

## *Dimensionamento de Eletrodutos*

# 8

**8.1 - Definição, Características e Tipos de Eletrodutos**

**8.2 - Instalação de Condutores em Eletrodutos**

**8.3 - Taxa Máxima de Ocupação**

**8.4 - Dimensionamento de Eletrodutos**

**8.5 - Caixas de Derivação**

### 8.1

## **Definição, Características e Tipos de Eletrodutos**

### **Definição**

O componente de uma instalação que propicia um meio envoltório, ou invólucro, aos condutores elétricos é chamado **conduto**. Dentre os diversos tipos de condutos, destacam-se os **eletrodutos**, como aqueles que têm maior aplicação nas instalações elétricas, sobretudo nas instalações prediais. Em instalações comerciais ou industriais, além dos eletrodutos, podemos encontrar outros tipos de condutos, tais como calhas e bandejas metálicas, prateleiras, blocos alveolados, canaletas.

### **Funções**

Os **eletrodutos** são os componentes de uma instalação elétrica que têm as funções de:

- Propiciar aos condutores proteção mecânica;
- Propiciar aos condutores proteção contra ataques do meio ambiente, sobretudo contra corrosão ou ataques químicos oriundos de ações da atmosfera ou agentes agressivos dispersos no meio ambiente (sais, ácidos, gases, óleos etc);
- Fornecer ao meio uma proteção contra os perigos de incêndio resultantes de eventuais superaquecimentos dos condutores ou arcos voltaicos;
- Proporcionar aos condutores um envoltório metálico aterrado (no caso de eletrodutos metálicos), a fim de evitar perigos de choque elétrico.

## Tipos

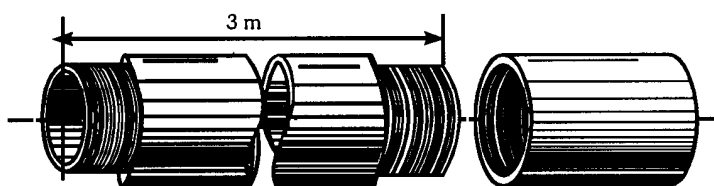
- **Quanto ao material:**
  - Não metálicos: PVC, plástico com fibra de vidro, polipropileno, polietileno de alta densidade e fibrocimento;
  - Metálicos: aço carbono galvanizado ou esmaltado, alumínio e flexíveis de cobre espiralado.
- **Quanto à flexibilidade:**
  - Rígidos;
  - Flexíveis.
- **Quanto à forma de conexão:**
  - Roscáveis;
  - Soldáveis.
- **Quanto à espessura da parede:**
  - Leve;
  - Semipesado;
  - Pesado.

### Observações:

O eletroduto de **PVC rígido roscável**, figura 8.1, é o tipo de eletroduto mais utilizado em instalações prediais, embutidos em paredes, lajes de concreto ou enterrados no solo.

A fixação dos eletrodutos às caixas de passagem e de ligação dos aparelhos se dá por meio de buchas e arruelas.

Em instalações aparentes, são utilizadas braçadeiras, espaçadas conforme as distâncias máximas estabelecidas na NBR-5410, de forma a garantir a perfeita ancoragem dos eletrodutos às superfícies de apoio.



**Figura 8.1 - Detalhe do Eletroduto e Luva de PVC Rígido Roscável**

## 8.2

## Instalação de Condutores em Eletrodutos

A NBR-5410 estabelece as seguintes prescrições:

- Os eletrodutos, calhas e blocos alveolados podem conter condutores de mais de um circuito, nos seguintes casos:
  - a) quando as três condições seguintes forem simultaneamente atendidas:
    - os circuitos pertençam à mesma instalação, isto é, originem-se do mesmo dispositivo geral de manobra e proteção, sem a interposição de equipamentos que transformem a corrente elétrica;
    - as seções nominais dos condutores fase estejam contidas em um intervalo de três valores normalizados sucessivos;
    - os condutores isolados e os cabos isolados tenham a mesma temperatura máxima para serviço contínuo.
  - b) no caso dos circuitos de força e de comando e/ou sinalização de um mesmo equipamento.
    - Nos eletrodutos, só devem ser instalados condutores isolados, cabos unipolares ou cabos multipolares, admitindo-se a utilização de condutor nu em eletroduto isolante exclusivo, quando tal condutor destinar-se a aterramento.

## 8.3

## Taxa Máxima de Ocupação

As dimensões internas dos eletrodutos e respectivos acessórios de ligação devem permitir instalar e retirar facilmente os condutores ou cabos após a instalação dos eletrodutos e acessórios.

Desta forma, a taxa máxima de ocupação em relação à área de seção transversal dos eletrodutos não deverá ser superior a:

- 53% no caso de um condutor ou cabo;
- 31% no caso de dois condutores ou cabos;
- 40% no caso de três ou mais condutores ou cabos.

A figura 8.2 representa o corte longitudinal e o corte transversal de um eletroduto, onde temos:

DE: Diâmetro externo;

DI: Diâmetro interno;

e = Espessura da parede.

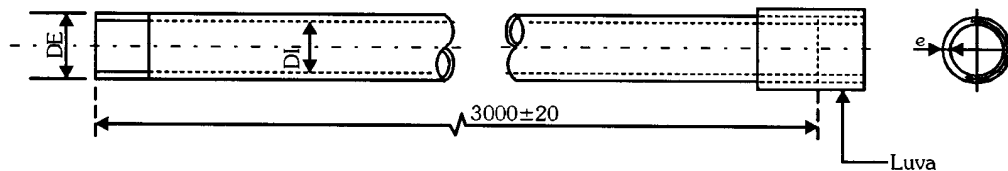


Figura 8.2 - Corte Longitudinal e Corte Transversal de um Eletroduto

## 8.4 Dimensionamento de Eletrodutos

### Roteiro para o Dimensionamento de Eletrodutos

- Determina-se a **seção total ocupada pelos condutores**, aplicando-se tabelas de fabricantes de condutores e cabos (ver **tabela 8.1**);
- Determina-se o **Diâmetro Externo Nominal do Eletroduto (mm)**, entrando-se nas tabelas de fabricantes de eletrodutos (ver **tabelas 8.2 e 8.3**) com o valor encontrado no item "a" anterior;
- Caso os condutores instalados em um mesmo eletroduto sejam **do mesmo tipo** e tenham **seções nominais iguais**, podem-se eliminar os itens "a" e "b", encontrando-se o diâmetro externo nominal do eletroduto em função da quantidade e seção dos condutores, diretamente por tabelas específicas (ver **tabelas 8.4 e 8.5**).

Tabela 8.1 - Dimensões Totais dos Condutores Isolados

Seção Nominal (mm <sup>2</sup> )	Pirastic Antiflam		Pirasticflex Antiflam	
	Diâmetro Externo (1)	Área Total (mm <sup>2</sup> )	Diâmetro externo (mm)	Área Total (mm <sup>2</sup> )
1,5	2,8 / 3,0	6,2 / 7,1	3,0	7,1
2,5	3,4 / 3,7	9,1 / 10,7	3,6	10,2
4	3,9 / 4,2	11,9 / 13,8	4,2	13,8
6	4,4 / 4,8	15,2 / 18,1	4,7	17,3
10	5,6 / 5,9	24,6 / 27,3	6,1	29,2
16	6,5 / 6,9	33,2 / 37,4	7,8	47,8
25	8,5	56,7	9,6	72,4
35	9,5	71,0	10,9	93,3
50	11,0	95	13,2	136,8
70	13,0	133	15,0	176,7
95	15,0	177	-	-
120	16,5	214	-	-
150	18,0	254	-	-
185	20,0	314	-	-
240	23,0	415	-	-

(1): Fio / Cabo

Cortesia: **Pirelli S/A**

**Tabela 8.2 - Eletrodutos de PVC Rígido Roscável - Classe A (NBR 6150)**

Referência de Rosca	Diâmetro nominal (mm)	Diâmetro externo (mm)	Diâmetro interno (mm)	Espessura (mm)	Área total aprox. (mm <sup>2</sup> )	Área útil 1 cabo (53 %)	Área útil 2 cabos (31 %)	Área útil ≥ 3 cabos (40 %)
3/8"	16	16,7	12,7	2,0	126,7	67,1	39,3	50,7
1/2"	20	21,1	16,1	2,5	203,6	107,9	63,1	81,4
3/4"	25	26,2	21,0	2,6	346,4	183,6	107,4	138,6
1"	32	33,2	26,8	3,2	564,1	299,0	174,9	225,6
1.1/4"	40	42,2	35,0	3,6	962,1	509,9	298,3	384,8
1.1/2"	50	47,8	39,8	4,0	1244,1	659,4	385,7	497,6
2"	60	59,4	50,2	4,6	1979,2	1049,0	613,6	791,7
2.1/2"	75	75,1	64,1	5,5	3227	1710,3	1000,4	1290,8
3"	85	88,0	75,6	6,2	4488,8	2379,1	1391,5	1795,5

**Tabela 8.3 - Eletrodutos Rígidos de Aço Carbono Roscável - Leve I (NBR 6150)**

Referência de Rosca	Diâmetro nominal (mm)	Diâmetro externo (mm)	Diâmetro interno (mm)	Espessura (mm)	Área total aprox. (mm <sup>2</sup> )	Área útil 1 cabo (53%)	Área útil 2 cabos (31%)	Área útil ≥ 3 cabos (40%)
3/8"	16	16,7	12,7	2,0	126,7	67,1	39,3	50,7
1/2"	20	21,1	16,1	2,5	203,6	107,9	63,1	81,4
3/4"	25	26,2	21,0	2,6	346,4	183,6	107,4	138,6
1"	32	33,2	26,8	3,2	564,1	299,0	174,9	225,6
1.1/4"	40	42,2	35,0	3,6	962,1	509,9	298,3	384,8
1.1/2"	50	47,8	39,8	4,0	1244,1	659,4	385,7	497,6
2"	60	59,4	50,2	4,6	1979,2	1049,0	613,6	791,7
2.1/2"	75	75,1	64,1	5,5	3227	1710,3	1000,4	1290,8
3"	85	88,0	75,6	6,2	4488,8	2379,1	1391,5	1795,5

**Tabela 8.4 - Ocupação Máxima dos Eletrodutos de PVC por Condutores de mesma Bitola (Fios ou Cabos Unipolares 450 / 750 V BWF Antichama)**

Seção nominal (mm <sup>2</sup> )	Número de Condutores no Eletroduto								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Tamanho Nominal do Eletroduto								
1,5	16	16	16	16	16	16	20	20	20
2,5	16	16	16	20	20	20	20	25	25
4	16	16	20	20	20	25	25	25	25
6	16	20	20	25	25	25	25	32	32
10	20	20	25	25	32	32	32	40	40
16	20	25	25	32	32	40	40	40	40
25	25	32	32	40	40	40	50	50	50
35	25	32	40	40	50	50	50	50	60
50	32	40	40	50	50	60	60	60	75
70	40	40	50	50	60	60	75	75	75
95	40	50	60	60	75	75	75	85	85
120	50	50	60	75	75	75	85	85	-
150	50	60	75	75	85	85	-	-	-
185	50	75	75	85	85	-	-	-	-

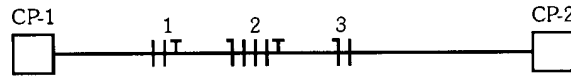
**Tabela 8.5 - Ocupação Máxima dos Eletrodutos de Aço por Condutores de mesma Bitola (Fios ou Cabos Unipolares 450/750 V BWF Antichama)**

Seção nominal (mm <sup>2</sup> )	Número de Condutores no Eletroduto								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Tamanho Nominal do Eletroduto								
1,5	15	15	15	15	15	15	20	20	20
2,5	15	15	15	20	20	20	20	25	25
4	15	15	20	20	20	25	25	25	25
6	15	20	20	25	25	25	25	31	31
10	20	20	25	25	31	31	31	31	41
16	20	25	25	31	31	41	41	41	41
25	25	31	31	41	41	41	47	47	47
35	25	31	41	41	41	47	59	59	59
50	31	41	41	47	59	59	59	75	75
70	41	41	47	59	59	59	75	75	75
95	41	47	59	59	75	75	75	88	88
120	41	59	59	75	75	75	88	88	88
150	47	59	75	75	88	88	100	100	100
185	59	75	75	88	88	100	100	113	113
240	59	75	88	100	100	113	113	-	-

### EXEMPLO:

Dimensionar o trecho de eletroduto de PVC rígido roscável, mostrado na figura 8.3, no qual deverão ser instalados os seguintes circuitos:

- Circuito 1: 2 # 4 mm<sup>2</sup> T 4mm<sup>2</sup>;
- Circuito 2: 3 # 6 mm<sup>2</sup> (6 mm<sup>2</sup>) T 6 mm<sup>2</sup>;
- Circuito 3: #2,5 mm<sup>2</sup> (2,5 mm<sup>2</sup>).



**Figura 8.3 - Trecho de Eletroduto entre Duas Caixas de Passagem**

### Solução:

a- Seção total ocupada pelos condutores:

Pela tabela 8.1, temos:

# 2,5 mm<sup>2</sup>: 9,1 mm<sup>2</sup>

# 4 mm<sup>2</sup>: 11,9 mm<sup>2</sup>

# 6 mm<sup>2</sup>: 15,2 mm<sup>2</sup>

logo:  $S_{cond} = 2 \cdot 9,1 + 3 \cdot 11,9 + 5 \cdot 15,2$

$S_{cond} = 129,9 \text{ mm}^2$

b- Diâmetro Nominal do Eletroduto:

Entrando com o valor de 129,9 mm<sup>2</sup> na tabela 8.2, na coluna de 40 %, teremos o **eletroduto de PVC de diâmetro nominal 25 mm**.

## 8.5 Caixas de Derivação

As caixas têm as funções de abrigar equipamentos, abrigar emendas de condutores, limitar o comprimento de trechos de tubulação, ou ainda, limitar o número de curvas entre os diversos trechos de uma tubulação.

A NBR-5410 estabelece as seguintes recomendações para a instalação das caixas de derivação ou de passagem que interligam os diversos trechos de uma tubulação:

- Não haja trechos contínuos (sem interposição de caixas ou equipamentos) retilíneos de tubulação maiores que 15 metros, sendo que, nos trechos com curvas, essa distância deve ser reduzida de 3m para cada curva de 90°.

**Nota:** Quando o ramal de eletrodutos passar obrigatoriamente através de locais onde não seja possível o emprego de caixa de derivação, a distância prescrita no item anterior pode ser aumentada, desde que:

- a) seja calculada a distância máxima permissível (levando-se em conta o número de curvas de 90° necessárias); e,
  - b) para cada 6m, ou fração, de aumento dessa distância, utilize-se eletroduto de tamanho nominal, imediatamente superior ao do eletroduto que normalmente seria empregado para a quantidade e tipo de condutores ou cabos.
- Em cada trecho de tubulação, entre duas caixas, entre extremidades, ou entre extremidade e caixa, podem ser previstas, no máximo, três curvas de 90° ou seu equivalente até, no máximo, 270°. Em nenhuma hipótese, podem ser previstas curvas com deflexão superior a 90°.
  - Devem ser empregadas caixas de derivação:
    - a) em todos os pontos de entrada ou de saída da tubulação, exceto nos pontos de transição ou passagem de linhas abertas para linhas em eletrodutos, os quais, nestes casos, devem ser rematados com buchas;
    - b) em todos os pontos de emenda ou derivação de condutores;
    - c) para dividir a tubulação em trechos não maiores do que os especificados anteriormente.
  - As caixas devem ser instaladas em lugares facilmente acessíveis e devem ser providas de tampas. As caixas que contiverem interruptores, tomadas de corrente e congêneres devem ser fechadas pelos espelhos que completam a instalação desses dispositivos.

Dos itens acima, podemos escrever as seguintes equações:

$$L_{\text{máx}} = 15 - 3.N$$

$$A = \frac{L_{\text{real}} - L_{\text{máx}}}{6}$$

Onde:

$L_{\text{máx}}$  = Comprimento máximo de um trecho entre duas caixas;

$N$  = Número de curvas de 90° existentes no trecho (de zero a três);

$L_{\text{real}}$  = Comprimento real do trecho;

$A$  = Aumentos de bitolas nominais do eletroduto.

#### EXEMPLO:

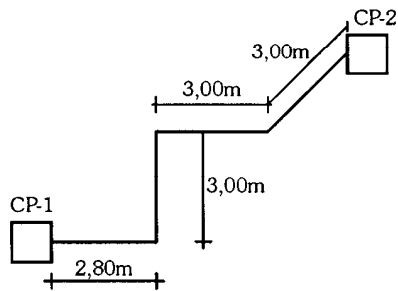
Dimensionar o eletroduto para o trecho de tubulação mostrado na figura 8.4, entre duas caixas CP-1 e CP-2, no qual não há possibilidade de instalação de caixas intermediárias. Os circuitos que o eletroduto conterà são os seguintes:

Circuito 1: 3 # 25 mm<sup>2</sup> (25 mm<sup>2</sup>) T 16 mm<sup>2</sup>;

Circuito 2: 3 # 50 mm<sup>2</sup> (25 mm<sup>2</sup>) T 25 mm<sup>2</sup>;

Circuito 3: 3 # 35 mm<sup>2</sup> T 16 mm<sup>2</sup>.





**Figura 8.4 - Trecho de Eletroduto com Curvas entre duas Caixas**

**Solução:**

Em primeiro lugar, dimensionaremos o eletroduto sem considerar as distâncias e curvas:

Áreas dos condutores (Tabela 8.1):

# 16 mm<sup>2</sup>: 37,4 mm<sup>2</sup>

#25mm<sup>2</sup>:56,7mm<sup>2</sup>

# 35 mm<sup>2</sup>: 71,0 mm<sup>2</sup>

#50 mm<sup>2</sup>: 104,0 mm<sup>2</sup>

logo:  $S_{cond} = 2 \cdot 37,4 + 6 \cdot 56,7 + 3 \cdot 71,0 + 3 \cdot 104,0$

$S_{cond} = 940 \text{ mm}^2$

Pela Tabela 8.2, coluna 40%, teríamos um eletroduto de PVC de 75 mm.

Considerando o efeito do comprimento e curvas, teremos:

Comprimento total: 11,80 m

Número de curvas: 3

Distância máxima permitida, entre caixas, considerando as três curvas:

$$L_{m\acute{a}x} = 15 \text{ m} - 3 \cdot (3\text{m}) = 6\text{m}$$

$$\text{Porém: } L_{real} - L_{m\acute{a}x} = 11,80 \text{ m} - 6 \text{ m} = 5,80 \text{ m}$$

logo:

$$A = 5,80 \text{ m} + 6\text{m} = 0,97 \text{ aumentos de } 6 \text{ m} \Rightarrow 1 \text{ aumento.}$$

**Conclusão:**

Consultando as tabelas comerciais de eletrodutos (Tabela 8.2), vemos que o primeiro diâmetro nominal acima de 75 mm é o diâmetro de 85 mm, sendo este o eletroduto que será utilizado para interligar as caixas CP-1 e CP-2.