

Bibliografia

- MATIAS, J.V.C. - Tecnologias da Electricidade, 10.º Ano, Lisboa, Didáctica Editora.
- PINTO, A. e ALVES, V. - Práticas Oficiais e Laboratoriais, 10.º Ano, Porto, Porto Editora.
- ROLDAN, J. - Manual do Montador Electricista, Lisboa, Plátano Editora.
- RSIUEE - Regulamento de Segurança de Instalações de Utilização de Energia Eléctrica, Lisboa, INCM.

Sites Recomendados:

- <http://www.generalcablecelcat.com>
- <http://www.legrand.pt>
- <http://www.schneiderelectric.pt>
- <http://www.siemens.pt>

TIPOS DE CANALIZAÇÕES FIXAS	TIPO DE LOCAL QUANTO AO AMBIENTE													
	S R E	T H U	H U M	M O L	E P T	S U B	P O E	A C O	A T P	B T P	A M I	R I N	R E X	
1. Canalizações à vista constituídas por condutores nus rígidos, estabelecidos sobre isoladores.	•	•	–	–	•	–	–	•	•	•	•	–	–	
2. Canalizações à vista constituídas por condutores isolados rígidos, estabelecidos sobre isoladores.	•	•	–	–	•	–	–	•	•	•	•	–	–	
3. Canalizações à vista constituídas por condutores isolados ou cabos rígidos, protegidos por tubos.	•	•	•	•	•	–	•	–	•	•	•	•	•	
4. Canalizações à vista constituídas por cabos rígidos, com um bainha ligeira.	•	•	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
5. Canalizações à vista constituídas por cabos rígidos, com duas bainhas ou por uma bainha reforçada.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
6. Canalizações à vista constituídas por cabos, com armadura.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
7. Canalizações à vista constituídas por cabos rígidos, com isolamento mineral.	•	•	•	•	•	–	•	•	•	•	•	•	•	
8. Canalizações à vista constituídas por cabos flexíveis.	•	•	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
9. Canalizações à vista constituídas por condutores nus protegidos por condutas.	•	•	–	–	–	–	–	–	•	•	•	•	–	
10. Canalizações à vista constituídas por condutores isolados ou cabos protegidos por condutas.	•	•	–	–	–	–	–	–	•	•	•	•	–	
11. Canalizações pré-fabricadas com condutores nus.	•	•	–	–	–	–	–	–	•	•	•	•	–	
12. Canalizações pré-fabricadas com condutores isolados ou cabos.	•	•	–	–	–	–	–	–	•	•	•	•	–	
13. Canalizações embebidas constituídas por condutores isolados ou cabos rígidos, protegidos por tubos.	•	•	•	•	–	–	•	•	•	•	•	•	•	
14. Canalizações embebidas constituídas por cabos rígidos, com isolamento mineral.	•	•	•	•	•	–	•	•	•	•	•	•	•	
15. Canalizações estabelecidas nos espaços ocios das construções.	•	•	–	–	–	–	–	–	•	•	•	•	–	
16. Canalizações ocultas constituídas por condutores isolados ou cabos protegidos por condutas.	•	•	–	–	–	–	•	–	•	•	•	•	–	
17. Canalizações ocultas pré-fabricadas com condutores isolados ou cabos.	•	•	–	–	–	–	•	–	•	•	•	•	–	
18. Canalizações estabelecidas em galerias acessíveis (caleiras).	•	•	•	•	•	–	•	•	•	•	•	•	•	
19. Canalizações estabelecidas em galerias inacessíveis.	•	•	•	•	•	–	•	•	•	•	•	•	•	
20. Canalizações enterradas.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
21. Canalizações subaquáticas.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	

Notas: O sinal – indica PROIBIÇÃO de montagem. O sinal • indica PERMISSÃO.
Na coluna referente aos locais AMI a parte superior refere-se às acções mecânica devidas a choques e a parte inferior a acções mecânicas devidas a vibrações.

Fig. 29 - Escolha da canalização consoante o local.

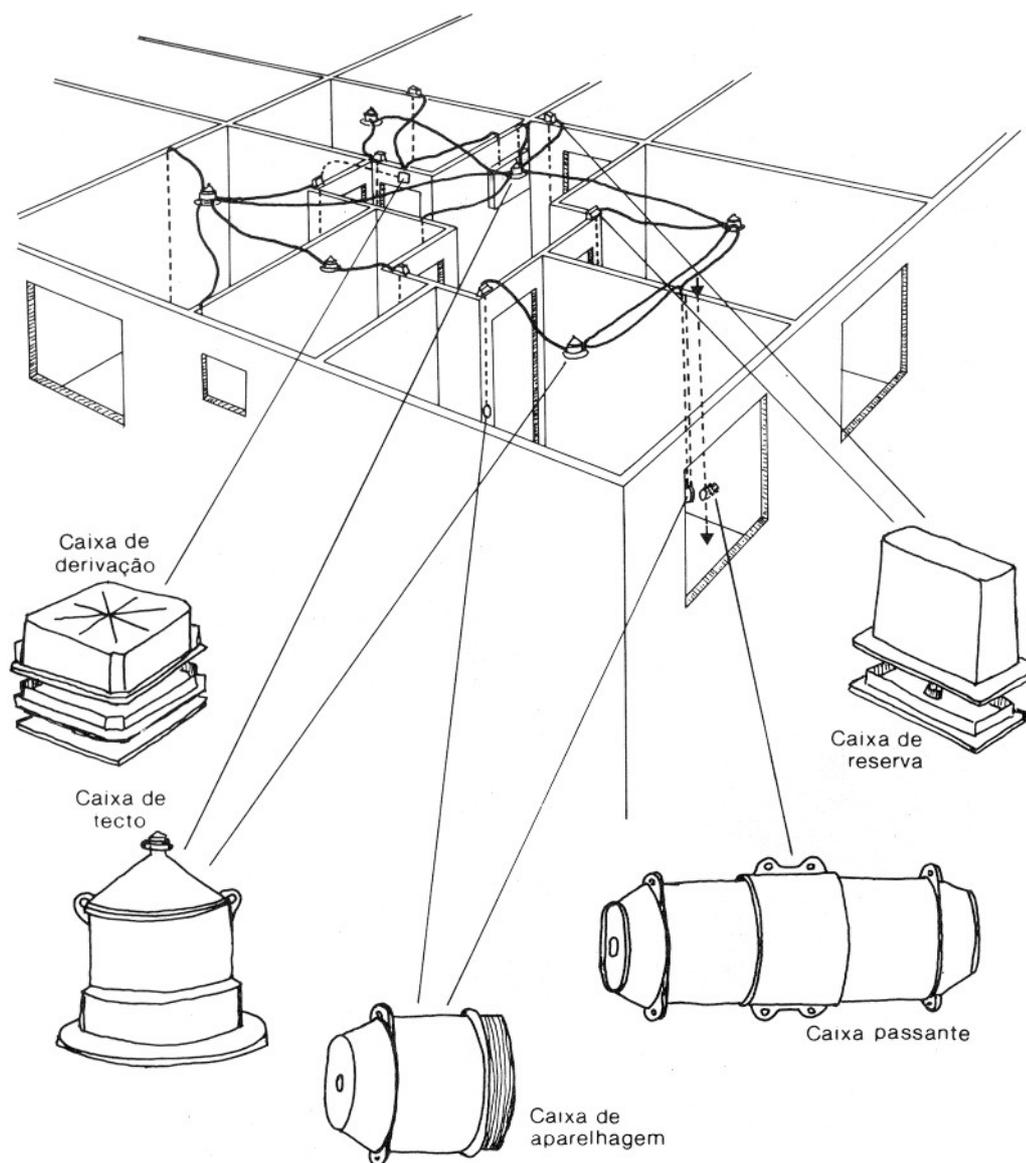


Fig. 28 - Vista em perspectiva da colocação de uma canalização tipo 'teia'.

Escolha das canalizações consoante as características dos locais

Na tabela da figura 29 estão indicados os diversos tipos de canalizações fixas, bem como os locais em que elas podem ser montadas. O sinal – indica proibição de montagem no local; o sinal • indica permissão de montagem no local.

De salientar desde já que, por consulta do RSIUEE, se pode verificar igualmente quais são os locais onde é permitida ou proibida a instalação de uma dada canalização, sendo a tabela aqui apresentada apenas um processo de sistematização da consulta do Regulamento.

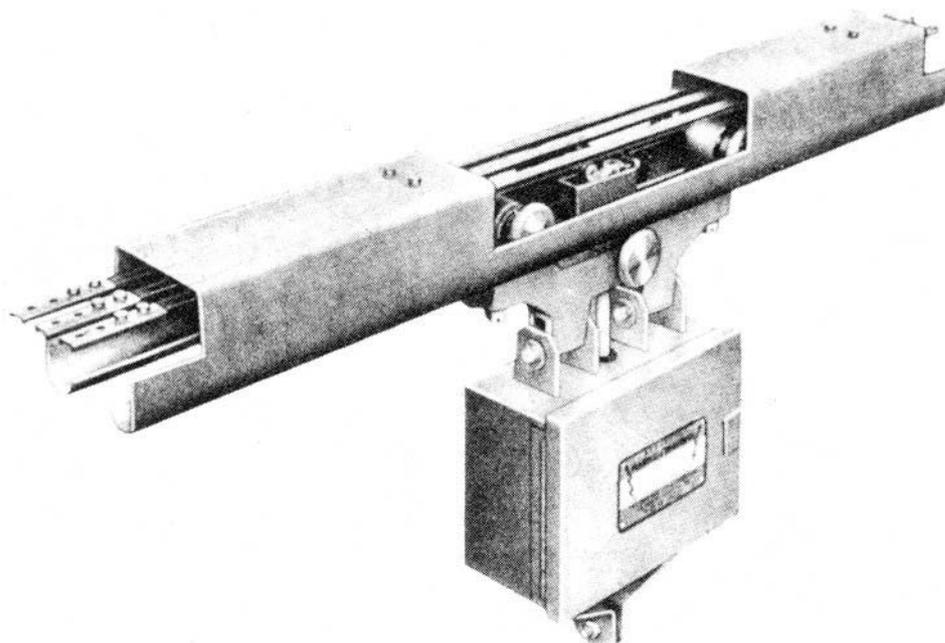


Fig. 27 - Canalização pré-fabricada, tipo 'Canalis' com tomadas de corrente deslizantes.

Canalização 'tipo teia'.

Este método de implantação de canalizações tem-se revelado o melhor adaptado à evolução das técnicas de construção, com grande aplicação em grandes edifícios, como hotéis, centros comerciais, etc.

Consiste essencialmente em pré-montar em estaleiro a instalação eléctrica completa com os condutores introduzidos. Cada circuito é montado separadamente e comporta uma ou mais caixas de onde irradiam os tubos em forma de 'teia'.

O conjunto, transportado para a obra, é fixado antes da betonagem ficando directamente incorporado no seio das lajes de betão, sobre o tecto.

A mão-de-obra de instalação torna-se mais barata, evitando abrir e fechar roços como na chamada instalação embebida nas paredes.

A canalização tipo 'teia' também é utilizada em locais com 'tectos falsos' ou em construções pré-fabricadas, sendo representada na figura seguinte.

O material é obviamente mais caro, mas poupa-se, por outro lado, em mão de obra e rapidez, o que se traduz em custos menores. Outra possível vantagem deste tipo de canalização residirá no plano estético. As figuras seguintes representam alguns tipos de pré-fabricados.

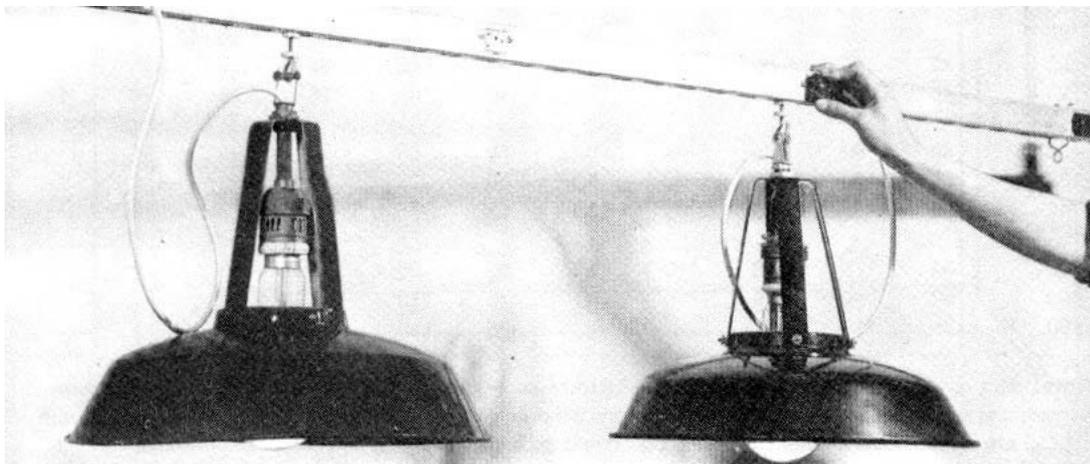


Fig. 24 - Canalização pré-fabricada 'Canalis'.

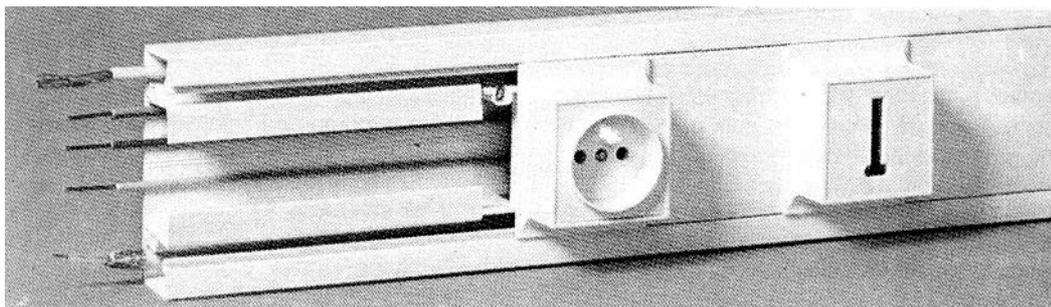


Fig. 25 - Calha DPL.

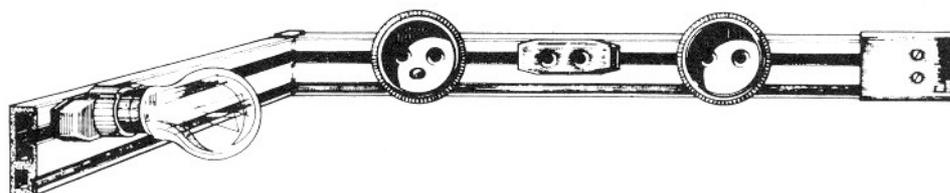


Fig. 26 - Canalização pré-fabricada 'Canalume'.

Os condutores só devem ser enfiados nos tubos depois de os roços estarem tapados e de a argamassa de cobertura ter feito presa, isto é, ter fixado o tubo.

Em virtude de esta canalização ficar oculta, convém que ela seja feita em trajectos horizontais e verticais, previamente definidos, de forma a conhecer-se a sua localização e entre outras finalidades, evitar a sua danificação por perfuração posterior da parede com pregos, cavilhas, máquina perfuradora, etc.

Tal como na canalização à vista, a escolha do diâmetro do tubo é feita em função do número de condutores e suas secções, de acordo com a tabela da figura 22.

Na figura 23 representa-se, em perspectiva, uma caixa de derivação com vários acessórios de ligação.

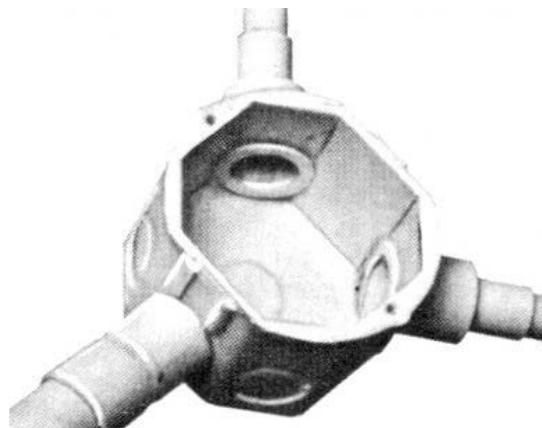


Fig. 23 - Ligaç o de tr s tubos VD a uma caixa, com respectivas boquilhas e batente.

Canaliza es pr -fabricadas

A canaliza o pr -fabricada   uma canaliza o cujo inv lucro, met lico ou de material isolante e os condutores formam um conjunto montado de f brica.

Com efeito, este tipo de canaliza o, contrariamente aos restantes, vem j  na sua globalidade montado de f brica. A sua instala o,   vista, torna-se por isso muito f cil e r pida, permitindo tamb m a sua coloca o em locais que permitem uma maior efici ncia da instala o el ctrica, ao mesmo tempo que todo o material pode ser recuperado em caso de modifica o na instala o.

Existem diversos tipos de canaliza es pr -fabricadas, consoante o fabricante. Uma com mais qualidade que outras, certamente, mas de uma forma geral permitem sempre uma grande mobilidade nos receptores a elas ligados sem ter que se recorrer   destrui o parcial da canaliza o existente, no caso de modifica o da mesma.

Diâmetro nominal de tubos VD para enfiamento de condutores tipo V

Secção dos condutores mm ²	CANALIZAÇÕES À VISTA					CANALIZAÇÕES EMBEBIDAS				
	NÚMERO DE CONDUTORES					NÚMERO DE CONDUTORES				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	16	12	12	16	16	20
2,5	12	12	16	16	20	12	16	16	20	20
4	12	16	16	20	20	12	16	20	20	25
6	12	16	20	20	25	12	16	20	25	25
10	16	20	25	32	32	16	25	25	32	32
16	16	25	32	32	32	20	25	32	32	40
25	20	32	32	40	40	25	32	40	40	50
35	25	32	40	40	50	25	40	40	50	50
50	25	40	50	50	50	32	40	50	50	63
70	32	40	50	63	63	32	50	63	63	63
95	32	50	63	63	75	40	50	63	75	75
120	40	50	63	75	75	40	63	75	75	90
150	40	63	75	75	90	50	63	75	90	90
185	50	63	75	90	90	50	75	90	90	110
240	50	75	90	90	110	63	75	90	110	110
300	63	75	110	110	110	63	90	110	110	-
400	63	90	110	110	-	75	110	-	-	-
500	75	110	-	-	-	75	110	-	-	-

Nota: Para condutores de secção nominal > 10 mm² os valores dos diâmetros para 4 e 5 condutores já consideram que, respectivamente, um ou dois dos condutores são de secção reduzida; isto é, mesmo que a secção em dois deles seja inferior, tudo se passa como se tivessem todos a secção mais elevada.

Fig. 22 - Diâmetro nominal de tubos VD para enfiamento de condutores tipo V.

Canalização embebida, constituída por condutores isolados protegidos por tubos.

Uma canalização embebida é um caso particular de uma canalização oculta, em paredes, tectos ou pavimentos, sendo normalmente protegida por tubos.

O RSIUEE define canalização oculta como a canalização que não é visível ou que não é acessível sem remoção de qualquer elemento do meio em que se encontra ou, ainda, sem remoção de si própria.

Nas canalizações embebidas protegidas por tubos, os tubos são instalados em roços, de tal forma que não se deteriorem ou amolguem e depois são atacados com massa de cimento. Os tubos são ligados por uniões, curvas e caixas de derivação de forma adequada, em condições de garantirem a continuidade da protecção, não havendo em caso algum a possibilidade de entrar argamassa na canalização.

As derivações eléctricas, para diferentes tomadas, pontos de luz, interruptores, etc., são efectuadas através de caixas de derivação salientes, colocadas nas paredes.

A junção entre os tubos e as caixas de derivação é feita com diversos acessórios de forma a que a ligação fique bem feita: batentes, uniões, boquilhas, etc.

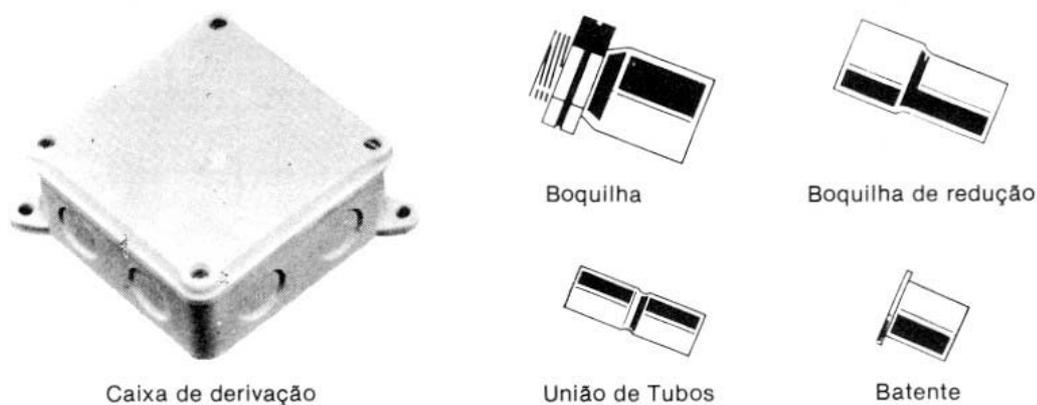


Fig. 21 - Caixa de derivação e acessórios para instalação à vista.

A escolha do diâmetro do tubo é função do número de condutores e respectivas secções, em cada troço da instalação. A tabela da fig. 22 permite fazer essa escolha, para canalizações à vista e embebidas.

De notar que numa instalação eléctrica o número de condutores em cada troço da canalização pode ser muito variável.

Vejamos alguns exemplos:

1. Uma tomada sem terra necessita de apenas dois condutores; com terra precisa de três condutores.
2. Uma lâmpada simples necessita apenas de três condutores; com terra precisa de três condutores.
3. Um receptor trifásico necessita de pelo menos três condutores.
4. Um comutador de lustra exige três condutores, a partir da caixa de derivação; para as lâmpadas vão também três condutores.
5. Um comutador de escada também exige três condutores.

Canalização à vista, constituída por condutores isolados protegidos por tubos

O RSIUEE define canalização à vista como a canalização visível, sem necessidade de retirar qualquer parte da construção sobre que está estabelecida.

A fixação dos tubos, às paredes, nesta canalização é feita por meio de braçadeiras, conforme a figura 19. A distância entre braçadeiras bem como o raio de curvatura dos tubos estão regulamentados.



Fig. 19 - Instalação de tubo à vista, com braçadeiras.

A dobragem dos tubos rígidos de plástico é normalmente feita por aquecimento lento, com a ajuda de uma mola colocada interiormente e rodando o tubo de forma a não quebrar.

O enfiamento dos condutores no tubo é feito habitualmente com a ajuda de uma guia de aço, para puxar os condutores (figura 20). Utiliza-se também frequentemente pó de talco para melhor deslizarem.

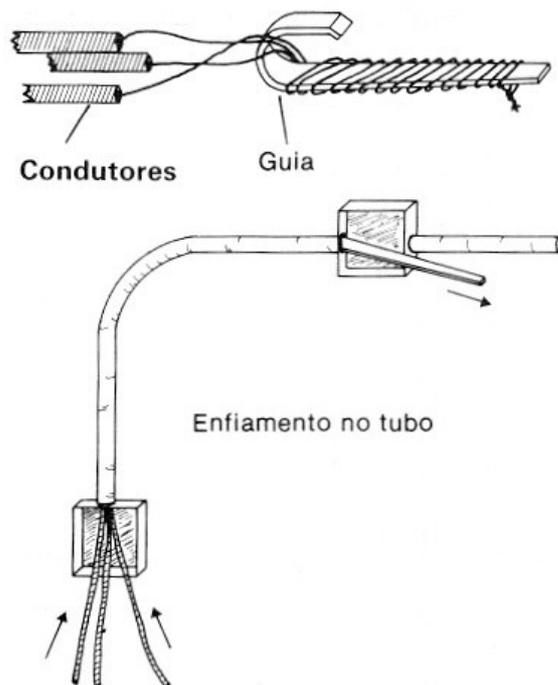


Fig. 20 - Enfiamento de condutores com guia.

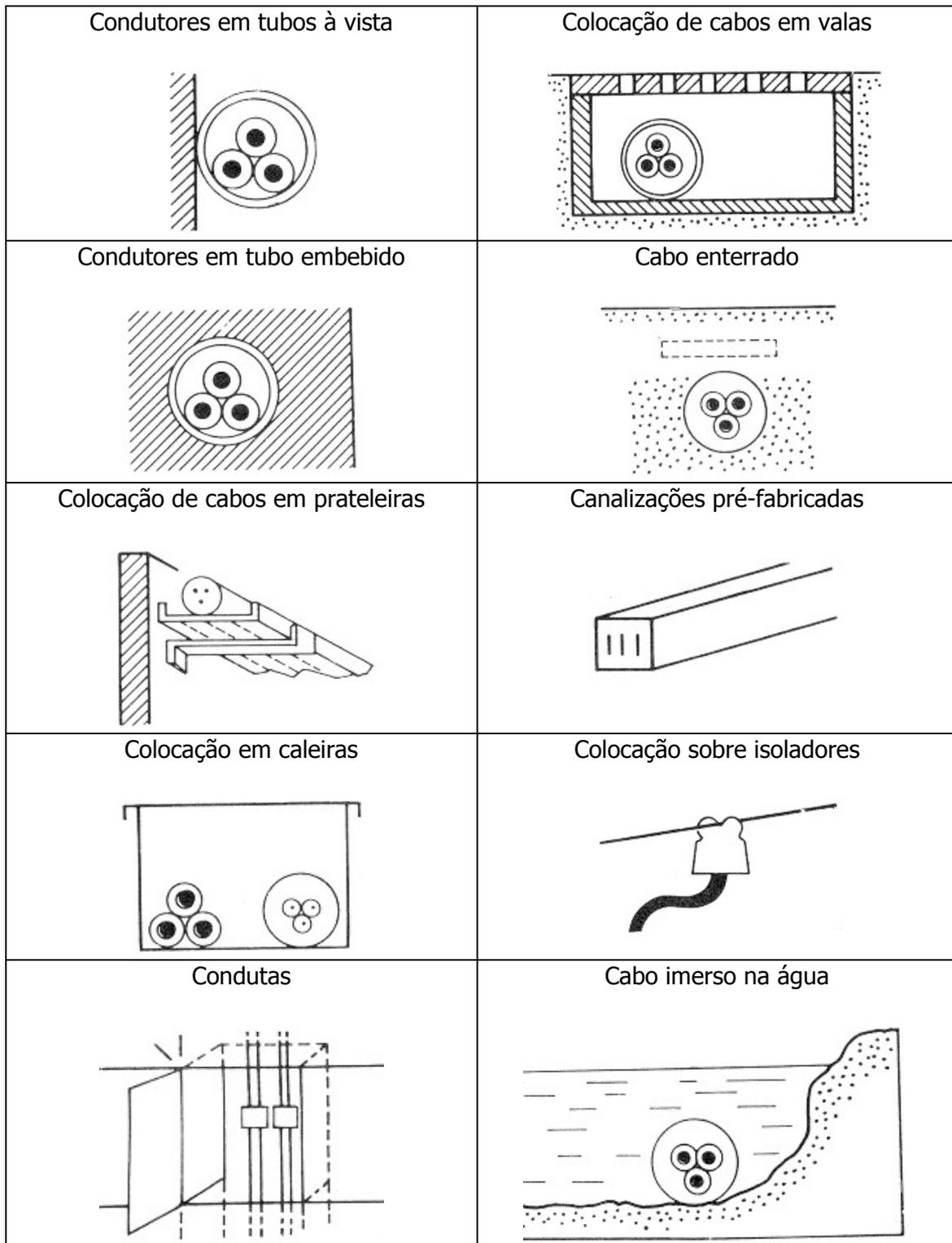


Fig. 18 - Diversas formas de colocação das canalizações fixas.

Nota: caleiras são canais feitos no pavimento, dotados de tampas amovíveis.

TIPOS DE CANALIZAÇÕES FIXAS	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Canalizações á vista constituídas por condutores nus rígidos, estabelecidos sobre isoladores. 2. Canalizações à vista constituídas por condutores isolados rígidos, estabelecidos sobre isoladores. 3. Canalizações à vista constituídas por condutores isolados ou cabos rígidos, protegidos por tubos. 4. Canalizações à vista constituídas por cabos rígidos, com um bainha ligeira. 5. Canalizações à vista constituídas por cabos rígidos, com duas bainhas ou por uma bainha reforçada. 6. Canalizações à vista constituídas por cabos, com armadura. 7. Canalizações à vista constituídas por cabos rígidos, com isolamento mineral. 8. Canalizações à vista constituídas por cabos flexíveis. 9. Canalizações à vista constituídas por condutores nus protegidos por condutas. 10. Canalizações à vista constituídas por condutores isolados ou cabos protegidos por condutas. 	<ol style="list-style-type: none"> 11. Canalizações pré-fabricadas com condutores nus. 12. Canalizações pré-fabricadas com condutores isolados ou cabos. 13. Canalizações embebidas constituídas por condutores isolados ou cabos rígidos, protegidos por tubos. 14. Canalizações embebidas constituídas por cabos rígidos, com isolamento mineral. 15. Canalizações estabelecidas nos espaços ocios das construções. 16. Canalizações ocultas constituídas por condutores isolados ou cabos protegidos por condutas. 17. Canalizações ocultas pré-fabricadas com condutores isolados ou cabos. 18. Canalizações estabelecidas em galerias acessíveis (caleiras). 19. Canalizações estabelecidas em galerias inacessíveis. 20. Canalizações enterradas. 21. Canalizações subaquáticas.

Fig. 17 - Tipos de canalizações fixas.

Fabricam-se diversos tubos de aço, com maior ou menor resistência mecânica, ou maior ou menor flexibilidade. Exemplos: AF, ARF, ERFF, ARD, etc.

A grande rigidez destes tubos torna-os insubstituíveis nas instalações para máquinas-ferramenta. Os tubos de aço podem ser montados em caleiras (rasgos no chão), o que torna segura e eficiente a instalação de utilização.

Estudo dos principais tipos de canalizações

Classificação geral

Conforme já foi referido, as canalizações podem classificar-se, entre outras, em: canalizações fixas e amovíveis.

Dada a maior importância e diversidade de tipos, da canalização fixa, é esta que vamos estudar mais em particular.

A canalização é, por definição, o conjunto constituído por um ou mais condutores eléctricos e pelos elementos que asseguram o seu isolamento eléctrico, as suas protecções mecânicas, químicas e a sua fixação, devidamente agrupados e com aparelhos de ligação comuns.

Podemos concluir, a partir da definição de canalização, que podemos ter canalizações constituídas apenas por condutores dentro de tubos, cabos dentro de tubos, condutores sem tubos, cabos sem tubos, condutores nus sobre isoladores, etc. Isto é, conforme a necessidade (do ponto de vista técnico-económico), conforme o tipo de local (quanto ao ambiente e utilização) e de acordo ainda com um certo sentido estético, assim o tipo de canalização que vamos adoptar, caso a caso.

O RSIUEE (art.º 89 e seguintes) indica os diferentes tipos de canalizações fixas possíveis. No quadro da figura 17 é resumido esse conjunto.

No quadro da figura 18 representa-se também, esquematicamente, algumas das formas de colocação das canalizações.

Os tubos de plástico rígidos são os de maior aplicação em instalações fixas. No entanto há situações em que é necessária a utilização de tubos maleáveis e flexíveis, nomeadamente em locais onde é necessário que o tubo efectue muitas curvas.

Algumas das propriedades gerais dos tubos plásticos (PVC) são as seguintes:

- São mais leves que os restantes.
- São de mais fácil instalação, por serem mais leves e necessitarem de menos ferramenta.
- A tensão de isolamento é elevada, cerca de 45 KV/m.
- São resistentes aos ácidos, bases, óleos, agentes oxidantes, etc., pelo que podem ser colocados em quaisquer tipos de terrenos.
- Têm fraca absorção de humidade, evitando a condensação no seu interior.
- Não são inflamáveis.

Vejamos então alguns tubos mais utilizados:

Tubo plástico VD (código 5101100)

É um tubo feito de policloreto de vinilo (PVC) com constituição rígida.

É dos tubos mais utilizados, em instalações fixas seja embebidas ou à vista, dadas as boas características já referidas. Devido à sua rigidez, quando é necessário efectuar qualquer curvatura deve utilizar-se uma mola especial para curvÁ-lo sem quebrar.

É fabricado normalmente em varas de 3 metros de comprimento, com diÁmetros nominais desde 12 até 110 mm.

Tubo plástico VFE (Jotaflex)

É um tubo também de plástico, mas com a particularidade de ser maleável e estanque a líquidos. É normalmente utilizado em instalações interiores à vista ou embebidas. Dada a sua grande maleabilidade, é de fácil montagem e substituição, portanto de instalação barata.

É um tubo do tipo "canelado". Tem grandes aplicações em habitações, fábricas, etc.

Tubos de aço

São os mais utilizados nos casos em que se requer uma instalação com grande protecção mecânica dos condutores. São também bastante utilizados em locais de ambiente corrosivo (pelos agentes atmosféricos ou específicos) e ainda em locais sujeitos a perigos de explosão, em instalação à vista.

Exemplos:

1. Indique o número de código de um tubo com resistência normal às acções mecânicas, estanque, rígido, isolante, resistente à humidade, sem blindagem eléctrica e preparados para suportar temperaturas ambientes normais.

Acções Mec. (M)	Estanquidade (E)	Flexibilidade (F)	R. Eléctrica (R)	Corrosão (C)	Blindagem (B)	T. Ambiente (T)
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
M ₅	E ₁	F ₀	R ₁	C ₁	B ₀	T ₀

Código do tubo: 5101100

2. Indique o número de código de um tubo com resistência reforçada especial às acções mecânicas, condutor, resistente à corrosão pela humidade, não estanque, com blindagem eléctrica, flexível e sem limites definidos de temperatura ambiente.

Acções Mec. (M)	Estanquidade (E)	Flexibilidade (F)	R. Eléctrica (R)	Corrosão (C)	Blindagem (B)	T. Ambiente (T)
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
M ₉	E ₀	F ₂	R ₀	C ₁	B ₁	T ₃

Código do tubo: 9020113

Nota: o art.º 112 do RSIUEE, estabelece a relação entre os códigos e as respectivas designações simbólicas, facilitando assim a tarefa de escolha dos tubos, para cada caso.

Tubos mais vulgares

O primeiro tubo a ser utilizado em instalações eléctricas foi o chamado tubo Bergman, o qual era constituído por papel impregnado, revestido por uma bainha de latão ou ferro e protegido por uma camada de chumbo ou alumínio. Devido ao seu complicado fabrico acabou por ser substituído sucessivamente por outros tubos, entre os quais se destacam os fabricados a partir de matérias termoplásticas.

Além dos tubos de plástico flexíveis, maleáveis ou rígidos, existem ainda tubos de aço, utilizados apenas em locais sujeitos potencialmente a acções mecânicas intensas.

A codificação dos tubos, regulamentada pela norma NP-945 ou pelo art.º 112 do RSUUEE, também será feita a partir de uma expressão, em que cada letra terá um índice que representa o grau de cada uma das 7 características:

M E F R C B T

Cada uma das sete características é classificada com os seguintes graus:

M - Resistência às acções mecânicas	
Tubos e condutas com resistência normal às acções mecânicas.	M ₅
Tubos e condutas com resistência reforçada às acções mecânicas.	M ₇
Tubos e condutas com resistência reforçada especial às acções mecânicas.	M ₉
E - Estanquidade a líquidos	
Tubos e condutas não estanques.	E ₀
Tubos e condutas estanques.	E ₁
F - Flexibilidade	
Tubos e condutas rígidos.	F ₀
Tubos e condutas maleáveis.	F ₁
Tubos flexíveis.	F ₂
R - Resistência eléctrica	
Tubos e condutas condutores.	R ₀
Tubos e condutas isoladores.	R ₁
C - Resistência à corrosão	
Tubos e condutas resistentes à corrosão pela humidade.	C ₁
Tubos e condutas resistentes à corrosão pelos agentes atmosféricos.	C ₂
Tubos e condutas resistentes à corrosão por agentes químicos específicos.	C ₃
B - Blindagem eléctrica	
Tubos e condutas sem blindagem eléctrica.	B ₀
Tubos e condutas com blindagem eléctrica.	B ₁
T - Temperatura ambiente	
Tubos e condutas para temperaturas ambientes (compreendidas entre -5°C e +40°C).	T ₀
Tubos e condutas para temperaturas ambientes baixas (inferiores a -5°C).	T ₁
Tubos e condutas para temperaturas ambientes altas (superiores a +40°C).	T ₂
Tubos e condutas sem limites definidos de temperaturas ambientes, cobrindo uma larga gama de temperaturas que incluem altas e baixas temperaturas.	T ₃

Exemplos:

1. Indique a designação simbólica de um tubo com uma composição de policloreto de vinilo, rígido e de diâmetro nominal de 20 mm.

Material	Ac. Mecânicas	Flexibilidade	R. à corrosão	Estanquidade	Diversos	Diâmetro
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
V	--	D	--	--	--	20

Resposta: tubo VD 20

2. Indique a designação simbólica de um tubo de aço de resistência mecânica reforçada, flexível e de diâmetro nominal 25 mm.

Material	Ac. Mecânicas	Flexibilidade	R. à corrosão	Estanquidade	Diversos	Diâmetro
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
A	R	FF	--	--	--	25

Resposta: tubo ARFF 25

Codificação dos tubos

Além da designação simbólica os tubos são também codificados, isto é, representados por um código que tem em conta o grau de um conjunto de características que os irão definir, tendo em vista a utilização que lhes vai ser dada. Através do código do tubo será depois possível, mais facilmente, verificar se um dado tubo pode ser ou não utilizado num dado local a desempenhar determinada função.

As características a ter em conta na codificação dos tubos são:

- Resistência às acções mecânicas (M)
- Estanquidade a líquidos (E)
- Flexibilidade (F)
- Resistência eléctrica (R)
- Resistência à corrosão (C)
- Blindagem eléctrica (B)
- Temperatura ambiente (T)

Vejamos então como se obtém a designação simbólica dos tubos. A designação de cada tubo é formada a partir da seguinte expressão:

a b c d e f g

Cada uma das letras da expressão representa uma característica do tubo, de acordo com a seguinte tabela:

a - Material	
Aço	A
Liga de alumínio	L
Composições de PVC	V
Composições de polietileno	E
b - Resistência às acções mecânicas	
<u>Tubos e condutas metálicas</u> Resistência normal (classe M ₇) Resistência reforçada (classe M ₉)	Sem letra R
<u>Tubos e condutas isolantes</u> Resistência normal (classe M ₅) Resistência reforçada (classe M ₉)	Sem letra R
c - Flexibilidade	
Rígido	D
Maleável	F
Flexível	FF
d - Resistência à corrosão	
<u>Tubos e condutas metálicas</u> Resistência à humidade ou aos agentes atmosféricos Resistência a agentes químicos específicos	Sem letra Q
<u>Tubos e condutas isolantes</u> Resistência à humidade Resistência a agentes atmosféricos Resistência a agentes químicos específicos	Sem letra C Q
e - Estanquidade a líquidos	
Não estanque a líquidos	Sem letra
Estanque a líquidos	E
f - Qualquer outra indicação à completa identificação do tubo ou conduta	
g - Diâmetro nominal do tubo ou da conduta	

Designação simbólica dos tubos

Tal como para os condutores isolados e cabos, também nos tubos houve necessidade de os referenciar através de uma designação simbólica que os distinga, atendendo às suas diferentes características.

A norma NP-1070 (de 1975) é a norma original de regulamentação da designação simbólica dos tubos. Tal como tem acontecido a muito outro material eléctrico, também aqui a entrada na União Europeia tem vindo a provocar transformações na forma de designar os tubos. Deste modo, saiu a norma NP-1070 (reformulada) com o objectivo de substituir a anterior.

TUBOS	Designação segundo a norma original NP-1070 (1975)	Designação segundo a nova norma
Isolantes	ERFE VD VDCE VFFE VFF VFE UF VRDE VRDCE VRFE	ERE ERM VD VDC VF VFS VM VMS VRD VRDC VRE VRM
Mistos	- - - -	MES MRD MRF MRFQ
Metálicos	FF AFFQE AFFQ AF ARDE ARD ARFF ARF LEQE IFQ LF	AFS AFQ AFQ(S) MAS ARD ARDS ARFS ARMS LMQ LMQ(S) LMS

Fig. 16 - Correspondência entre as designações das duas normas para tubos.

5. Em nenhum caso serão permitidas ligações de condutores dentro dos tubos, como no exemplo da figura 14.

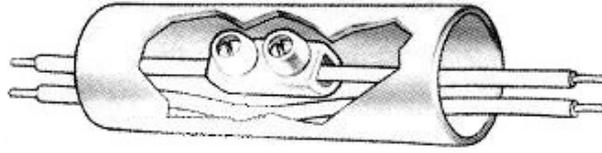


Fig. 14 - Não é permitida a emenda interior indicada.

6. O número de condutores permitido por tubo, com um dado diâmetro, para instalações à vista ou embebidas, é função da secção dos condutores e consta de quadros perfeitamente regulamentados.
7. O raio de curvatura r dos tubos deve ser tal que permita o fácil enfiamento e desenfiamento dos condutores. Segundo o regulamento o raio de curvatura mínimo dos tubos deve ser maior ou igual a seis vezes o diâmetro d exterior do tubo, para instalações à vista ou embebidas, conforme se exemplifica na figura 15.

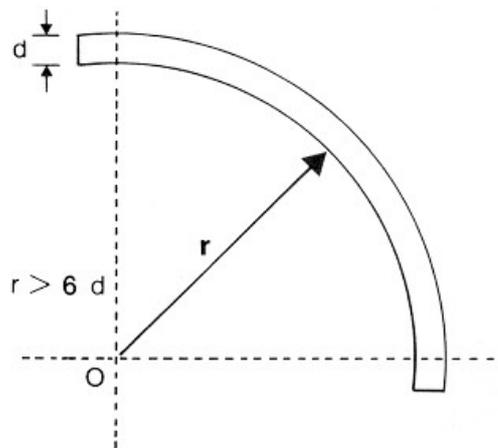


Fig. 15 - O raio de curvatura deve ser maior que seis vezes o diâmetro.

8. Nas instalações à vista, os tubos devem ser fixados às superfícies de apoio por braçadeiras apropriadas. As distâncias D entre braçadeiras também estão regulamentadas:
- $D \leq 1$ m para tubos com resistência às acções mecânicas da classe M_5 .
 - $D \geq 2$ m para tubos com resistência às acções mecânicas da classe M_9 .

Nos troços verticais, as distâncias podem ser superiores.

Tubos

Considerações gerais

Segundo o RSIUEE, define-se tubo como o invólucro de secção recta contínua, circular ou não, destinado em regra, à protecção dos condutores isolados e cabos.

Ainda segundo o regulamento, os tubos a empregar nas instalações devem ser de material isolante, de material condutor ou simultaneamente de materiais isolante e condutor (mistos), desde que possuam características eléctricas e mecânicas adequadas.

Os tubos são utilizados em instalações à vista ou em instalações ocultas. Na figura 13 representa-se um troço de tubo instalado à vista, fixo por braçadeiras, com dois condutores no seu interior.

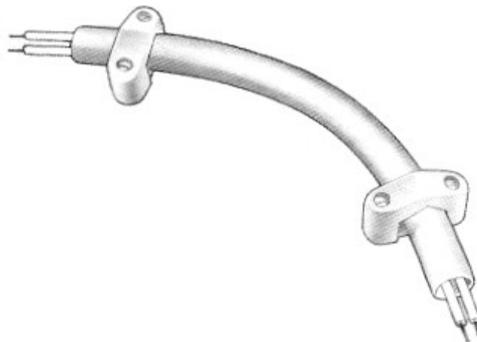


Fig. 13 - Tubo à vista com braçadeiras.

Relativamente aos tubos, devem verificar-se alguns dos seguintes preceitos e definições, impostos pelo regulamento.

1. Designa-se diâmetro nominal de um tubo como o valor do seu diâmetro interior, expresso em milímetros.
2. Os tubos devem ter diâmetros tais que permitam o fácil enfiamento e desenfiamento dos condutores isolados ou cabos.
3. A superfície interior dos tubos não deverá apresentar arestas vivas, asperezas ou fissuras.
4. Os tubos podem ser estabelecidos embebidos (no interior) nas paredes, em roços previamente abertos, ou à vista, fixados por meio de braçadeiras.

Para a escolha do cabo, de acordo com as características indicadas, deve previamente formar-se um código das características do cabo. O código é constituído por seis algarismos, um algarismo por cada uma das seis características, correspondentes às classes indicadas.

Exemplos:

1. Estabeleça a codificação do seguinte cabo: cabo para tensão nominal de 0,8/1,2 KV, rígido, dotado de duas bainhas, resistentes à corrosão pela humidade, com blindagem eléctrica e destinado a ser instalado em locais com temperaturas ambientes habituais.

Resolução:

Isolamento (I)	Flexibilidade (F)	Ac. Mecânicas (M)	Corrosão (C)	Blindagem (B)	Temperatura (T)
↓	↓	↓	↓	↓	↓
I ₃	F ₀	M ₅	C ₁	B ₁	T ₀

Juntando os algarismos de cada classe, obtém-se o código do cabo: 305110.

Por consulta do art.º 107 do RSIUEE podemos verificar que a este código correspondem dois cabos: VHV e BCV. Qualquer destes cabos tem uma constituição que satisfaz as características exigidas no enunciado do problema.

2. Estabeleça o código para: cabo com tensão nominal de 4.8/7,2 KV, rígido, com duas bainhas, resistente à corrosão pelos agentes atmosféricos, com blindagem eléctrica e sujeito a temperaturas ambientes habituais.

Resolução:

Isolamento (I)	Flexibilidade (F)	Ac. Mecânicas (M)	Corrosão (C)	Blindagem (B)	Temperatura (T)
↓	↓	↓	↓	↓	↓
I ₄	F ₀	M ₅	C ₂	B ₁	T ₀

Obtém-se o código do cabo: 405210, segundo o art.º 107, a este código correspondem vários cabos: VHIV, LVHIV, PCV, LPCV, PHCV e LPHCV. No entanto, nem todos eles têm as duas bainhas, pois podem ter apenas uma bainha desde que reforçada.

Codificação dos condutores

As características que definem os condutores quanto ao seu emprego são:

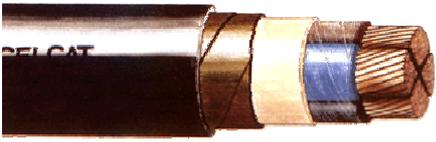
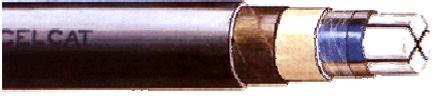
- Isolamento eléctrico.
- Flexibilidade.
- Resistência à acções mecânicas.
- Resistência à corrosão.
- Blindagem eléctrica.
- Temperatura ambiente.

A escolha dos condutores para cada local e de acordo com a utilização que lhe vai ser dada, é feita em função do conjunto de características acima indicadas.

Estas características são garantidas pelos fabricantes, através de ensaios laboratoriais efectuados, para períodos de tempo normalizados e considerados suficientes para traduzir com alguma precisão as condições reais de desgaste a que irão ser submetidos na sua utilização.

A tabela seguinte, retirada da norma NP-889 ou do art.º 106 do RSIUEE, apresenta-nos as classes correspondentes a cada uma das seis características apresentadas.

Natureza específica das características	Classes	Características dos condutores isolados e cabos
Quanto ao isolamento (I)	I ₁ I ₂ I ₃ I ₄	Tensão nominal 100/100 V. Tensão nominal 300/500 V. Tensão nominal 450/750 ou 0,8/1,2 KV. Tensão nominal superior a 0,8/1,2 KV.
Quanto à flexibilidade (F)	F ₀ F ₁ F ₂	Rígidos. Flexíveis. Extraflexíveis.
Quanto à resistência às acções mecânicas (M)	M ₁ M ₃ M ₅ M ₇	Sem resistência particular às acções mecânicas. Com resistência ligeira às acções mecânicas, conferida por uma bainha. Com resistência normal às acções mecânicas, conferida por duas bainhas ou por uma bainha reforçada. Com resistência reforçada às acções mecânicas, conferida por uma armadura.
Quanto à resistência à corrosão (C)	C ₀ C ₁ C ₂ C ₃	Sem resistência particular à corrosão. Resistentes à corrosão pela humidade. Resistentes à corrosão pelos agentes químicos. Resistentes à corrosão por agentes químicos específicos.
Quanto à blindagem eléctrica (B)	B ₀ B ₁	Sem blindagem eléctrica. Com blindagem eléctrica.
Quanto à temperatura ambiente (T)	T ₀ T ₁ T ₂ T ₃	Para temperaturas ambientes habituais (-5°C a +40°C) Para temperaturas ambientes baixas (inferiores a -5°C) Para temperaturas ambientes altas (superiores a +40°C) Sem limite definido de temperaturas ambientes, cobrindo larga gama de temperaturas incluindo altas e baixas.

 Condutores de cobre macio, isolamento e bainha de PVC.	VVD (H07VH2-U)	2 ou 3	1,5 a 4	0,8/1,2 (0,45/0,75)	Instalações fixas à vista.
 Condutores flexíveis de cobre, isolamento e bainha de PVC.	FVD (H03VH2-F)	2 a 12 2 a 4	0,75 1 a 6	0,3/0,5	Instalações fixas e amovíveis no interior. Sinalização e comando.
 Condutores flexíveis de cobre, isolamento e bainha de PVC.	FVV (H05VV-F)	2 a 5	2,5 a 25	0,3/0,5 0,8/1,2	Instalações fixas e amovíveis no interior. Sinalização e comando. Ligação de máquinas.
 Condutores de cobre macio, isolamento, bainha(s) de PVC e armadura fitas de aço.	VAV XAV	1 a 4	1,5 a 500	Até 4,8/7,2	Distribuição de energia. Instalações industriais. Pode ser montado ao ar, enterrado, em caleiras ou condutas (cabos armados).
 Condutores de alumínio sectorial maciço, isolamento, bainha(s) de PVC e armadura fitas de aço.	LSVAV LSXAV	1 a 4	1,5 a 500	Até 4,8/7,2	Distribuição de energia. Instalações industriais. Pode ser montado ao ar, enterrado, em caleiras ou condutas (cabos armados).
 Condutores de cobre ou alumínio, isolamento de PVC resistente à intempérie ou polietileno reticulado.	VS LVS	2 a 4	6 a 10 16 a 70	0,8/1,2	Redes de distribuição e utilização de energia, instalados ao ar, sobre braçadeiras ou auto-suportados.
 Condutores de alumínio sectorial maciço, isolamento e bainha de PVC.	LSV LSXV	1 a 4	1,5 a 500	Até 4,8/7,2	Redes de distribuição e utilização de energia, instalados ao ar, sobre braçadeiras.
 Condutor de alumínio, isolamento e bainha de PVC.	LVV LXV		16 a 630	0,6/1,2	Transporte e distribuição de energia em edifícios e instalações industriais.

Principais condutores isolados e cabos

Dada a grande variedade de condutores e cabos existentes, obviamente não é possível apresentá-los todos, mas apenas aqueles mais importantes, de acordo com as designações mais vulgares.

Para cada cabo, é apresentado a sua designação segundo a norma NP-665 e também segundo a norma NP-2361 (esta entre parênteses) para alguns deles.

De referir ainda que:

- Até 20 KV utilizam-se normalmente cabos tripolares (três condutores) com blindagem metálica comum.
- De 20 a 30 KV utilizam-se cabos tripolares com blindagem individual.
- De 30 a 60 KV utilizam-se cabos unipolares, por ser difícil o manuseamento dos tripolares e porque os unipolares admitem cargas mais elevadas.
- Para tensões superiores, geralmente utilizam-se linhas aéreas (cobre, alumínio, alumínio-aço, almelec, alumoweld, anticorodal). Em casos especiais usam-se cabos em banho de óleo e a gás comprimido.

Características de condutores e cabos

Condutor ou Cabo	Designação	N.º de Cond.	Secções Nominais (mm ²)	Tensões Nominais (KV)	Utilização
 Condutor de cobre macio, isolamento de PVC.	V (H05V-U) ou (H07V-U) (H07V-R)		1 a 6 (unifilar) 10 a 500 (multifilar)	0,8/1,2 (0,45/0,75)	Instalações fixas, à vista ou embebidas; montagem de quadros e aparelhagem diversa.
 Condutor flexível de cobre, isolamento de PVC.	FV (H05V-K)		0,5 a 10	0,3/0,5	Instalações fixas ou móveis no interior, embebidas ou à vista.
 Condutores extraflexíveis de cobre, isolamento de PVC.	FFVD (H03VH-H)	2	0,5 a 10	0,3/0,5	Instalações fixas ou móveis no interior, embebidas ou à vista.

NP-2361

	Tipo	Harmonizado Tipo nacional reconhecido Tipo nacional não reconhecido	H A PT-N
	Tensão	< 100 / 100 V ≥ 100 / 100; < 300 / 300 V 300 / 300 V 300 / 500 V 450 / 750 V 0,6 / 1 KV	00 01 03 05 07 1
Constituintes	Isolamento	Borracha de etileno-propileno Etileno acetato de vinilo Borracha Borracha silicone Policloreto de vinilo (PVC) Polietileno reticulado	B G R S V X
	Armadura	Bainha de alumínio extrudido ou soldado Condutor concêntrico em alumínio Blindagem de alumínio Armadura em fita de aço galvanizado ou não Armadura em fita de alumínio	A2 A A7 Z4 Y3
	Bainha	Etileno acetato de vinilo Trança de fibra de vidro Policloropreno Borracha Trança têxtil Policloreto de vinilo (PVC)	G J N R T V
Construção	Forma	Cabo circular Cabo plano: - Condutores separáveis - Condutores não separáveis	Sem letra H H2
	Condutor	<u>Natureza:</u> Cobre Alumínio <u>Flexibilidade:</u> Condutor flexível classe 5 Condutor flexível classe 6 Condutor ou cabo flexível para instalação fixa Condutor rígido circular cableado Condutor rígido sectorial cableado Condutor rígido maciço circular Condutor rígido maciço sectorial	Sem letra - A - F - H - K - R - S - U - W
Composição	Número de condutores		
	Ausência do condutor verde/amarelo Existência do condutor verde/amarelo		X G
	Secção do condutor (mm ²)		
	Identificação por coloração Identificação por algarismo		Sem letra N

A tabela anterior apresenta a nova designação dos elementos constituintes dos condutores e cabos, segundo a norma NP-2361 (de acordo com as normas europeias - CENELEC), permitindo assim mais facilmente fazer a equivalência entre as duas designações simbólicas.

f - Material de acabamento e reforço mecânico (armadura)	
Juta (quando aplicada como cama da armadura)	Nenhuma letra
Juta exterior	J
Trança têxtil	T
Trança de cobre	Q
Trança de ferro galvanizado	1Q
Armadura de duas fitas de aço	A
Armadura de fios de aço	R
Armadura de barras de aço	M
Armadura não magnética	1A, 1R, 1M
Armadura dupla	AA, RR, MM
g - Forma de agrupamento dos condutores	
Condutores cableados ou torcidos	Nenhuma letra
Condutores dispostos paralelamente	D
h - Indicações diversas	
Cabos auto-suportados	S
i - Secções dos condutores	
1 x 2 + 3	
Algarismo 1 - Numero de condutores com a mesma secção. Algarismo 2 - Secção nominal dos condutores. Algarismo 3 - Secção nominal do condutor de protecção, se existir, precedida pela letra T e separada dos elementos anteriores com o sinal +. O conjunto (1 x 2) repete-se tantas vezes quantas as diferentes secções, separando cada conjunto pelo sinal +. O algarismo 1 pode ser suprimido se indicar apenas 1 condutor	
j - Tensão nominal	
4/5	
Algarismo 4 - Tensão admissível entre um condutor qualquer e a terra (valor mais baixo). Algarismo 5 - Tensão admissível entre dois quaisquer condutores (valor mais baixo).	

Exemplo:

Suponhamos um cabo com condutores de cobre macio, isolados a papel impregnado, com bainha comum de chumbo, com reforço mecânico efectuado por fios de aço e bainha exterior de PVC. O cabo tem 3 condutores de 50 mm² e dois de 25 mm², sendo um deles de protecção. O isolamento está previsto para 0,8/1,2 KV.

Resolução:

a	b	c	d	e	f	g	h	(e)	i	j
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
-	-	P	-	C	R	-	-	V	3x50+25+T25	0,8/1,2 KV

É o cabo PCR_V 3x50+25+T25 - 0,8/1,2 KV

a - Grau de flexibilidade do condutor ou cabo	
Condutores ou cabos rígidos	Nenhuma letra
Condutores ou cabos flexíveis	F
Condutores ou cabos extraflexíveis	FF
Condutores ou cabos flexíveis com núcleo central destinado a aumentar a sua flexibilidade ou resistência mecânica	FG
b - Material dos condutores	
Cobre macio	Nenhuma letra
Cobre duro	K
Liga de cobre	1K
Condutor bimetálico	W
Alumínio	L
Alumínio sectorial maciço	LS
Liga de alumínio	1L
c - Material do isolamento	
Papel	P
<u>Elastómeros:</u>	
Não especificados	B
Borracha butílica	1B
Polietileno clorossulfonado	2B
Borracha silicone	3B
Eliteno-propileno	4B
Policloropreno (ou Neopreno)	N
<u>Plastómeros:</u>	
Policloreto de vinilo (PVC)	V
Polietileno	E
Polietileno reticulado (cabos de energia) ou celular (cabos de telecomunicações)	1E
Isolante mineral	Z
d - Blindagem ou condutores envolventes	
Blindagem individual (excepto cabos de papel de campo radial)	HI
Blindagem comum e blindagem individual em cabos de papel de campo radial	H
Condutor envolvendo os restantes condutores isolados do cabo	O
Condutor de alumínio, concêntrico em relação ao cabo, envolvendo os restantes condutores isolados	OL
e - Material da bainha	
Chumbo	C
Chumbo individual	CI
Alumínio	L
Liga de alumínio	1L
<u>Elastómeros:</u>	
Não especificados	B
Polietileno clorossulfonado	2B
Policloropreno (ou Neopreno)	N
<u>Plastómeros:</u>	
Policloreto de vinilo (PVC)	V
Polietileno	E
Polietileno reticulado (cabos de energia) ou celular (cabos de telecomunicações)	1E
Cobre	K

Nota - Os cabos podem ter duas bainhas (uma interior e outra exterior). Neste caso a letra correspondente vem indicada duas vezes.

Designação simbólica de condutores isolados e cabos

Dada a grande variedade de cabos existentes no mercado e dada ainda a diversidade de materiais que protegem a alma condutora, houve necessidade de criar normas que definissem de uma forma clara o processo de estabelecimento do nome adequado a cada tipo de condutor ou cabo.

Desta forma nasceu a norma NP-665 que regula a formação da designação simbólica de cada condutor ou cabo (nome do condutor ou cabo).

Muito recentemente com a entrada de Portugal no União Europeia, tem vindo a sair nova legislação cujo objectivo é uniformizar as características e nomenclaturas do material eléctrico (e não só) fabricado pelos países que integram esta comunidade.

Assim, a norma NP-2361 tem como objectivo uniformizar, a nível europeu, a designação simbólica dos condutores e cabos, ficando esta de acordo com o Documento de Harmonização HD 361 do Comité Europeu de Normalização Electrotécnica (CENELEC).

Obviamente que estes processos de adaptação, envolvendo industriais, armazenistas, retalhistas e técnicos, levam alguns anos a ser implementados, levando a que se utilizam as duas normas por algum tempo.

De seguida é apresentada a formação da designação vulgarmente conhecida (NP-665).

A designação simbólica da cada condutor isolado ou cabo é feita por um conjunto de letras maiúsculas e algarismos que, lidos da esquerda para a direita, representam o nome do condutor isolado ou cabo, bem como o número dos condutores, sua secção e tensão nominais.

A designação simbólica obtém-se a partir da seguinte expressão:

$$\mathbf{a \ b \ c \ d \ e \ f \ g \ h \ (e)} \quad \underbrace{1 \times 2 + 3}_{\mathbf{i}} \quad \underbrace{4/5}_{\mathbf{j}}$$

A cada uma das letras vai corresponder determinada característica que, pela ordem em que estão indicadas (da esquerda para a direita).

A cada um dos números irá corresponder um valor numérico.

Nos cabos eléctricos a secção do condutor neutro, assim como a do condutor de protecção, quando existe, nem sempre é igual à do condutor de fase. Com efeito, a intensidade do condutor de protecção ou é nula, quando não há defeitos na instalação, ou é pequena, atendendo a que no caso de defeito há órgãos de protecção que limitam o valor da intensidade de defeito, actuando. Por estes motivos, a sua secção não precisa de ser tão elevada como a dos condutores de fase.

Quanto ao condutor neutro, nas instalações trifásicas de distribuição a corrente no neutro é geralmente inferior à das fases. Com efeito, se as fases estiverem equilibradas (mesma corrente) demonstra-se que a corrente no neutro será nula. Na prática há sempre alguma corrente no neutro na distribuição trifásica, pelo que a secção dos neutro também poderá ser inferior à das fases.

Pelas razões apontadas e por outras, o RSIUEE impõe que a secção do condutor neutro e a do condutor de protecção só são iguais às dos condutores de fase até ao valor de 10 mm² (exemplos: 1,5; 2,5; 4; 6 e 10 mm²). Para secções de fase superiores a 10 mm² a secção do condutor neutro e a secção do condutor de protecção são inferiores à secção das fases e dadas pela tabela da fig. 12.

Secção dos condutores de fase (mm²)	Secção dos condutores neutro e de protecção (mm²)
16	10
25	16
35	16
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185
500	240
630	300
800	400
1000	500

Fig. 12 - Tabela das secções normalizadas para os condutores de fase, neutro e de protecção.

Para mais de 3 condutores no mesmo tubo, os valores do quadro anterior devem ser multiplicados pelos factores de correcção do quadro da fig. 10.

Condutores enfiados no mesmo tubo	Factor de correcção
4 a 6	0,8
7 a 9	0,9

Fig. 10 - Factores de correcção para mais de 3 condutores enfiados no mesmo tubo.

Para temperaturas ambientes diferentes de 20 °C, os valores do quadro da fig. 9 devem ser multiplicados pelos factores de correcção indicados no quadro da fig. 11.

Temperatura ambiente (°C)	Factor de correcção
5	1,15
10	1,10
15	1,05
20	1,00
25	0,94
30	0,88
35	0,82
40	0,75

Fig. 11 - Factores de correcção para temperaturas ambientes diferentes de 20 °C.

Exemplificando:

Um condutor de 1,5 mm², em tubo, suporta 17 A, à temperatura ambiente. Se lhe juntarmos mais três condutores, com temperatura ambiente de 30 °C, a intensidade máxima admissível por cada condutor é: $I_{\text{máx}} = 17 \times 0,8 \times 0,88 = 12 \text{ A}$, valor bastante inferior ao inicial.

De referir ainda que nas instalações de utilização de energia eléctrica não podem ser utilizados condutores com secções inferiores às seguintes:

- Em circuito de tomadas, força-motriz ou climatização → **2,5 mm²**
- Em circuitos para iluminação ou outros usos → **1,5 mm²**

É excepção a estas duas regras a secção utilizada nos condutores flexíveis utilizados na ligação de candeeiros, de pequenos aparelhos de utilização, móveis ou portáteis, que poderá ser de 0,75 mm² ou mesmo de 0,5 mm² no caso de condutores extraflexíveis.

Como se sabe, cada condutor deve suportar uma da intensidade de corrente nominal, a qual resulta de cálculos efectuados para a instalação, tendo em conta os receptores instalados ou a instalar.

Sabemos também que quanto maior for a secção do condutor maior será a intensidade de corrente que ele suporta. O cobre é melhor condutor que o alumínio, isto é, para a mesma secção, o cobre suporta uma intensidade de corrente mais elevada.

Deste modo, para a escolha da secção adequada para cada instalação há necessidade de conhecer a relação entre secções e intensidades máximas admissíveis. Esta relação é-nos fornecida pelos fabricantes através de tabelas.

No entanto, as normas portuguesas regulamentam também este assunto, impondo valores máximos de intensidades admissíveis para cada secção dos condutores de cobre e de alumínio. Assim, a norma NP-918 impõe valores máximos admissíveis de intensidades para condutores tipo V (H07V-U), instalados em tubos ou ao ar.

Secção Nominal (mm ²)	Intensidade de corrente máxima admissível (A)		
	Condutores enfiados no mesmo tubo	Condutores instalados ao ar	
		Com uma distância entre si inferior ao seu diâmetro exterior	Com uma distância entre si igual ou superior ao seu diâmetro exterior
1	13	17	21
1,5	17	22	27
2,5	22	30	36
4	29	40	48
6	37	50	60
10	50	70	85
16	70	95	110
25	95	125	145
35	120	150	180
50	140	180	210
70	185	230	275
95	225	275	330
120	265	315	390
150	320	360	440
185	350	410	505
240	415	480	595
300	480	550	685
400	580	650	820
500	600	810	935

Fig. 9 - Intensidades de corrente máximas admissíveis (condutores tipo V (H07V-U)).

Nota - Os valores de intensidade, para condutores em tubo, são os indicados na tabela desde que o seu número não ultrapasse 3 condutores (não se incluem neste número o 'condutor de protecção' e o 'condutor neutro das instalações trifásicas').

A tabela da fig. 7, segundo a norma NP-666, dá-nos o diâmetro máximo de cada fio de cobre constituinte de uma dada secção S , para condutores flexíveis e extraflexíveis.

Suponhamos por exemplo a secção de $1,5 \text{ mm}^2$: um condutor flexível com esta secção deve ter fios com um diâmetro máximo de $0,26 \text{ mm}$. Quantos fios serão necessários para perfazer a secção de $1,5 \text{ mm}^2$?

Ora, calculando a secção de um fio, vem:

$$S_1 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} = \frac{3,14 \times 0,26^2}{4} = 0,053 \text{ mm}^2$$

O número mínimo de fios será:

$$N = \frac{S}{S_1} = \frac{1,5}{0,053} = 28 \text{ fios}$$

A tensão nominal de um condutor ou de um cabo é sempre indicada através de dois valores U_0 / U , em que o primeiro representa o valor da tensão mais elevada admissível entre qualquer condutor e a terra ou a blindagem; o segundo representa o valor da tensão mais elevada admissível entre dois quaisquer condutores. Em corrente alternada, estes valores são sempre eficazes. Na fig. 8 estão representadas algumas das tensões nominais normalizadas.

U_0 / U
100 / 100 V
300 / 500 V
450 / 750 V
0,8 / 1,2 KV
2,4 / 3,6 KV
4,8 / 7,2 KV
7,2 / 12 KV
12 / 17,5 KV
17,5 / 24 KV
24 / 36 KV
36 / 52 KV
52 / 72,5 KV

Fig. 8 - Tensões nominais normalizadas dos cabos.

As almas dos condutores rígidos não têm obrigatoriamente só um fio. Assim, a norma NP-918 estabelece o número de fios para cada secção dos condutores rígidos, tipo V e LV.

Secção Nominal (mm ²)	Número de fios para condutores circulares	
	COBRE	ALUMÍNIO
1	1	1
1,5	1	1
2,5	1	1
4	1	1
6	1	1
10	7	1
16	7	7
25	7	7
35	19	7
50	19	19
70	19	19
95	19	19
120	37	37
150	37	37
185	37	37
240	61	61
300	61	61
400	61	61
500	61	61
630	127	127
800	127	127
1000	127	127

Fig. 6 - Número de fios constituintes das almas condutoras rígidas (Cu e Al).

Quanto aos condutores flexíveis e extraflexíveis, o número de fios por secção é obviamente maior, conforme já foi referido anteriormente.

Secção Nominal (mm ²)	Diâmetro máximo dos fios de cobre	
	FLEXÍVEIS (mm)	EXTRAFLEXÍVEIS (mm)
0,5	0,21	0,16
0,75	0,21	0,16
1	0,21	0,16
1,5	0,26	0,16
2,5	0,26	0,16
4	0,31	0,16
6	0,31	0,21
10	0,41	0,21
16	0,41	0,21
25	0,41	0,21
35	0,41	0,21
50	0,41	0,31

Fig. 7 - Diâmetro máximo dos fios de cobre para condutores flexíveis e extraflexíveis.

Secções normalizadas das almas condutoras. Tensões nominais.

Os materiais utilizados na construção das almas condutoras são, como é sabido, o cobre e o alumínio. O cobre utilizado é o cobre macio recozido que deve apresentar as seguintes características:

- Resistividade - $\rho = 0,0172 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ (a 20 °C).
- Apresentar-se limpo, sem oxidação, isento de produtos e defeitos nocivos à sua finalidade.

O cobre, quando isolado a borracha, deve ser estanhado para evitar a corrosão provocada pela borracha vulcanizada, devido à acção do enxofre nele existente.

O alumínio utilizado como alma condutora deve apresentar as seguintes características:

- Resistividade - $\rho = 0,0282 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ (a 20 °C).
- Apresentar-se limpo, sem oxidação, isento de produtos e defeitos nocivos à sua finalidade.

As secções normalizadas das almas condutoras são as seguintes, expressas em milímetros quadrados (mm^2).

Secções das almas condutoras (mm^2)					
0,6	4	25	95	240	630
0,75	6	35	120	300	800
1,5	10	50	150	400	1000
2,5	16	70	185	500	

Fig. 5 - Secções normalizadas das almas condutoras.

Na tabela da fig. 4 indicam-se os materiais mais utilizados no isolamento, bainha, blindagem e armadura.

Materiais mais utilizados nos cabos			
Isolamento	Bainha	Blindagem	Armadura
Policloreto de vinilo (PVC) Polietileno (PET) Borracha silicone Papel seco Papel impregnado (em óleo) Neopreno	Policloreto de vinilo Chumbo Polietileno Borracha Ligas de chumbo	Fita de alumínio Fita de cobre	Fitas de aço Fios de aço Barrinhas de aço Trança têxtil Juta

Fig. 4 - Materiais mais utilizados no revestimento dos condutores e cabos.

Identificação dos condutores

Como se sabe, as instalações eléctricas de corrente alternada podem ser monofásicas ou trifásicas. Para permitir maior eficiência na colocação ou na reparação de uma instalação eléctrica, há necessidade de arranjar um processo de identificar facilmente cada condutor.

A instalação monofásica e constituída por uma fase, o condutor neutro e o condutor de protecção (nos troços em que exista); a instalação trifásica é constituída por três fases distintas, o condutor neutro e o condutor de protecção.

A identificação de cada condutor é feita pela cor do isolamento do condutor, ou por meio de pintura ou enfitamento, quando condutores nus.

As cores de identificação dos condutores são as seguintes:

Condutores de fases

Preto - preto - castanho (três fases) ou preto - castanho - castanho (três fases)

Se só existir uma fase, tanto pode ser em preto como em castanho.

Condutor neutro - azul claro

Condutor de protecção - verde(amarelo)

Bainha

Revestimento contínuo que, envolvendo completamente o condutor isolado ou o conjunto cableado ou torcido de condutores isolados, contribui para a protecção dos cabos. Quando for metálica pode também desempenhar a função de blindagem.

Trança

Revestimento constituído por fios entrançados, têxteis ou metálicos.

Armadura

Revestimento metálico que tem como principal finalidade proteger o cabo contra acções mecânicas exteriores, para além de funções de natureza eléctrica que possa desempenhar.

De referir que cada condutor ou cabo terá apenas um, alguns ou a totalidade destes revestimentos. O condutor mais simples (condutor isolado) será aquele que possui apenas o isolamento. Seguidamente e em grau crescente de complexidade, teríamos um cabo com isolamento e bainha exterior, podendo ter ou não material de enchimento entre os dois revestimentos. Depois viriam sucessivamente blindagem, trança e armadura. De referir ainda podemos ter cabos com duas bainhas: a bainha normal sobre o isolamento e ainda uma bainha exterior, sobre a primeira ou sobre a armadura.

A fig. 3 representa um cabo com todos os revestimentos referidos.

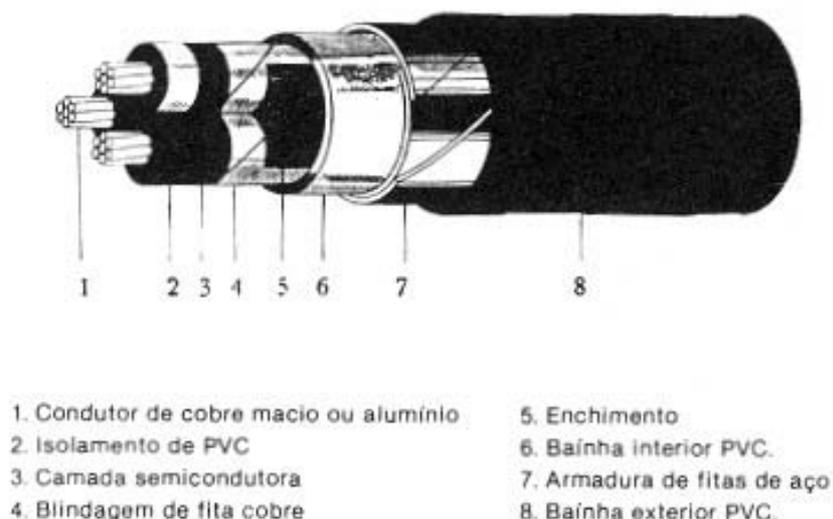


Fig. 3 - Cabo eléctrico com diversos revestimentos.

Caracterização de um cabo

Conforme as exigências dos locais e condições de funcionamento, assim a necessidade de instalar cabos mais ou menos protegidos.

Os principais factores condicionantes da escolha de um dado cabo para uma instalação são:

- Potência, tensão e intensidade nominais.
- Temperatura ambiente do local onde vai ser instalado.
- Localização do cabo (à vista, enterrado, subaquático, etc.).
- Efeitos corrosivos ou mecânicos do local onde vai ser instalado.
- Existência ou não de outros cabos no local ou proximidade (particularmente de telecomunicações), ou de outras canalizações (água, gás, esgotos, etc.).

Como é fácil de concluir, estes factores vão exigir maior ou menor protecção nos cabos, bem como substâncias protectoras diferenciadas, conforme veremos mais à frente.

Vejamos então os principais revestimentos eléctricos, mecânicos e químicos dos cabos.

Isolamento

Camada de material isolante que, envolvendo a alma condutora, assegura o seu isolamento eléctrico.

Enchimento

Material destinado a regularizar a forma do cabo, preenchendo os espaços vazios entre os condutores isolados, de forma a que não haja descontinuidades nem pontos fracos.

Blindagem (bainha metálica)

Revestimento metálico que envolve cada um dos condutores isolados ou o seu conjunto, com o fim de assegurar determinadas características eléctricas, como: equalização de potenciais eléctricos, redução dos campos electrostáticos, redução das correntes de fuga, evitar interferências de campos electromagnéticos com outros cabos de energia ou de telecomunicações.

Condutor isolado

Define-se como condutor isolado como o conjunto constituído por alma condutora revestida de uma ou mais camadas de material isolante que asseguram o seu isolamento eléctrico.

Cabo isolado ou Cabo

Define-se cabo isolado, ou simplesmente cabo, como o condutor isolado dotado de uma bainha ou conjunto de condutores isolados devidamente agrupados, providos de bainha, trança ou outra envolvente comum.

Conforme já foi sugerido, os condutores podem ser rígidos, flexíveis ou ainda extraflexíveis.

Os condutores rígidos mantêm a sua forma rígida se nenhuma força razoável actuar sobre eles. Quanto aos flexíveis, basta o próprio peso e a pressão do isolamento para lhes modificar a sua forma. Os extraflexíveis têm um grau de flexibilidade ainda maior.

Normalmente os condutores flexíveis e extraflexíveis são de cobre macio e multifilares (bastantes fios de pequeno diâmetro).

Os condutores rígidos são normalmente unifilares, podendo também ser multifilares, mas têm sempre bastante menos fios que os flexíveis.

A norma NP-666 indica o número de fios necessários para os condutores flexíveis e extraflexíveis.

Secção nominal

É o valor normalizado, correspondente à área (aproximada) da secção transversal do condutor. É expressa em milímetros quadrados (mm²).

Tensão nominal

A tensão nominal de um condutor ou cabo é a tensão que serviu de base ao seu projecto, de acordo com um nível de isolamento exigido. O condutor ou cabo suporta este valor permanentemente sem deterioração. É expressa em volts (V) ou kilovolts (KV).

Condutores e cabos

Condutor ou cabo nu

Define-se condutor/cabo nu como o condutor/cabo que não possui qualquer isolamento eléctrico contínuo. Os condutores/cabos nus podem ter a secção circular, a forma de barras, de tubos, de varetas ou outros perfis adequados.



Fig. 1 - Diversos tipos de cabos nus.

Alma condutora

Define-se alma condutora como o elemento destinado à condução da corrente eléctrica, podendo ser constituída por um único fio, um conjunto de fios devidamente reunidos, ou por perfis adequados ao fim a que se destina.

A alma condutora, quanto ao número de fios, pode por isso, ser unifilar (um só fio) ou multifilar (vários fios). Pode ainda ser sectorial maciça (sectores não circulares), multissectorial (vários sectores independentes) e circular, quanto à forma.

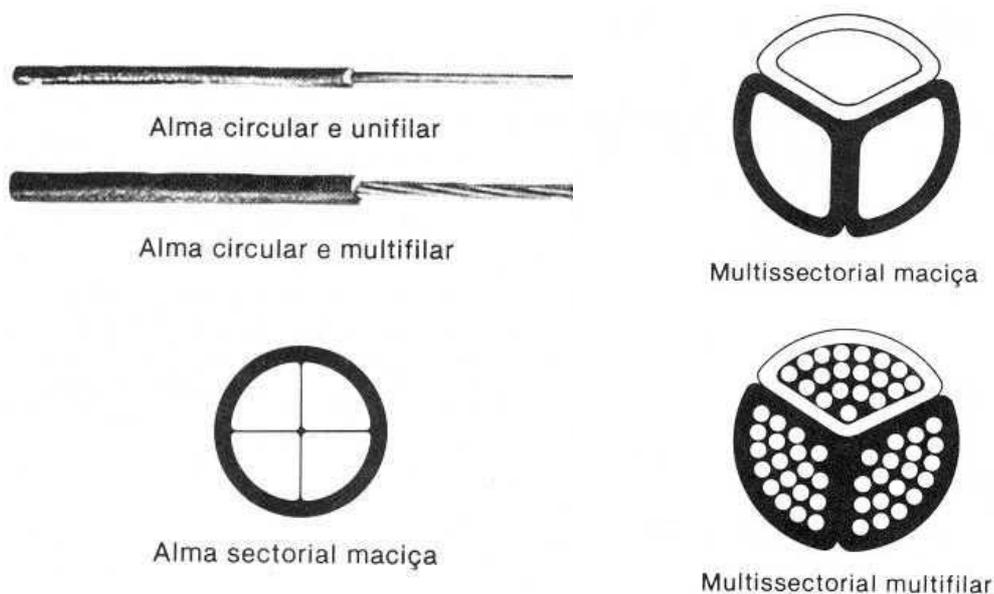


Fig. 2 - Diversos tipos de almas condutoras.

CANALIZAÇÕES ELÉTRICAS

Constituição

Segundo o RSIUEE, define-se canalização eléctrica ao conjunto constituído por um ou mais condutores eléctricos e pelos elementos que asseguram o seu isolamento eléctrico, as suas protecções mecânicas, químicas, eléctricas e a sua fixação, devidamente agrupados e com aparelhos de ligação comuns.

Em termos gerais a canalização eléctrica será constituída pelos condutores, seus isolamentos, isoladores de apoio ou aparelhagem de fixação e tubos quando existam. Os restantes elementos de uma instalação serão distintos da canalização propriamente dita.

Diremos que uma instalação eléctrica será constituída pela canalização e pela aparelhagem de protecção, corte, manobra, medida e de ligação.

De referir ainda que existem dois tipos de canalização: a canalização eléctrica de distribuição de energia e a canalização de sinalização e telefones.

Tipos de canalizações

Segundo o RSIUEE, as canalizações podem classificar-se em:

- Canalização **fixa** - canalização estabelecida de forma inamovível, sem recurso a meios especiais. Ex. canalizações estabelecidas nas paredes, à vista ou ocultas.
- Canalização **amovível** - canalização, não fixa, destinada a alimentar, em regra, aparelhos móveis ou portáteis. Ex. cabos de alimentação de TV, rádio, etc.
- Canalização **à vista** - canalização visível, sem necessidade de retirar qualquer parte da construção sobre que está estabelecida.
- Canalização **oculta** - canalização que não é visível ou que não é acessível sem remoção de qualquer elemento do meio em que se encontra ou ainda sem remoção de si própria. Ex. canalizações embebidas nas paredes, tectos, pavimentos, canalizações enterradas, canalizações subaquáticas, etc.
- Canalização **pré-fabricada** - canalização cujo invólucro, metálico ou de material isolante e condutores formam um conjunto montado em fábrica.
- **Condutores** - invólucro de secção recta descontínua, destinado à protecção dos condutores nus (apoiados em isoladores), condutores isolados ou cabos, podendo ser fechado por suporte amovível.

Introdução

O presente manual tem como principal objectivo, servir como apoio e ser mais um elemento de estudo e de consulta dos alunos do 10.º ano do Curso Tecnológico de Electrotecnicia/Electrónica, na disciplina de POL - Práticas Oficiais e Laboratoriais.

Os conteúdos deste manual visam essencialmente as canalizações eléctricas, suas características principais e elementos constituintes, sendo parte integrante do estudo da Unidade II - Instalações Eléctricas.

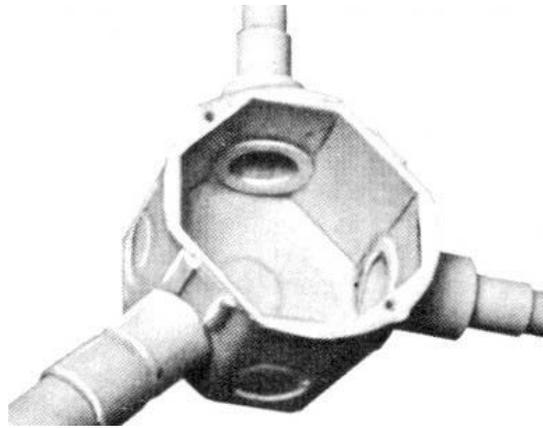
ÍNDICE

Introdução	3
Constituição	4
Tipos de canalizações	4
Condutores e cabos	5
Caracterização de um cabo	7
Identificação dos condutores.....	9
Secções normalizadas das almas condutoras. Tensões nominais.....	10
Designação simbólica de condutores isolados e cabos.....	16
Principais condutores isolados e cabos.....	20
Codificação dos condutores.....	22
Tubos	24
Considerações gerais	24
Designação simbólica dos tubos	26
Codificação dos tubos	28
Tubos mais vulgares.....	30
Estudo dos principais tipos de canalizações	32
Classificação geral	32
Canalização à vista, constituída por condutores isolados protegidos por tubos.....	35
Canalização embebida, constituída por condutores isolados protegidos por tubos.	37
Canalizações pré-fabricadas	38
Canalização 'tipo teia'.	40
Escolha das canalizações consoante as características dos locais	41
Bibliografia.....	43



ESCOLA SECUNDÁRIA/3 DE CARREGAL DO SAL

MANUAL DE APOIO



CANALIZAÇÕES ELÉCTRICAS

Curso: Tecnológico de Electrotecnia/Electrónica

Disciplina: POL - Práticas Oficiais e Laboratoriais

Ano: 10.º

Professor: Dário Manuel Soares Baptista

Maio' 2002.