

ALIMENTADORES
Crêterios para Dimensionamento

ÍNDICE	PÁG.
1 - OBJETIVO	3
2 - DOCUMENTOS DE REFRÊNCIA.....	3
2.1 - Planilhas.....	3
3 - INTRODUÇÃO	3
4 - CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE	3
5 - REATÂNCIAS E RESITÊNCIAS	3
5.1 - Reatâncias	4
5.2 - Resistências	4
6 - CURTO CIRCUITO	5
6.1 - Curto Circuito da Fonte	6
6.2 - Comprimento Mínimo do Cabo	6
6.3 - Tempo Máximo de Atuação da Proteção.....	9
6.4 - Conclusões	12

1 - OBJETIVO

O objetivo deste informativo é o de definir alguns critérios para auxiliar no dimensionamento dos alimentadores, quando não se dispõe das informações exatas dos fabricantes dos condutores e das instalações.

2 - DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

2.1 - Planilhas

PL.EL.SA.CA.06.R1 Alimentadores – Critérios para Dimensionamento

3 - INTRODUÇÃO

Quando se faz o dimensionamento dos condutores de uma instalação, não se conhecem os dados exatos dos cabos que serão utilizados nem das condições finais da sua montagem e operação. Entretanto, previamente, esses condutores devem ser definidos para desenvolvimento dos projetos e compra dos materiais.

O dimensionamento normalmente é feito por profissionais experientes que, sem superdimensionar os condutores, conseguem defini-los com bastante aproximação. Para isto, os profissionais envolvidos devem ter conhecimento das cargas, suas condições de operação, locais e tipos de instalação.

Como as informações reais dos condutores somente estão disponíveis no final da montagem, seria muito caro e trabalhoso substituir condutores que não estejam dimensionados corretamente e/ou instalados conforme previsto. Desta forma, o que se deve fazer é, com base na experiência dos profissionais e adotando os fatores de segurança adequados, realizar o dimensionamento que venha a representar a realidade futura, ou seja, esse dimensionamento deveria garantir que não será necessário alterá-lo.

Durante o desenvolvimento dos trabalhos ocorrem alterações, nas cargas e condições de operação e/ou instalação, que implicam na revisão ou verificação do dimensionamento de seus circuitos, ainda a tempo de efetuar correções. Entretanto, caso haja ocorrido alguma falha em algum dimensionamento, o que se pode fazer, antes de condenar um circuito, é uma verificação detalhada, aplicando também os conceitos aqui definidos.

4 - CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE

A capacidade de condução de corrente dos cabos depende, principalmente, dos materiais do condutor e do isolamento, tipo de instalação, temperatura ambiente, agrupamento dos circuitos e fatores de projeto. As capacidades de condução de corrente, bem como os fatores de correção, são definidas em detalhes pelas normas aplicáveis. Em função da grande variedade de alternativas, a capacidade de condução de corrente dos cabos não será objeto de discussão neste informativo.

A diferença de custo dos cabos não está no tipo de isolamento, mas no material do condutor, normalmente cobre. Portanto, se deve dar preferência a condutores isolados com EPR/XLPE, que têm uma capacidade de condução de corrente aproximadamente 30% maior que os cabos isolados com PVC, suportam uma temperatura maior durante um curto circuito, 250°C para EPR/XLPE contra 160°C do PVC e, praticamente, com o mesmo custo.

5 - REATÂNCIAS E RESISTÊNCIAS

Os valores das reatâncias e resistências dos condutores são informados pelos fabricantes e são calculados em função das características construtivas dos cabos. Entretanto, quando se faz um projeto é necessário realizar o dimensionamento sem ter essas informações.

Visando estabelecer algum critério para calcular as quedas de tensão, de acordo com os outros informativos técnicos, os valores das reatâncias e resistências dos cabos se podem definir com bastante aproximação, como se pretende mostrar adiante.

5.1 - Reatâncias

O valor da reatância dos condutores que pode ser adotado, com bastante aproximação, para qualquer seção em 50Hz é 0,080Ω/km. A reatância, que referida a 60Hz será:

$$X_{60Hz} = 0,080 \times \frac{60}{50} = 0,096 \Omega/km$$

5.2 - Resistências

Como a resistividade do cobre a 20°C (ρ_{20}) é 58 Ωmm²/m e a resistividade na temperatura θ é dada pela equação:

$$\rho_{\theta} = \frac{1000}{\rho_{20}} [1 + 0,00393(\theta - 20)]$$

$$\rho_{\theta} = \frac{1000}{58} [1 + 0,00393(\theta - 20)]$$

$$\rho_{\theta} = 17,241 [1 + 0,00393(\theta - 20)]$$

Onde:

ρ_{θ} resistividade do cobre na temperatura θ (Ω/km)

Para 70°C $\rho_{70} = 20,629 \Omega mm^2/km$

Para 90°C $\rho_{90} = 21,984 \Omega mm^2/km$

O valor aproximado da resistência dos cabos será dado pela fórmula:

$$R_{S_{\theta}} = \frac{\rho_{\theta}}{S}$$

Onde:

$R_{S_{\theta}}$ - Resistência do cabo de cobre com seção S na temperatura θ (Ω/km);

S - Seção nominal do cabo (mm²);

Para os cabos isolados em PVC e EPR/XLPE, as resistências e reatâncias, em Ω/km são as indicadas nas tabelas a seguir:

Dados dos Cabos		
S	R70	X60Hz
2,5	8,252	0,096
4	5,157	0,096
6	3,438	0,096
10	2,063	0,096
16	1,289	0,096
25	0,825	0,096
35	0,589	0,096
50	0,413	0,096
70	0,295	0,096
95	0,217	0,096
120	0,172	0,096
150	0,138	0,096
185	0,112	0,096
240	0,086	0,096

Dados dos Cabos		
S	R90	X60Hz
2,5	8,794	0,096
4	5,496	0,096
6	3,664	0,096
10	2,198	0,096
16	1,374	0,096
25	0,879	0,096
35	0,628	0,096
50	0,440	0,096
70	0,314	0,096
95	0,231	0,096
120	0,183	0,096
150	0,147	0,096
185	0,119	0,096
240	0,092	0,096

Quando a corrente que circula no cabo é inferior à corrente admissível, a temperatura estimada de operação (θ) pode ser calculada pela fórmula:

$$\theta = \theta_0 + (\theta_{Max} - \theta_0) \cdot \frac{I}{I_{Max}}$$

Onde:

θ_0 - Temperatura ambiente (do condutor sem carga, normalmente 40°C)

θ_{Max} - Temperatura máxima do condutor

I - Corrente real do condutor (A)

I_{Max} - Corrente máxima admissível no condutor na temperatura máxima (A);

Por exemplo, se um cabo isolado em EPR/XLPE de seção nominal 120mm², que suporta uma corrente de 279A quando instalado em bandeja, estiver conduzindo uma corrente de 190A, a sua temperatura estimada de operação será:

$$\theta = 40 + (90 - 40) \cdot \frac{190}{279}$$

$$\theta = 74,1^\circ\text{C}$$

Portanto,

$$\rho_{74,1} = 17,241[1 + 0,00393(74,1 - 20)]$$

$$\rho_{74,1} = 20,907$$

$$R_{12074,1} = \frac{20,907}{120} = 0,1742\Omega/km$$

Esses valores podem ser utilizados para os cálculos mais precisos das quedas de tensão.

6 - CURTO CIRCUITO

A escolha de cabos pelo critério de curto-circuito deve atender a seguinte condição:

$$I^2 t \leq k^2 \cdot S^2$$

Onde:

I Corrente de curto circuito (A)

t Tempo de duração do defeito (s)

k Constante que depende do material do cabo e do isolamento (A²s/mm²)

S Seção do condutor (mm²)

Os valores de k para cabos de cobre são:

$k=143$ Para cabos isolados em EPR/XLPE, com temperatura inicial de 90°C e final 250°C;

$k=115$ Para cabos com seção igual ou inferior a 300mm², isolados em PVC, com temperatura inicial de 70°C e final 160°C;

No caso do alimentador ser formado por mais de um cabo por fase, e o defeito for considerado em um trecho do percurso, a verificação deve ser feita apenas para um dos cabos, ou seja, a corrente total de curto não se divide entre os cabos da mesma fase, circula apenas no cabo com defeito.

Os cálculos dos cabos, pelo critério de curto circuito, podem ser feitos considerando:

- Que a corrente que vai circular pelo cabo é a mesma corrente de curto circuito da fonte. Este critério garante que, em caso de defeito, em qualquer ponto do circuito, o cabo não sofrerá danos se a corrente de defeito for interrompida no tempo estabelecido no cálculo. Este critério deve ser aplicado nos casos em que o comprimento dos alimentadores é muito curto ou que, em caso de defeito, em qualquer ponto do alimentador, o cabo poderá ser reparado.

- Que a corrente que vai circular pelo cabo será limitada pela sua impedância. Este critério deve ser aplicado sempre que, o comprimento do alimentador for superior ao comprimento mínimo que garante que a corrente de curto circuito, que vai circular pelo cabo, será inferior

à corrente máxima suportável pelo cabo, se a corrente de efeito for interrompida no tempo definido. Se o defeito no cabo ocorrer a uma distância da fonte, superior ao comprimento mínimo definido, o cabo poderá ser reparado.

- Que o tempo de interrupção do defeito será inferior a um tempo definido. Este critério pode ser aplicado para alimentadores, não muito curtos, nos quais se possa limitar e garantir o tempo de atuação da proteção.

As considerações acima são baseadas na mesma condição, ou seja, $I^2t \leq k^2.S^2$. Apenas o enfoque da consideração é feito para reduzir os custos, atendendo à técnica. Por exemplo, se considerarmos a corrente de curto circuito de um quadro, para dimensionar os condutores dos alimentadores das cargas, todos os cabos deveriam ter a mesma seção mínima. Entretanto, se considerarmos que as correntes de curto circuito serão limitadas pela própria impedância do cabo, ou que o tempo de atuação da proteção vai limitar o tempo do defeito, as seções dos cabos serão reduzidas consideravelmente e verificadas caso a caso.

6.1 - Curto Circuito da Fonte

Este critério de cálculo utiliza, diretamente, a fórmula:

$$I^2t \leq k^2.S^2$$

$$S^2 \geq \frac{I^2t}{k^2}$$

$$S \geq \frac{I_{CC}}{k_{\theta}} \sqrt{t}$$

Onde:

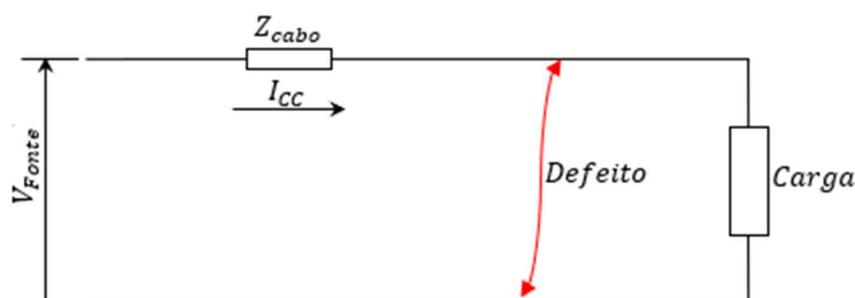
I_{CC} Corrente de curto circuito da fonte (A)

k_{θ} Constante do material do cabo e do isolamento (A^2s/mm^2)

Por este critério, todos os alimentadores com origem na fonte considerada terão a mesma seção mínima, qualquer que seja o comprimento do circuito e a corrente da carga.

6.2 - Comprimento Mínimo do Cabo

Este critério define o comprimento mínimo do cabo que garante que, a corrente de curto circuito que circulará pelo cabo é inferior à capacidade máxima que o cabo suporta. Para definir este comprimento mínimo, o circuito será o da figura abaixo:



Considerando que a potência de curto circuito na fonte seja infinita, o que não vai alterar significativamente o resultado, temos:

$$I_{CC} = \frac{V_{Fonte}}{Z_{cabo}}$$

Onde:

I_{CC} Corrente no ponto de defeito (A)

V_{Fonte} Tensão da fonte (V)

Z_{cabo} Impedância do trecho do cabo (Ω)

A condição mais conservadora será considerar a tensão máxima da fonte, ou seja:

$$V_{Fonte} = V_{Max}$$

$$Z_{cabo} = R_{cabo} + jX_{cabo}$$

$$Z_{cabo} = l \cdot (R_{\theta} + jX_{Hz})$$

Onde:

l Comprimento do cabo (km)

R_{θ} Resistência do cabo na temperatura θ (Ω/km)

X_{Hz} Reatância do cabo na frequência do sistema (Ω/km)

Portanto:

$$\vec{I}_{CC} = \frac{\vec{V}_{Max}}{\vec{Z}_{cabo}}$$

$$|\vec{I}_{CC}| = \left| \frac{\vec{V}_{Max}}{l \cdot (R_{\theta} + jX_{Hz})} \right|$$

$$I_{CC}^2 = \frac{V_{Max}^2}{l^2 (R_{\theta}^2 + X_{Hz}^2)}$$

Substituindo I na fórmula $I^2 t \leq k^2 \cdot S^2$ temos:

$$I_{CC}^2 t \leq k_{\theta}^2 \cdot S^2$$

$$\frac{V_{Max}^2}{l^2 (R_{\theta}^2 + X_{Hz}^2)} \cdot t \leq k_{\theta}^2 \cdot S^2$$

$$l^2 \geq \frac{V_{Max}^2 \cdot t}{k_{\theta}^2 \cdot S^2 (R_{\theta}^2 + X_{Hz}^2)}$$

$$V_{Max} = \frac{V_n \cdot f}{100\sqrt{3}}$$

Onde,

V_n Tensão nominal do sistema (V)

f Fator de tensão máxima (%)

$$l \geq \frac{V_n \cdot f \sqrt{t}}{100\sqrt{3} k_{\theta} \cdot S \sqrt{R_{\theta}^2 + X_{Hz}^2}}$$

Para cabos com isolamento em PVC, tensão nominal do sistema 480V, fator de tensão 110%, para os tempos de duração de curto circuito 0,05s, 0,1s 0,3s e 0,5s, os comprimentos de cabos protegidos são os indicados na tabela a seguir:

$$l \geq \frac{V_n \cdot f \sqrt{t}}{100\sqrt{3} k_{70} \cdot S \sqrt{R_{70}^2 + X_{60Hz}^2}}$$

Utilizando a planilha temos:

CABOS COM ISOLAMENTO EM PVC						
Tensão Nominal do Sistema (Vn)			480	V		
Fator de Tensão Máxima (f)			110	%		
Comprimento do Cabo Protegido (m)						
Dados dos Cabos			Tempo de Interrupção do Defeito (s)			
S (mm²)	R70	X_{60Hz}	0,05	0,10	0,3	0,5
2,5	8,252	0,096	29	41	70	91
4	5,157	0,096	29	41	70	91
6	3,438	0,096	29	41	70	91
10	2,063	0,096	29	41	70	91
16	1,289	0,096	29	41	70	91
25	0,825	0,096	29	40	70	90
35	0,589	0,096	28	40	69	90
50	0,413	0,096	28	40	69	88
70	0,295	0,096	27	39	67	86
95	0,217	0,096	26	37	64	83
120	0,172	0,096	25	35	61	79
150	0,138	0,096	24	33	58	75
185	0,112	0,096	22	31	53	69
240	0,086	0,096	19	27	47	61

Por exemplo, se o tempo máximo de duração de defeito for 0,3s, para que um cabo com seção nominal de 70mm² fique protegido, o comprimento do alimentador deverá ser igual ou superior a 67m ou, o defeito no cabo deverá ocorrer a uma distância da fonte superior a 67m, e o cabo poderá ser reparado no local onde ocorreu o defeito.

Para cabos com isolamento em EPR/XLPE, tensão nominal do sistema 480V, fator de tensão 110%, para os tempos de duração de curto circuito 0,05s, 0,1s 0,3s e 0,5s, os comprimentos de cabos protegidos são os indicados na tabela a seguir:

$$l \geq \frac{V_n \cdot f \sqrt{t}}{100\sqrt{3}k_{90} \cdot S \sqrt{R_{90}^2 + X_{60Hz}^2}}$$

Utilizando a planilha temos:

CABOS COM ISOLAMENTO EM EPR/XLPE						
Tensão Nominal do Sistema (Vn)			480	V		
Fator de Tensão Máxima (f)			110	%		
Comprimento do Cabo Protegido (m)						
Dados dos Cabos			Tempo de Interrupção do Defeito (s)			
S (mm²)	R90	X_{60Hz}	0,05	0,10	0,3	0,5
2,5	8,794	0,096	27	38	66	85
4	5,496	0,096	27	38	66	85
6	3,664	0,096	27	38	66	85
10	2,198	0,096	27	38	66	85
16	1,374	0,096	27	38	66	85
25	0,879	0,096	27	38	66	85
35	0,628	0,096	27	38	65	84
50	0,440	0,096	26	37	65	83
70	0,314	0,096	26	36	63	82
95	0,231	0,096	25	35	61	79
120	0,183	0,096	24	34	58	76
150	0,147	0,096	23	32	55	71
185	0,119	0,096	21	30	51	66
240	0,092	0,096	19	26	46	59

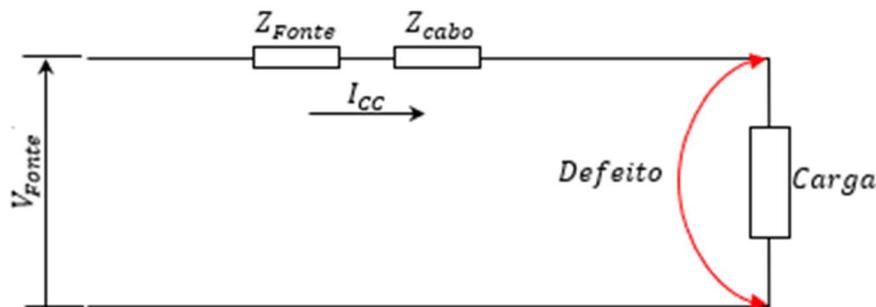
Foi considerado que, no tempo de 0,05 segundos, a componente de corrente contínua da corrente de curto circuito é muito pequena e, portanto, a corrente de curto circuito já é igual à corrente de curto circuito simétrica.

Observar que o comprimento mínimo de cabo protegido quase não varia muito com a seção, mas com o tempo de atuação da proteção. Para um tempo de atuação da proteção de 0,1s, o comprimento de cabo protegido é de 38m para todos os cabos entre 2,5 e 35mm². Portanto, se um cabo não suporta a corrente de curto circuito, para um determinado tempo de atuação da proteção, a solução não será aumentar a seção, mas reduzir o tempo de atuação da proteção.

Para comprimentos inferiores aos definidos, a garantia da proteção deve ser feita utilizando cabos com seções nominais calculados com a corrente de curto circuito da fonte.

6.3 - Tempo Máximo de Atuação da Proteção

A condição recomendada considera o defeito no final do cabo, ou seja, considera que o cabo vai suportar a corrente de curto circuito sem sofrer danos e é representada pela figura a seguir, onde foi introduzida a impedância da fonte:



Para simplificar os cálculos será considerado que a impedância da fonte será a reatância, calculada com base na potência de curto circuito da fonte. Assim:

$$Z_{cabo} = R_{cabo} + jX_{cabo} \text{ e } Z_{cabo} = l(R_{\theta} + jX_{cabo})$$

Onde:

Z_{cabo} Impedância do trecho do cabo (Ω)

l Comprimento do cabo (km)

R_{θ} Resistência do cabo na temperatura θ (Ω/km)

X_{cabo} Reatância do cabo na frequência do sistema (Ω/km)

Considerando:

$$Z_{Fonte} = X_{Fonte} = \frac{V_n^2}{P_{CC_{Fonte}}}$$

Onde:

V_n Tensão nominal do sistema (V)

$P_{CC_{Fonte}}$ Potência de curto circuito da fonte (VA)

A corrente de curto circuito será:

$$I_{cc} = \frac{V_{Fonte}}{l(R_{\theta} + jX_{cabo}) + jX_{Fonte}}$$
$$I_{cc} = \frac{V_{Fonte}}{l.R_{\theta} + jl.X_{cabo} + jX_{Fonte}}$$

$$I_{cc} = \frac{V_{Fonte}}{l \cdot R_{\theta} + j(l \cdot X_{cabo} + X_{Fonte})}$$

$$I_{cc} = \frac{V_{Fonte}}{\sqrt{(l \cdot R_{\theta})^2 + (l \cdot X_{cabo} + X_{Fonte})^2}}$$

$$V_{Fonte} = \frac{V_n \cdot f}{\sqrt{3}}$$

Onde:

f Fator de tensão máxima (%)

Substituindo V_{Fonte} e X_{Fonte} temos:

$$I_{cc} = \frac{\frac{V_n \cdot f}{\sqrt{3}}}{\sqrt{(l \cdot R_{\theta})^2 + \left(l \cdot X_{cabo} + \frac{V_n^2}{P_{CCFonte}}\right)^2}}$$

$$I_{cc}^2 = \left(\frac{\frac{V_n \cdot f}{\sqrt{3}}}{\sqrt{(l \cdot R_{\theta})^2 + \left(l \cdot X_{cabo} + \frac{V_n^2}{P_{CCFonte}}\right)^2}} \right)^2 = \frac{\frac{V_n^2 f^2}{3}}{(l \cdot R_{\theta})^2 + \left(l \cdot X_{cabo} + \frac{V_n^2}{P_{CCFonte}}\right)^2}$$

Substituindo I na fórmula $I^2 t \leq k^2 \cdot S^2$ temos:

$$I_{cc}^2 t \leq k_{\theta}^2 \cdot S^2$$

$$t \leq \frac{k_{\theta}^2 \cdot S^2}{I_{cc}^2}$$

Para cabos de cobre com isolamento em PVC, tensão nominal do sistema 480V, fator de tensão 110%, e frequência 60Hz, os tempos máximos de atuação da proteção e correntes de curto circuito para os comprimentos de cabos definidos, são calculados considerando:

$$I_{cc} = \frac{\frac{V_n \cdot f}{\sqrt{3}}}{\sqrt{(l \cdot R_{70})^2 + \left(l \cdot X_{60Hz} + \frac{V_n^2}{P_{CCFonte}}\right)^2}}$$

$$t \leq \frac{k_{70}^2 \cdot S^2}{I_{cc}^2}$$

$$k_{70} = 115$$

Para cabos de cobre com isolamento em EPR/XLPE, tensão nominal do sistema 480V, fator de tensão 110%, e frequência 60Hz, os tempos máximos de atuação da proteção e correntes de curto circuito para os comprimentos de cabos definidos, são calculados considerando:

$$I_{cc} = \frac{\frac{V_n \cdot f}{\sqrt{3}}}{\sqrt{(l \cdot R_{90})^2 + \left(l \cdot X_{60Hz} + \frac{V_n^2}{P_{CCFonte}}\right)^2}}$$

$$t \leq \frac{k_{90}^2 \cdot S^2}{I_{cc}^2}$$

$k_{90} = 143$

Para garantir que o cabo fique protegido em caso de defeito, para cada cabo existirá uma corrente de curto circuito e um tempo máximo de atuação da proteção. Utilizando as planilhas abaixo, para cabos isolados em PVC e EPR/XLPE temos, por exemplo, para cabos com comprimento de 50m, potência de curto circuito na fonte de 16,63MVA (20kA em 480V):

CABOS COM ISOLAMENTO EM PVC					CABOS COM ISOLAMENTO EM EPR/XLPE				
Potência de Cuto Circuito da Fonte (Pcc)		16,63	MVA		Potência de Cuto Circuito da Fonte (Pcc)		16,63	MVA	
Tensão Nominal do Sistema (Vn)		480	V		Tensão Nominal do Sistema (Vn)		480	V	
Fator de Tensão Máxima (f)		110	%		Fator de Tensão Máxima (f)		110	%	
Comprimento do Alimentador		50	m		Comprimento do Alimentador		10	m	
Dados dos Cabos			Corrente de Curto Circuito (KA)	Tempo Máximo de Atuação da Proteção (s)	Dados dos Cabos			Corrente de Curto Circuito (KA)	Tempo Máximo de Atuação da Proteção (s)
S	R70	X60Hz			S	R90	X60Hz		
2,5	8,252	0,096	0,74	0,15	2,5	8,794	0,096	3,42	0,01
4	5,157	0,096	1,18	0,15	4	5,496	0,096	5,36	0,01
6	3,438	0,096	1,76	0,15	6	3,664	0,096	7,71	0,01
10	2,063	0,096	2,91	0,16	10	2,198	0,096	11,50	0,02
16	1,289	0,096	4,54	0,16	16	1,374	0,096	15,09	0,02
25	0,825	0,096	6,73	0,18	25	0,879	0,096	17,69	0,04
35	0,589	0,096	8,74	0,21	35	0,628	0,096	18,94	0,07
50	0,413	0,096	10,96	0,28	50	0,440	0,096	19,73	0,13
70	0,295	0,096	12,82	0,39	70	0,314	0,096	20,13	0,25
95	0,217	0,096	14,12	0,60	95	0,231	0,096	20,33	0,45
120	0,172	0,096	14,84	0,86	120	0,183	0,096	20,42	0,71
150	0,138	0,096	15,33	1,27	150	0,147	0,096	20,48	1,10
185	0,112	0,096	15,66	1,85	185	0,119	0,096	20,51	1,66
240	0,086	0,096	15,92	3,00	240	0,092	0,096	20,54	2,79

Para cabos isolados em PVC e EPR/XLPE temos, para cabos com comprimento de 50m, potência de curto circuito na fonte de 8,35MVA (10kA em 480V):

CABOS COM ISOLAMENTO EM PVC					CABOS COM ISOLAMENTO EM EPR/XLPE				
Potência de Cuto Circuito da Fonte (Pcc)		8,31	MVA		Potência de Cuto Circuito da Fonte (Pcc)		8,31	MVA	
Tensão Nominal do Sistema (Vn)		480	V		Tensão Nominal do Sistema (Vn)		480	V	
Fator de Tensão Máxima (f)		110	%		Fator de Tensão Máxima (f)		110	%	
Comprimento do Alimentador		50	m		Comprimento do Alimentador		10	m	
Dados dos Cabos			Corrente de Curto Circuito (KA)	Tempo Máximo de Atuação da Proteção (s)	Dados dos Cabos			Corrente de Curto Circuito (KA)	Tempo Máximo de Atuação da Proteção (s)
S	R70	X60Hz			S	R90	X60Hz		
2,5	8,252	0,096	0,74	0,15	2,5	8,794	0,096	3,30	0,01
4	5,157	0,096	1,17	0,15	4	5,496	0,096	4,92	0,01
6	3,438	0,096	1,74	0,16	6	3,664	0,096	6,55	0,02
10	2,063	0,096	2,82	0,17	10	2,198	0,096	8,43	0,03
16	1,289	0,096	4,22	0,19	16	1,374	0,096	9,58	0,06
25	0,825	0,096	5,80	0,25	25	0,879	0,096	10,16	0,12
35	0,589	0,096	6,95	0,34	35	0,628	0,096	10,38	0,23
50	0,413	0,096	7,91	0,53	50	0,440	0,096	10,50	0,46
70	0,295	0,096	8,54	0,89	70	0,314	0,096	10,56	0,90
95	0,217	0,096	8,89	1,51	95	0,231	0,096	10,59	1,64
120	0,172	0,096	9,06	2,32	120	0,183	0,096	10,61	2,62
150	0,138	0,096	9,17	3,54	150	0,147	0,096	10,61	4,08
185	0,112	0,096	9,24	5,30	185	0,119	0,096	10,62	6,21
240	0,086	0,096	9,29	8,82	240	0,092	0,096	10,62	10,44

Os tempos máximos de atuação das proteções indicados, consideram que as correntes são as correntes de curto circuito simétricas, ou seja, sem a componente de corrente contínua. Como foi considerado que, no tempo de 0,05s, a componente de corrente contínua é muito pequena, para valores inferiores a esse tempo, deverá ser considerado o fator de assimetria, que depende das características do sistema.

Para circuitos de baixa tensão o fator de assimetria pode ser 1,25 ou outro que o profissional determine. Para esses casos, o tempo máximo de atuação da proteção deve ser recalculado com o uso das planilhas.

Correntes de curto circuito e tempos elevados devem ser avaliados pelo profissional, pois os equipamentos das instalações (quadros, centros de cargas, transformadores etc.), suportam as correntes de curto circuito por tempo limitado e as proteções, para correntes de curto circuito elevadas, devem atuar em tempos inferiores aos limitados pelos equipamentos. Por exemplo, os transformadores devem suportar as correntes de curto circuito nos seus terminais pelo tempo máximo de 2 segundos.

6.4 - Conclusões

Excluindo as opções de utilizar as curvas da energia passante dos dispositivos de proteção, que não são objeto deste informativo, o critério de dimensionamento que for mais conveniente para o profissional pode ser utilizado, ou seja, em um circuito alimentador pode considerar a corrente de curto circuito máxima da fonte, em outro do comprimento mínimo do cabo que limita a corrente de curto circuito e em outro, o tempo de atuação da proteção, desde que todos atendam a condição:

$$I^2 t \leq k^2 \cdot S^2$$