que quanto maior a relação R/X menor será o $\cos \phi_{cc}$ e menor a assimetria da corrente.

a) simétrico



b) assimétrico

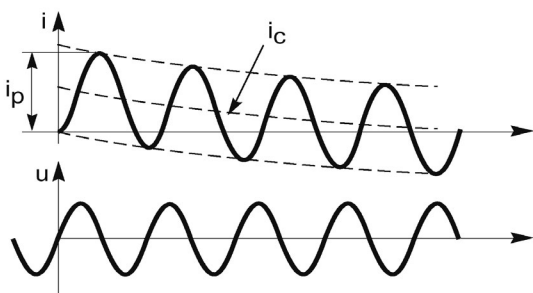


Figura 19 - Defeito distante dos alternadores

9.3. Metodologia para o cálculo do curto-circuito

Para as instalações de baixa tensão pode se usar um método simplificado proposto na IEC 60781 que permite obter resultados satisfatórios. As hipóteses simplificadoras empregadas são:

- A falta é admitida distante de qualquer gerador e é alimentada em um único ponto.
- A rede considerada é de baixa tensão e radial,
- 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,
- A falta é direta, ou seja, são desprezadas todas as resistências de contato e de arco,
- A falta é simultânea em todas as fases em um curto-circuito polifásico,
- 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,
- São desprezadas todas as capacitâncias das linhas, assim como, as admitâncias paralelas,
- As faltas duplas para a terra em diferentes locais não são consideradas.
- Os transformadores são considerados com o tap na posição nominal.
- São desprezadas as contribuições dos motores;
- As impedâncias de seqüência positiva e de seqüência negativa são consideradas iguais.
- A corrente de carga é desprezível,

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. De fato para se projetar uma instalação elétrica de BT 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 de alta ou de baixa tensão, devem ser levados em consideração os dados obtidos da concessionária.

Duas correntes de curto-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.

9.4. Modelo matemático para cálculo da corrente de curto-circuito

Podemos utilizar o circuito da figura 1 para determinação da corrente de curto-circuito, sendo que V é a fonte e Z a somatória de todas as impedâncias, consideradas no trecho da instalação envolvido no curto-circuito. Neste circuito pela lei de Ohm pode-se dizer que $i = V/Z$.

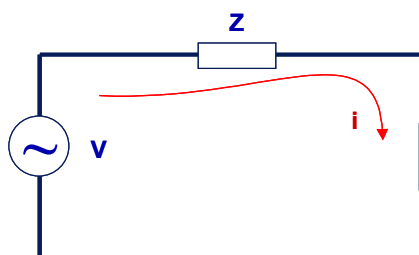


Figura 20 – Circuito elétrico básico

Considerando o diagrama unifilar simplificado de uma residência, na figura 2, tem-se a rede pública de distribuição como fonte de tensão secundária, esta fonte é ligada à instalação de entrada, composta pelo ramal de entrada, este por sua vez ao medidor e ao disjuntor geral. Na instalação interna do consumidor tem-se o circuito alimentador o quadro de distribuição e o circuito terminal, onde é ligada uma tomada de corrente.

Vamos considerar dois pontos possíveis de curto-circuito, para uma breve análise. Primeiro um curto na entrada (onde podemos ver um X) e um curto-circuito no final da instalação na tomada de corrente.

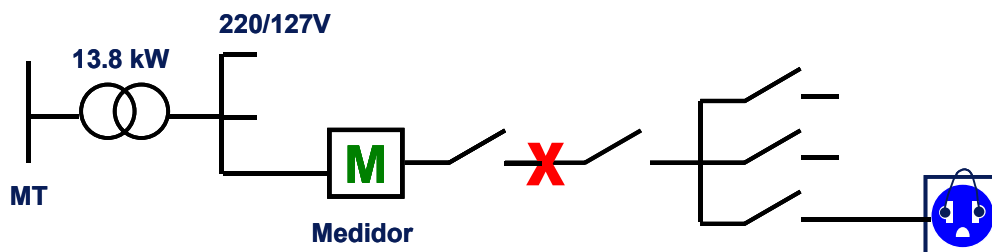
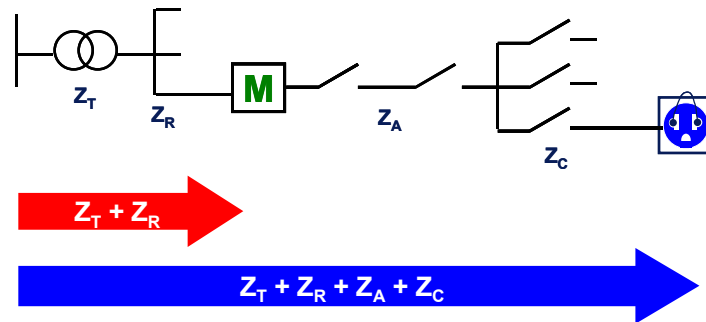


Figura 21 – Resumo da teoria

O primeiro curto-circuito envolve a fonte e o ramal de entrada, portanto a impedância total será a soma da impedância do transformador e a impedância do ramal de entrada. Enquanto que o segundo curto-circuito envolve todo o caminho até a tomada consistindo dos seguintes componentes: fonte, ramal de entrada, alimentador e circuito terminal. Portanto a impedância do percurso do segundo curto-circuito é a somatória das impedâncias dos componentes. A figura a seguir mostra a equação da corrente de curto-circuito para os dois casos.



$$I_{CCtomada} = \frac{V}{Z_T + Z_R + Z_A + Z_C}$$

$$I_{CCentrada} = \frac{V}{Z_T + Z_R}$$

Figura 22 – Cálculo de curto-circuito

O método proposto pela IEC 60781 consiste em determinar numericamente a tensão da fonte e as impedâncias dos componentes da instalação envolvidos no percurso do curto-circuito. Para isto é dado o modelo matemático das impedâncias dos componentes mais frequentes encontrados nas instalações elétricas de baixa tensão.

9.5. Transformadores MT/BT

A impedância do transformador de uma rede de MT, visto do lado da baixa tensão, pode ser representado pelo circuito RL dado abaixo:

Onde:

$$Z_T = \frac{u^2}{S} \times \frac{u}{100}$$

$$R_T = 0,31.Z_T$$

$$X_T = 0,95.Z_T$$

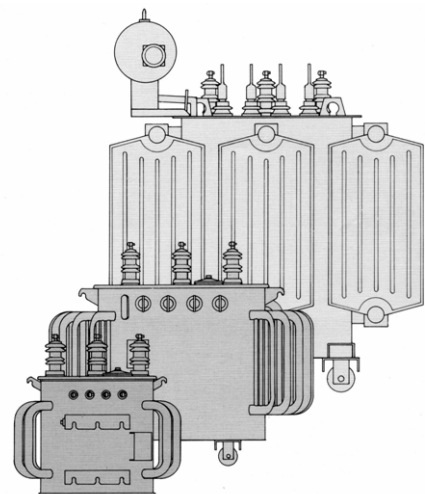
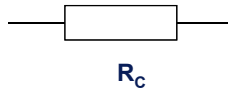


Figura 23 – Transformadores

9.6. Linhas Elétricas

A impedância das linhas elétricas pode ser obtida nos catálogos dos fabricantes, normalmente dada em termos da resistência por unidade de comprimento e da reatância por unidade de comprimento. Para cabos de pequena seção transversal valor da reatância é desprezível em relação a resistência. No caso das instalações residenciais onde são usados somente cabos de até 35mm^2 pode-se simplificar mais ainda o modelo, desprezando-se a reatância, como uma resistência pura.



Seção (mm^2)	R_c ($\text{m}\Omega / \text{mm}$)
1,5	12,1
2,5	7,41
4,0	4,61
6,0	3,08
10,0	1,83
16,0	1,15
25,0	0,72
35,0	0,52

Figura 9 – Cabo até 35mm^2

9.7. Disjuntores

Será desprezada a impedância dos disjuntores.

10. Anotações

Fábrica**São Paulo:**

Rua Cel. Bento Bicudo, 111
Lapa 05069-900

Tel. (55 11) 3833-4511

Fax (55 11) 3833-4655

Vendas**Belo Horizonte:**

Tel. (55 31) 3289-4400

Fax (55 31) 3289-4444

Brasília:

Tel. (55 61) 348-7600

Fax (55 61) 348-7639

Campinas:

Tel. (55 19) 3754-6100

Fax (55 19) 3754-6111

Curitiba:

Tel. (55 41) 360-1171

Fax (55 41) 360-1170

Fortaleza:

Tel. (55 85) 261-7855

Fax (55 85) 244-1650

Porto Alegre:

Tel. (55 51) 3358-1818

Fax (55 51) 3358-1714

Recife:

Tel. (55 81) 3461-6200

Fax (55 81) 3461-6276

Rio de Janeiro:

Tel. (55 21) 2583-3379

Fax (55 21) 2583-3474

Salvador:

Tel. (55 71) 340-1421

Fax (55 71) 340-1433

São Paulo:

Tel. (55 11) 3817-3000

Fax (55 11) 3817-3071

Produtos e Sistemas Industriais,
Prediais e Automação Siemens
Central de Atendimento Siemens
Tel. 0800-119484

e-mail: atendimento@siemens.com.br

www.siemens.com.br