



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

DISCIPLINA: Subestação e equipamentos de potência  
PROFESSOR: Dr .Bartolomeu Ferreira dos Santos Júnior

# Muflas

Dayany Makly  
Jayne Pessoa  
Valmario Andrade

# HISTÓRICO



# Histórico

- Nos anos 70 e início dos anos 80 os cabos de energia tinham a vida curta.
- Antes para terminar e juntar acessórios de cabos eram utilizadas técnicas como sudação, encanamento, gravação e uso de composto de betume torrado a quente.
- Os acessórios modernos reduzem o tempo de instalação e, a instalação do produto não depende da habilidade do instalador fornecendo melhorias na instalação e no desempenho.

# Histórico

- Foram desenvolvidas técnicas de instalação rápidas e seguras.
- Hoje são usados sistemas termocontráteis, contráteis a frio..
- Os acessórios e fitas são mais confiáveis .
- Segue os requisitos do padrão ANSI / IEEE 48.
- NBR 9314 - Emendas e terminais para condutores de potência com isolação para tensões de 3,6/6 kV a 27/35 kV.

# INTRODUÇÃO



# Introdução

**CONCEITO:** Dispositivo destinado a restabelecer as condições de isolação da extremidade de um condutor isolado quando este é conectado a um conector nu, ou a um terminal para ligação de equipamento.

**FINALIDADE:** Reduzir o gradiente de potencial que surge em torno da área seccionada do cabo.

**NOMENCLATURA:** Mufla terminal primária ou terminação.

# Introdução

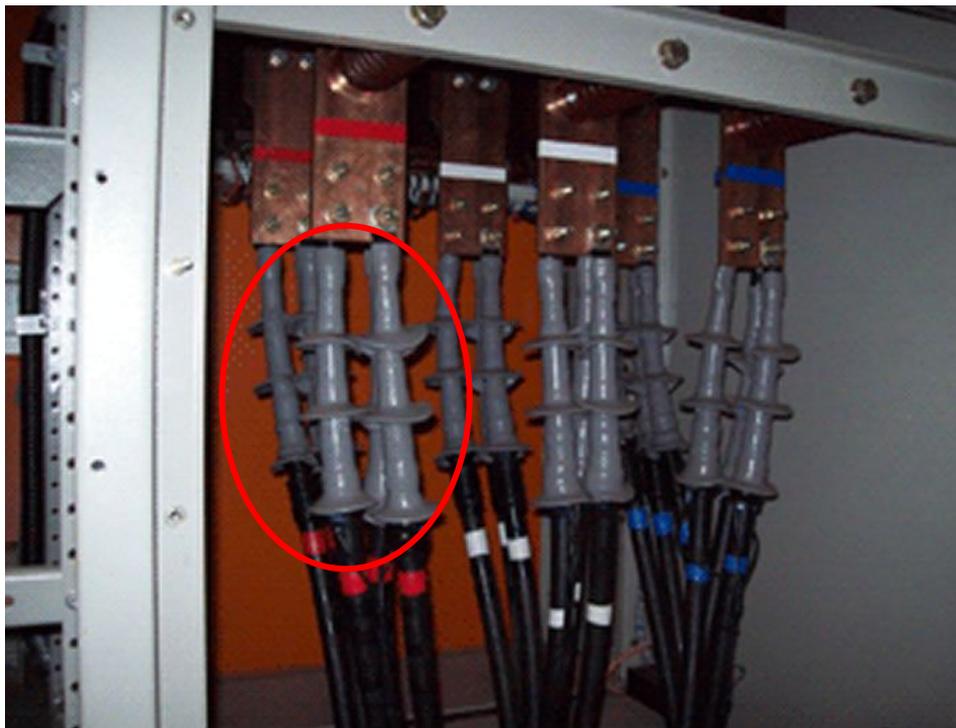


Figura 1. Exemplo de mufla  
Fonte: Internet

# Introdução

- Este item é necessário devido a complexidade da isolação de cabos de média tensão por causa dos possíveis problemas de uma má isolação ou demais problemas devido ao campo elétrico presente neste tipo de cabos.

## TIPOS: Singelo ou Trifásico



Figura 2: Mufla Singela  
Fonte: DÁVI (2008, p.17)



Figura 3: Mufla trifásica  
Fonte: DÁVI (2008, p.18)

# Introdução

## PARTES:



Figura 4. Vista externa de uma mufla  
Fonte: MAMEDE (2005, p.66)



Figura 5. Vista interna de uma mufla  
Fonte: MAMEDE (2005, p.67)

# CLASSIFICAÇÃO



# Classificação

## Interna e externa

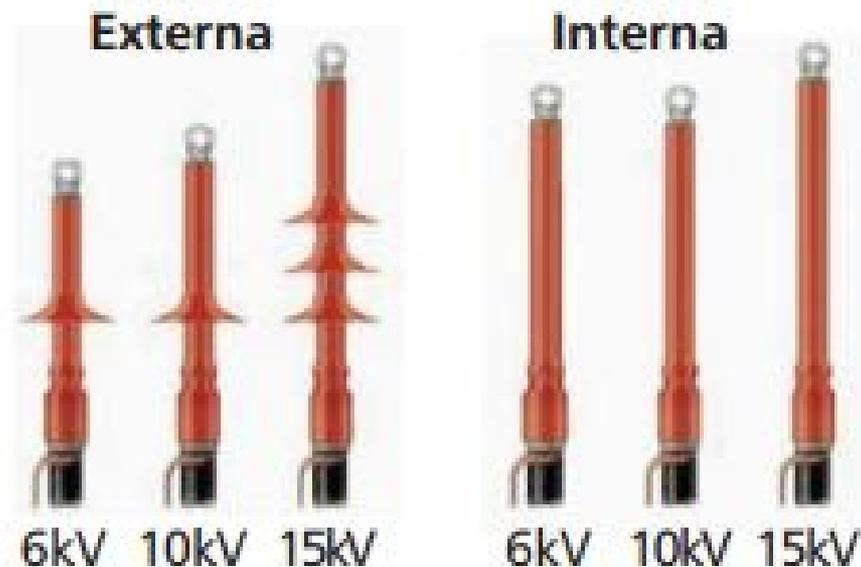


Figura 6. Mufla externa e interna

Fonte: Site G automação

# Classificação

## Termocontráteis

- Possuem boa estabilidade térmica.
- Apresentam aditivos na sua constituição.
- É constituída de uma tubo de alívio de campo.
- São constituídas na grande maioria de copolímeros de poliolefinas.

# Classificação

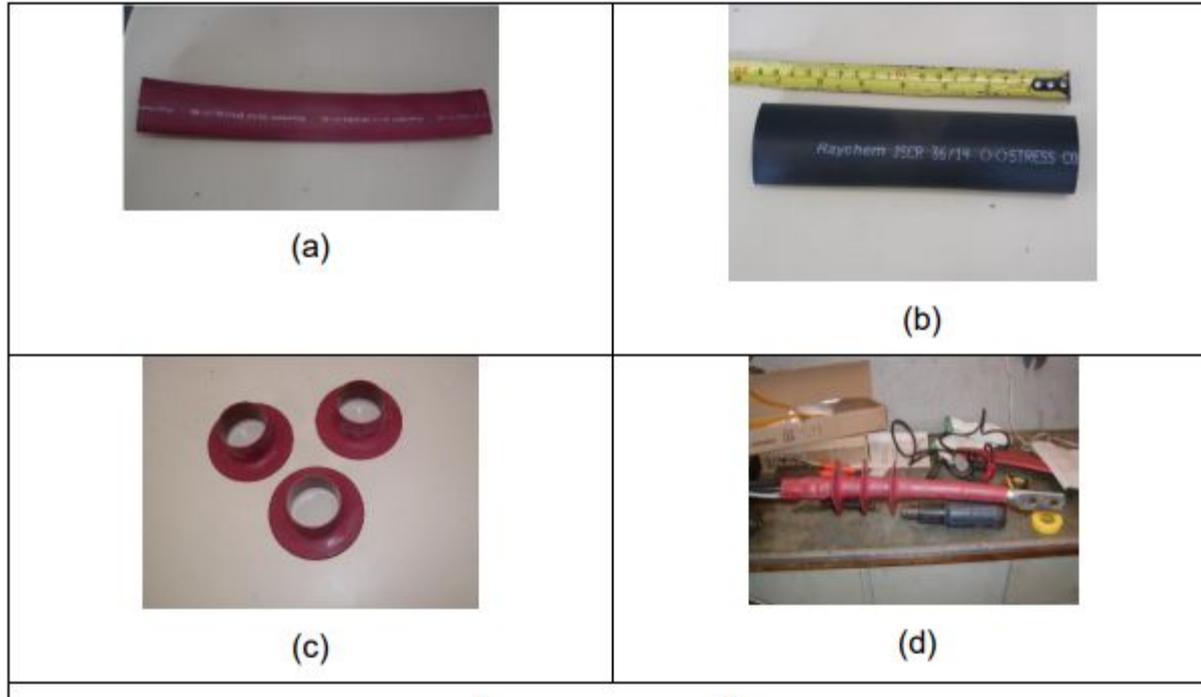


Figura7. a) Tubo de alívio de campo elétrico b) Tubo isolante termocontrátil  
c) Saias poliméricas d) Mufla termocontrátil completa

Fonte: DÁVI (2008, p.20)

# Classificação

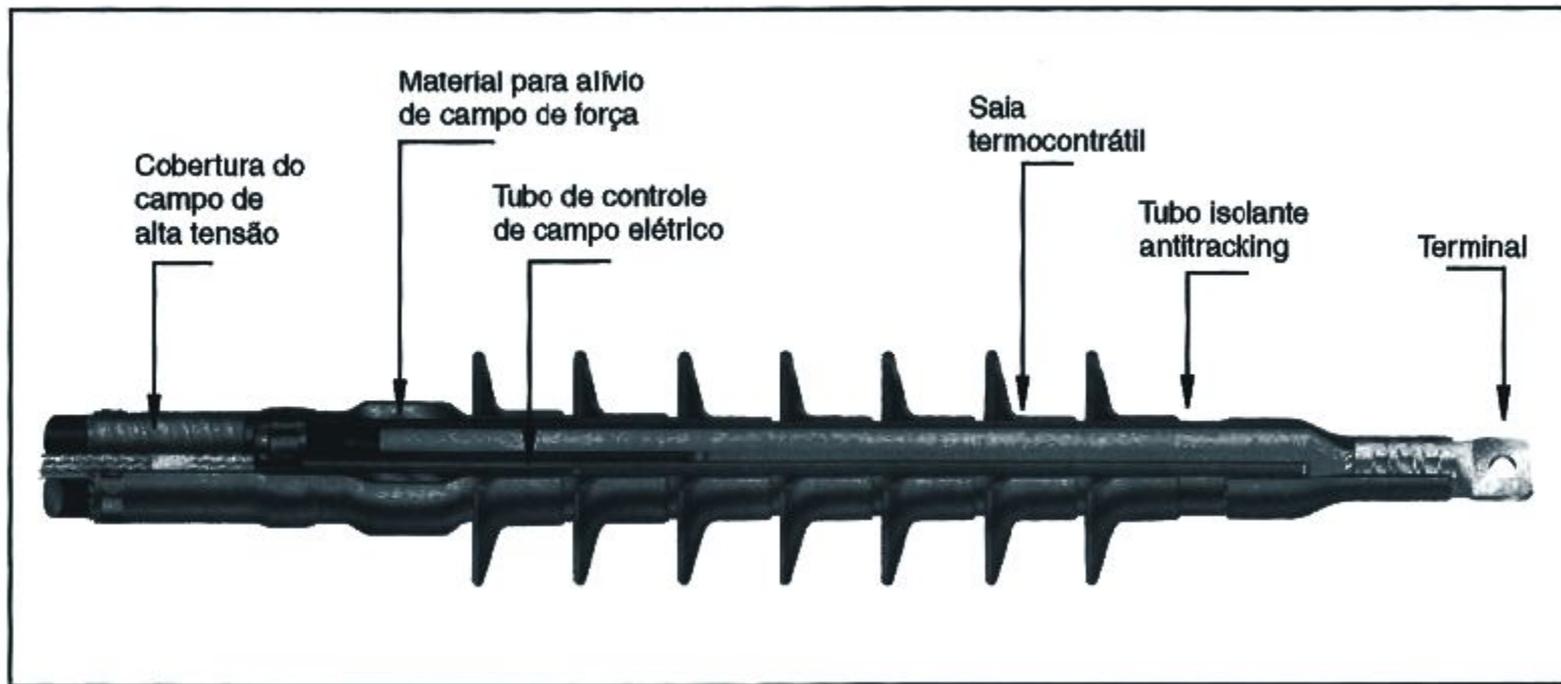


Figura 8. Vista interna de uma mufla termocontrátil

Fonte: MAMEDE (2005,p.68)

# Classificação

## Terminação contrátil a frio

- Feitas geralmente de compostos elastoméricos de borracha de silicone



Figura 9. Terminação contrátil a frio

Fonte: DÁVI (2008,p.21)

# Classificação

## Terminações push-on

- São constituídas na sua grande maioria de borracha de silicone e possuem um cordão plástico na parte interna do dispositivo com a função de contrair a terminação no cabo quando o operador puxar o cordão.



Figura 10. Terminação push-on

Fonte: DÁVI (2008,p.21)

# Classificação

## Terminações modulares

- São constituídas geralmente de borracha de silicone.
- São compostas de um tubo de alívio de campo elétrico, uma cobertura de aterramento e das saias poliméricas.

# Classificação



a)



b)



c)

Figura 11. a) Tubo TVR b) Tubo de aterramento c) Saias e terminação completa

Fonte: DÁVI (2008,p.22)

# **FUNCIONAMIENTO**



# Funcionamento

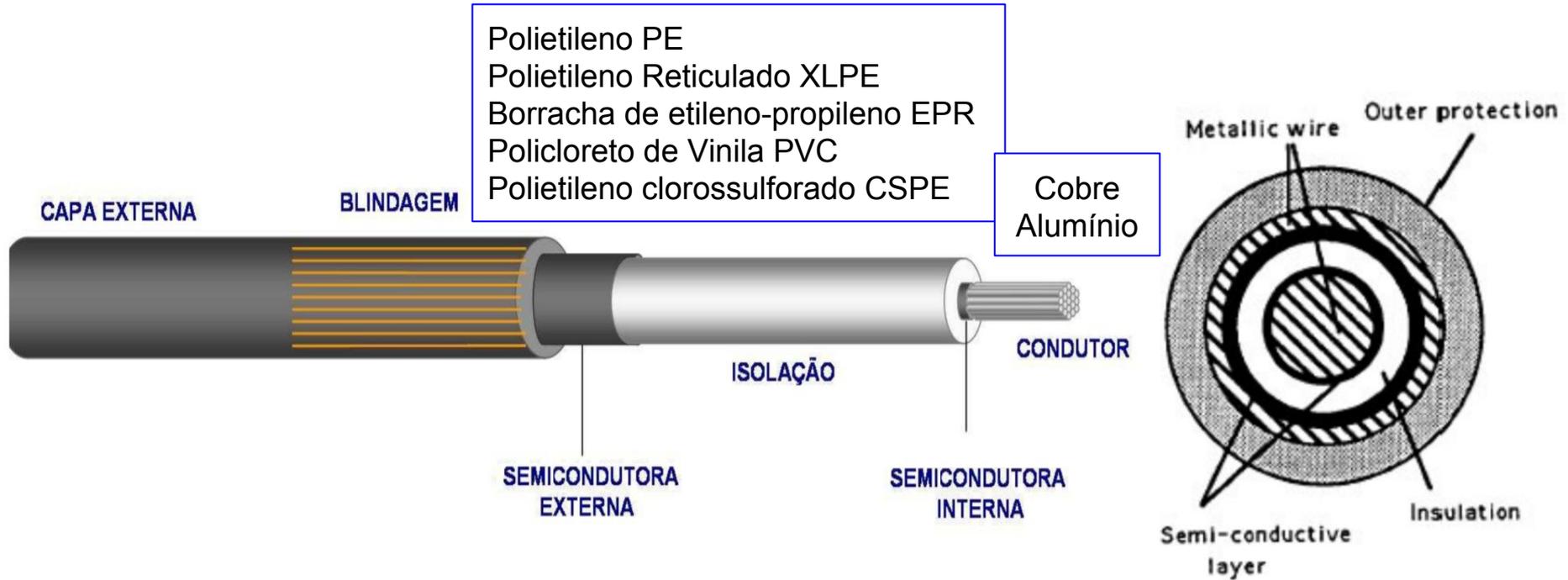
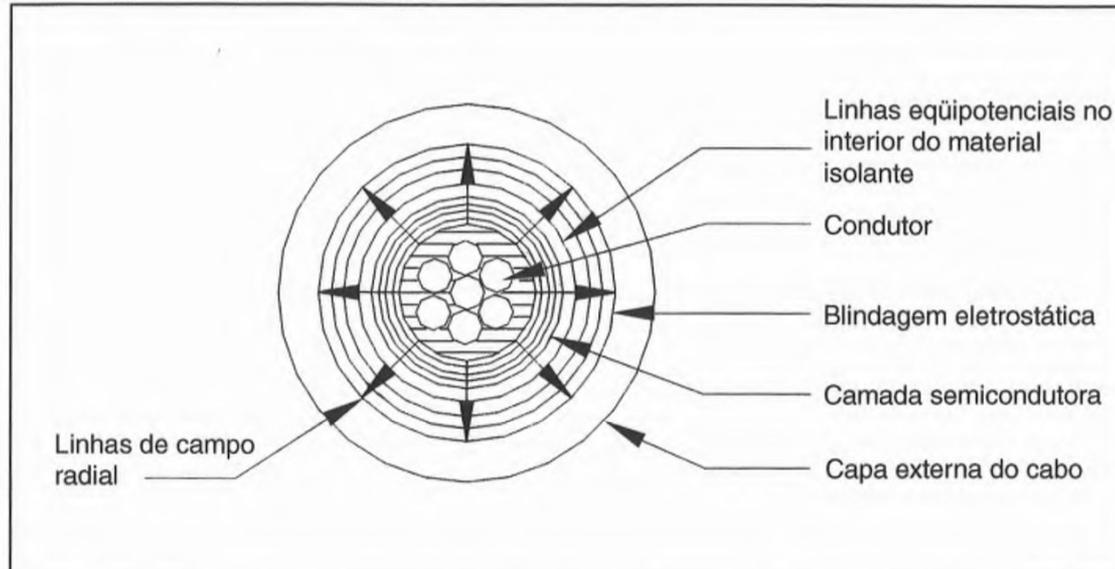


Figura 12. Composição de um cabo elétrico de tensão

Fonte: BAS (2015)

# Funcionamento



$$E = \frac{\Delta V}{D} (\text{kV/mm})$$

$\Delta V$  - diferença de potencial estabelecida entre as duas superfícies, em kV;  
 $D$  - espessura do dielétrico, em mm.

# Funcionamento

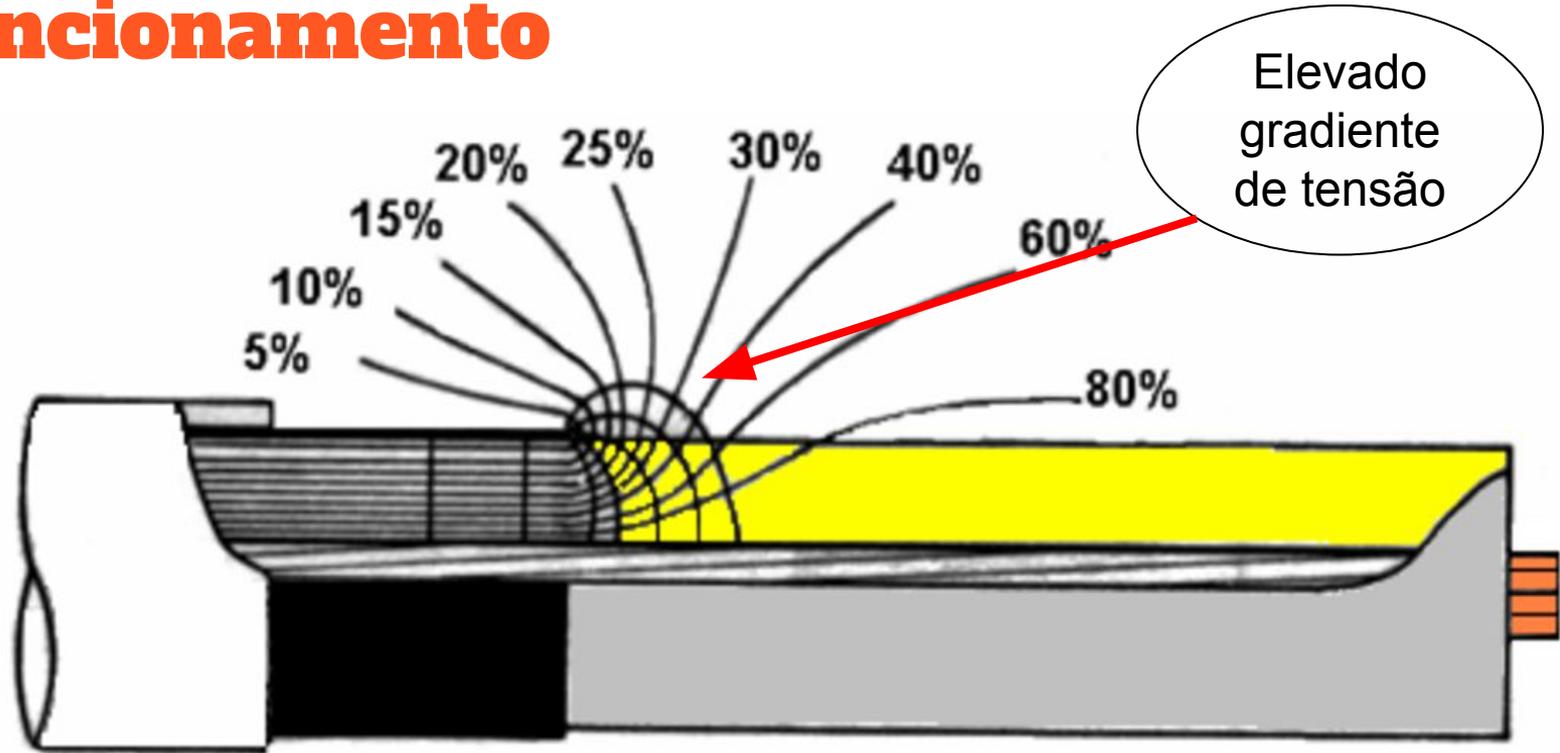


Figura 14. Linhas de campo elétrico e equipotenciais no término da blindagem

Fonte: MAMEDE (2013)

# Funcionamento

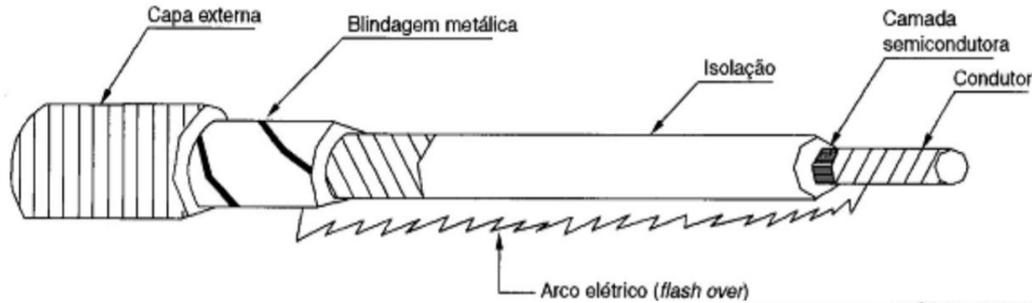


Figura 15. Flashover  
Fonte: MAMEDE (2013)

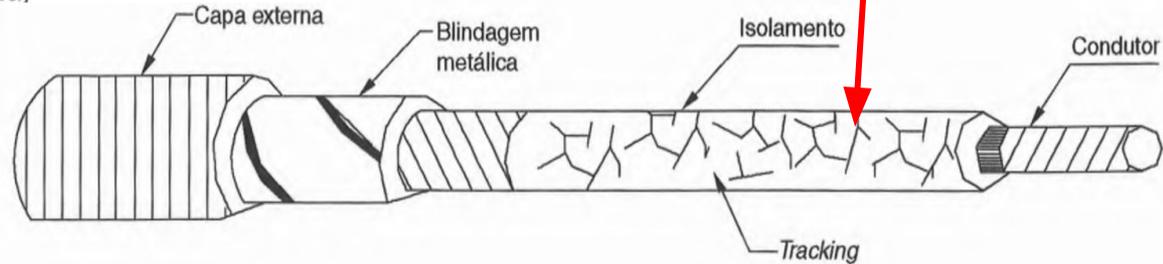


Figura 16. Tracking  
Fonte: MAMEDE (2013)

- Arco elétrico
- Ruptura da isolação do cabo (redução da vida útil)

# Funcionamento

Soluções:

- Aumentar gradualmente a espessura de isolação (alívio de tensão/cone de deflexão);
- Aplicação de material de alta permissividade (terminações ou muflas).

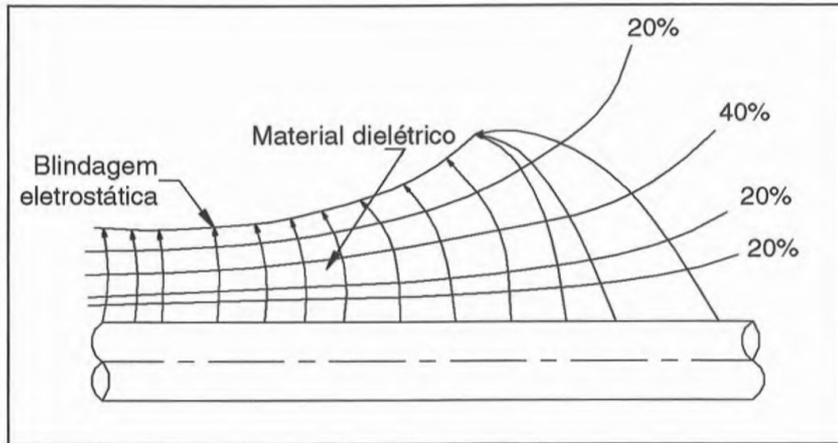


Figura 17. Cone de deflexão

Fonte: MAMEDE (2013)

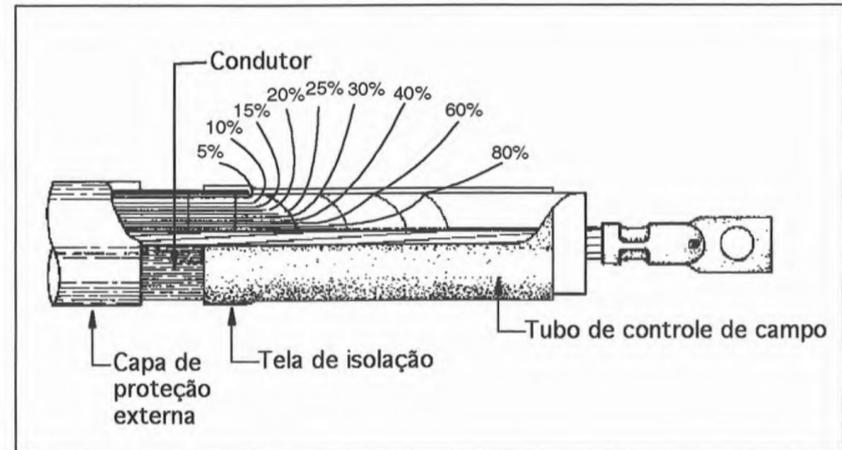


Figura 18. Terminação

Fonte: MAMEDE (2013)

# Funcionamento

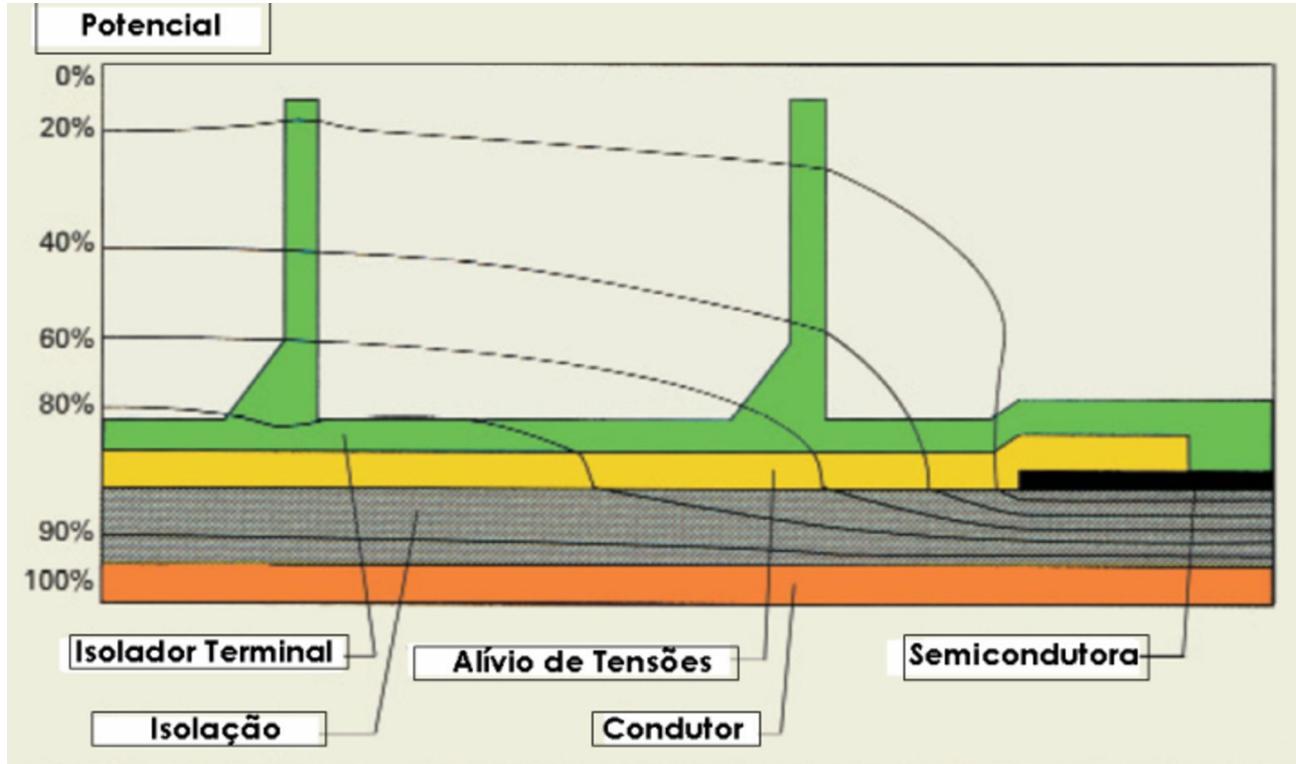


Figura 19. Linhas equipotenciais esquemáticas em um terminal

Fonte: [www.kitacessorios.com.br](http://www.kitacessorios.com.br) [4]

# Funcionamento

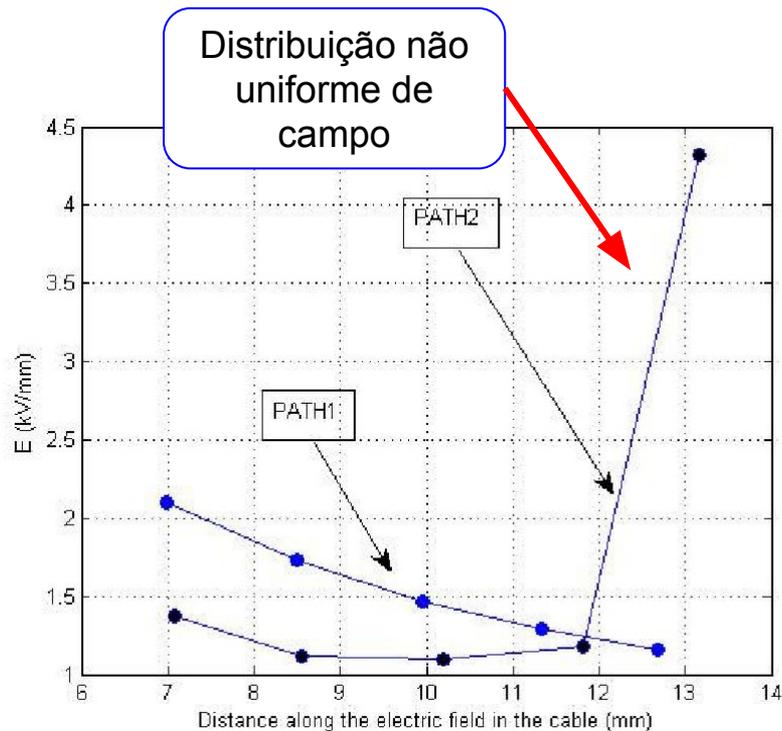
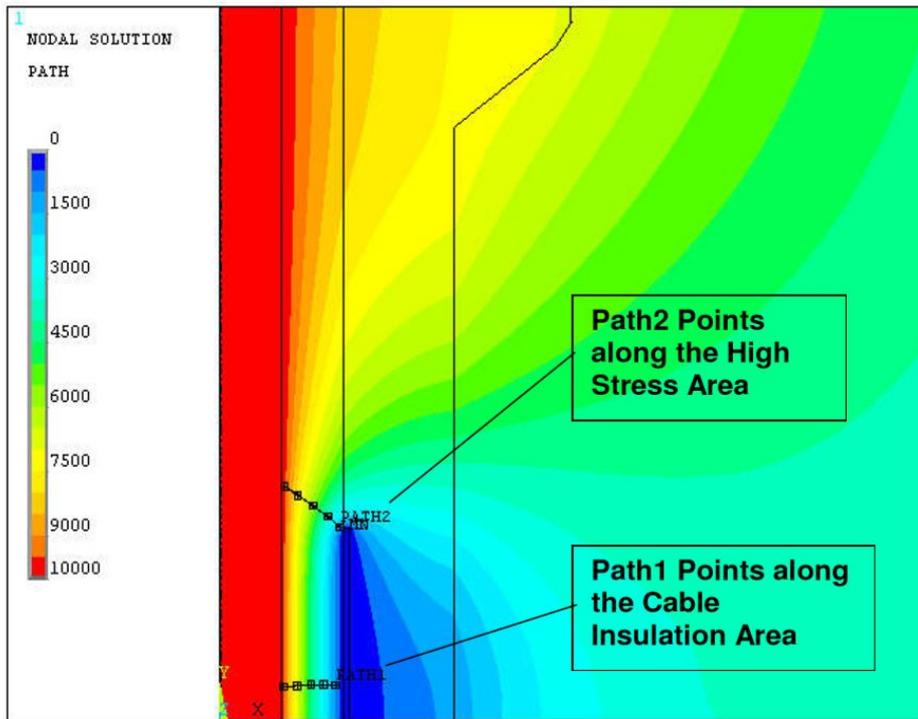


Figura 20. Modelo de cabo seccionado sem controle do gradiente de tensão e distribuição da intensidade do campo elétrico nos caminhos 1 e 2

# Funcionamento

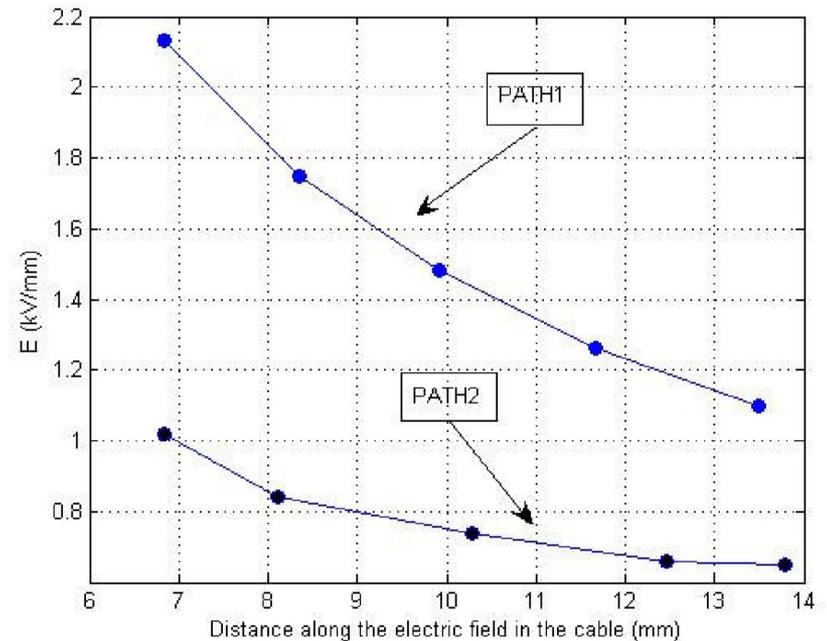
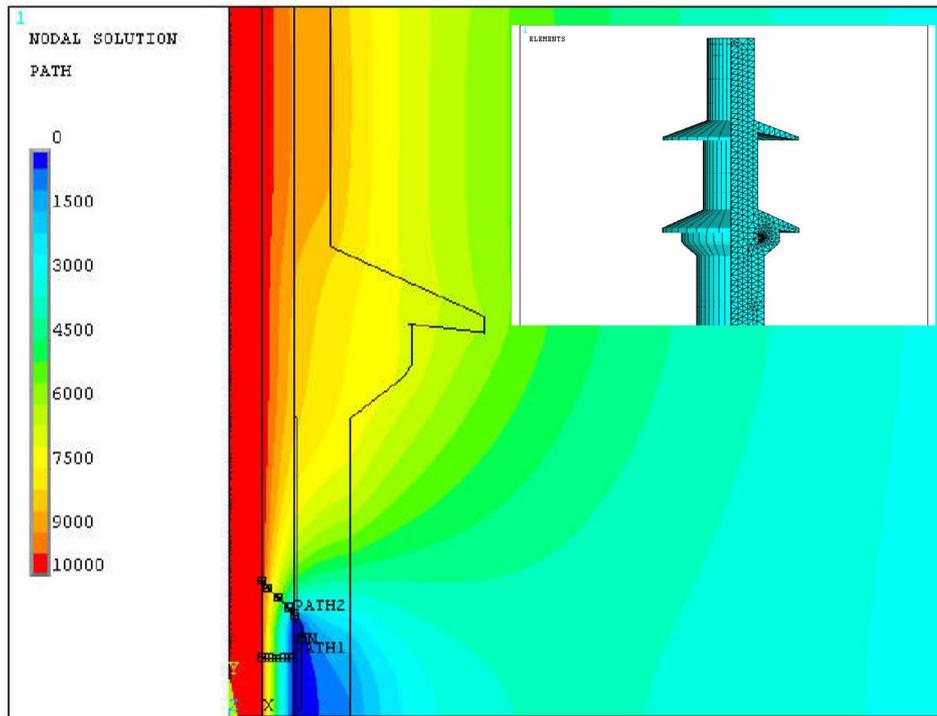


Figura 21. Modelo de cabo seccionado com tubo de controle do gradiente de tensão e distribuição da intensidade do campo elétrico nos caminhos 1 e 2

# INSTALAÇÃO DA MUELA



# **Sequência de preparação de um cabo condutor**

# Considerações gerais

# Preparação do cabo

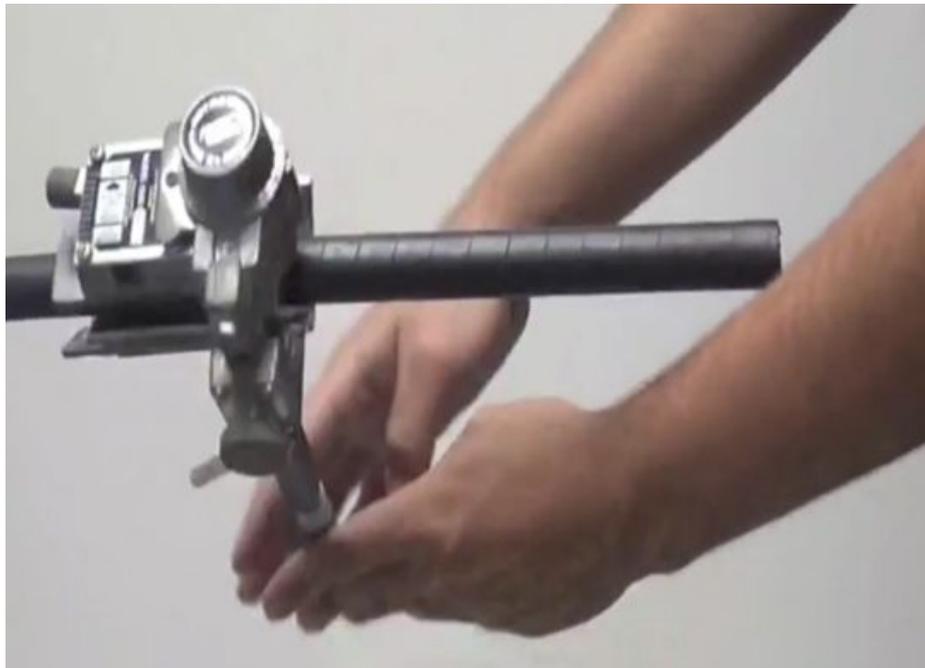


Figura 22. Preparação do cabo  
Fonte: <http://www.kitacessorios.com.br>



Figura 23. Preparação do cabo  
Fonte: <http://www.kitacessorios.com.br>

# Materiais utilizados na preparação do cabo

- Fita de autofusão
- Fita de silicone
- Fita de Mastic
- Fita isolante
- Graxa de silicone
- Lenços para limpeza (úmido/seco)
- Lixas
- Fio de nylon
- Solvente
- Equipamentos de corte, compressão, etc.

# Disposição geral dos cortes das camadas

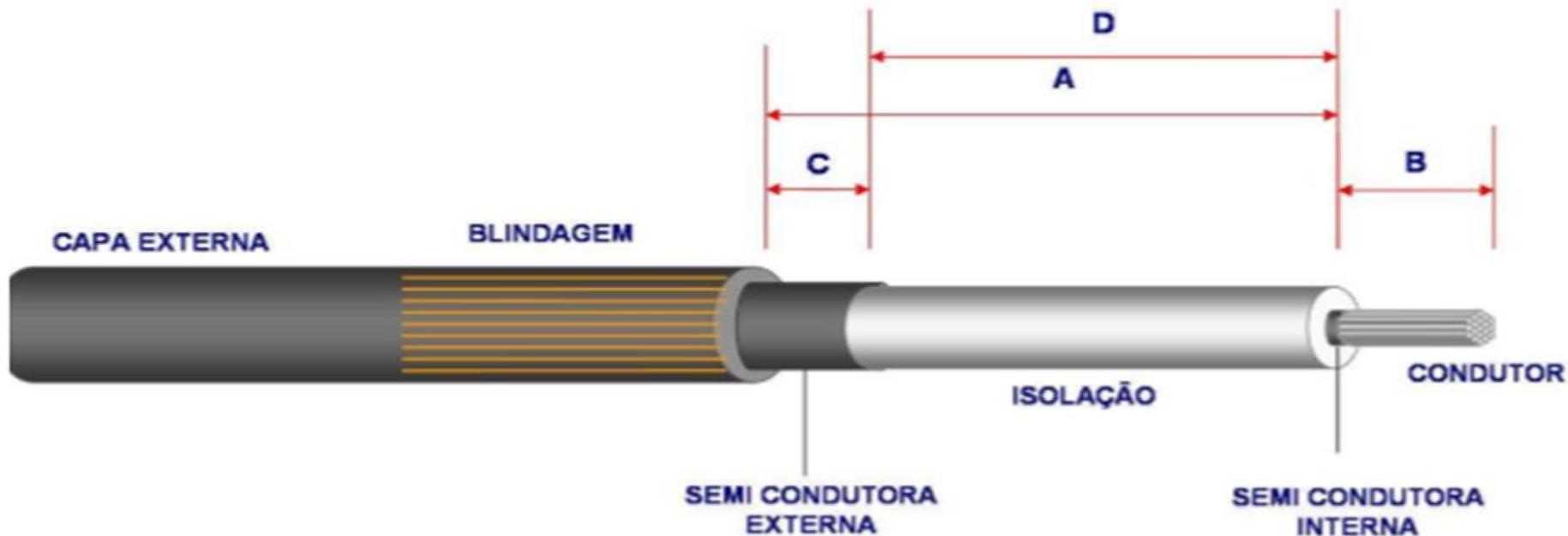


Figura 24. Cortes das camadas  
Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

# Dimensões para a montagem

DIMENSÕES PARA MONTAGEM					
Dimensão B (mm) → Comprimento do corpo do conector terminal a ser utilizado + 5 mm					
Tensão Vo/V (kV) 12/20					
Terminação 3M					
Modelos	Seção do condutor (mm <sup>2</sup> )	Dimensão A (mm)		Dimensão C (mm)	
QT II 5625k Interno	300 - 500	230		40	
QT II 5636k Externo	300 - 500	255		50	
QT III 7695 S4 Int / ext	300 - 630	215		75	
Terminação PRYSMIAN					
Modelo	Seção do condutor (mm <sup>2</sup> )	Dimensão A + B (mm)		Dimensão C (mm)	
		Uso externo	Uso interno		
Modular TM-20 C 630	300 - 630	390	180	30	
Terminação TYCO					
Modelo	Seção do condutor (mm <sup>2</sup> )	Dimensão A (mm)		Dimensão C (mm)	
TFTO 5141 Int / ext	300 - 500	280		40	
Terminação ELOS / NKT					
Modelo	Seção do condutor (mm <sup>2</sup> )	Dimensão A + B (mm)		Dimensão C (mm)	
TO 24 tam 5 Int / ext	400	250		25	
Terminação KIT					
Modelos	Seção do condutor (mm <sup>2</sup> )	Dimensão A (mm)		Dimensão D (mm)	
		Uso externo	Uso interno	Uso externo	Uso interno
SOT E / SOT I	300-400	240	145	210	115
TPK E / TPK I	400-630	235	205	210	180

Tabela 25. Valores de corte de camadas

Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

# Montagem

Procedimentos para todas as camadas:

1- Limpar a superfície da capa do cabo;

2- Remova a capa do cabo;

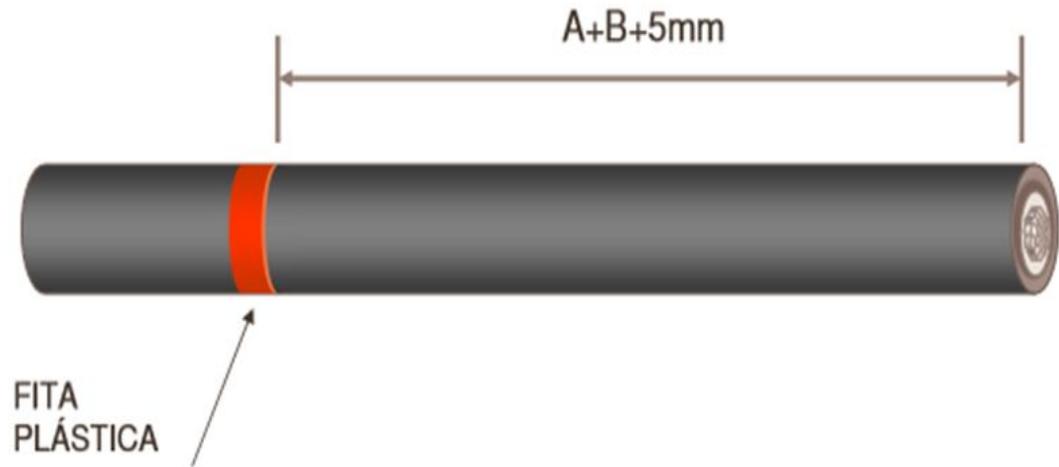


Figura 26. Cabo sem corte

A partir do ponto marcado, retire a capa externa. Para tanto faça um corte circular (com canivete ou lâmina afiada) adjacente à fita plástica e mais um sobre a extensão da parte da capa externa a ser removida.

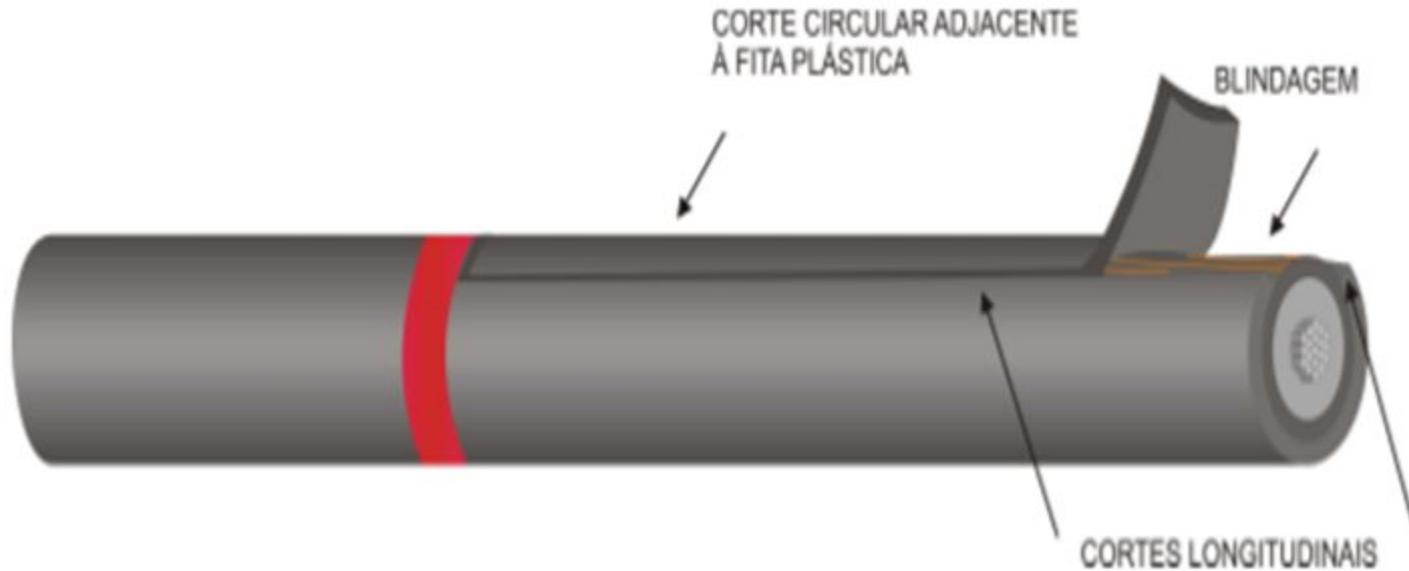


Figura 27. Remoção da capa  
Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

### 3- Retirada da camada semicondutora:

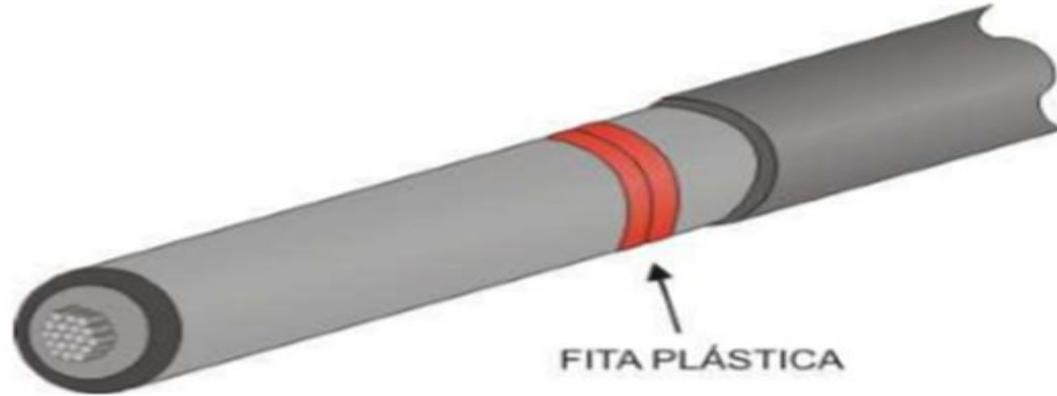


Figura 28. Retirada da capa semicondutora  
Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

Faça um corte (com canivete ou lâmina afiada) circunferencialmente adjacente à fita plástica e mais dois cortes longitudinais, diametralmente opostos sobre a extensão da semicondutora a ser removida.

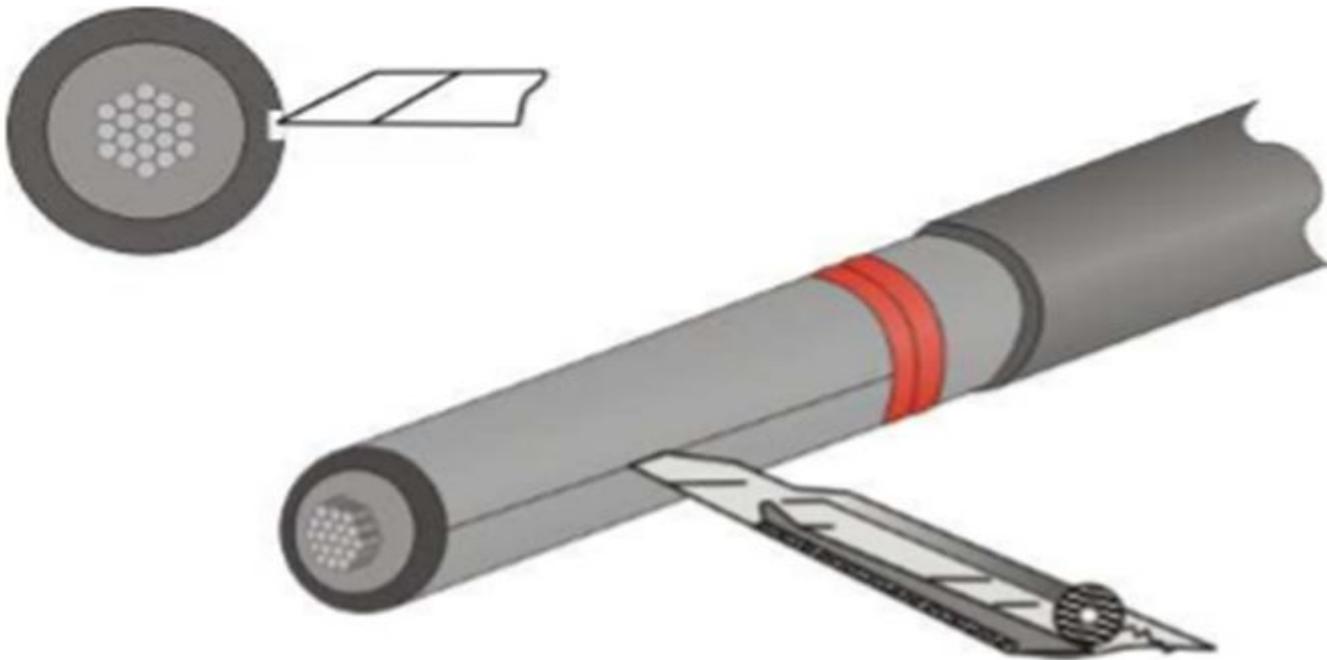


Figura 29. Retirada da capa semicondutora  
Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

Remoção a frio:

Com um alicate de bico chato, levante a extremidade de uma tira de camada semicondutora e prossiga na remoção da mesma até atingir a fita.



Figura 30. Remoção a frio

Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

## 4- Remoção da camada isolante

Após a remoção da camada semicondutora marque, a partir do comprimento do furo do conector terminal, a distância B. Em seguida, remova a isolação deixando o condutor exposto para inserção do conector terminal. Deve-se tomar cuidado para não danificar o condutor.



Figura 31. Remoção da camada isolante  
Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

Limpe o condutor para a retirada de resíduos da semicondutora interna:

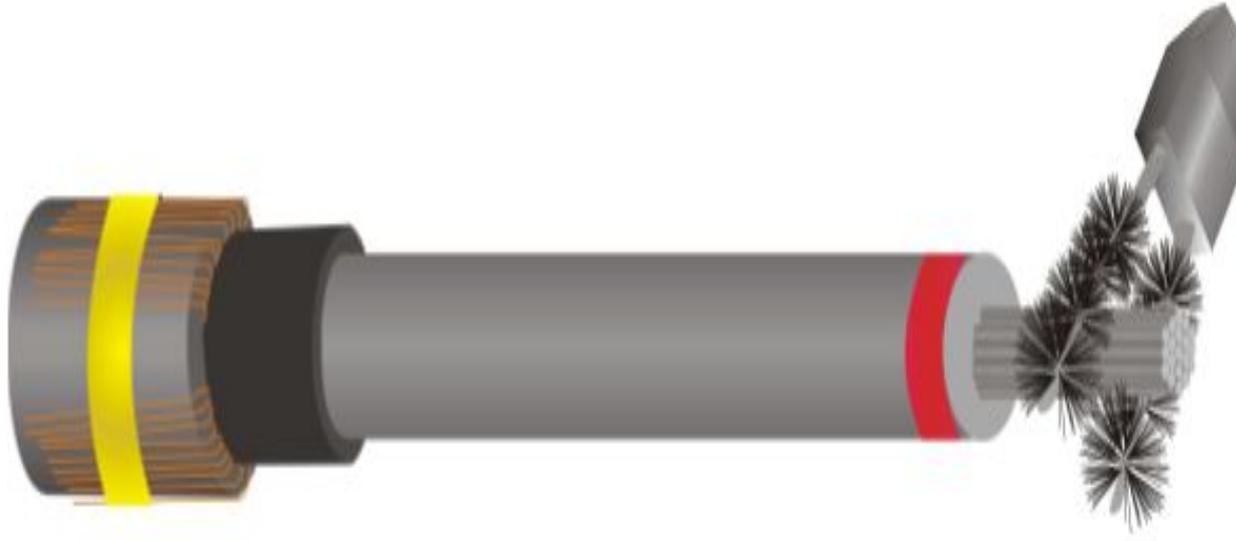


Figura 32. Limpeza do condutor  
Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

## 5- Aplicação de terminal ou conector e ponta de lápis

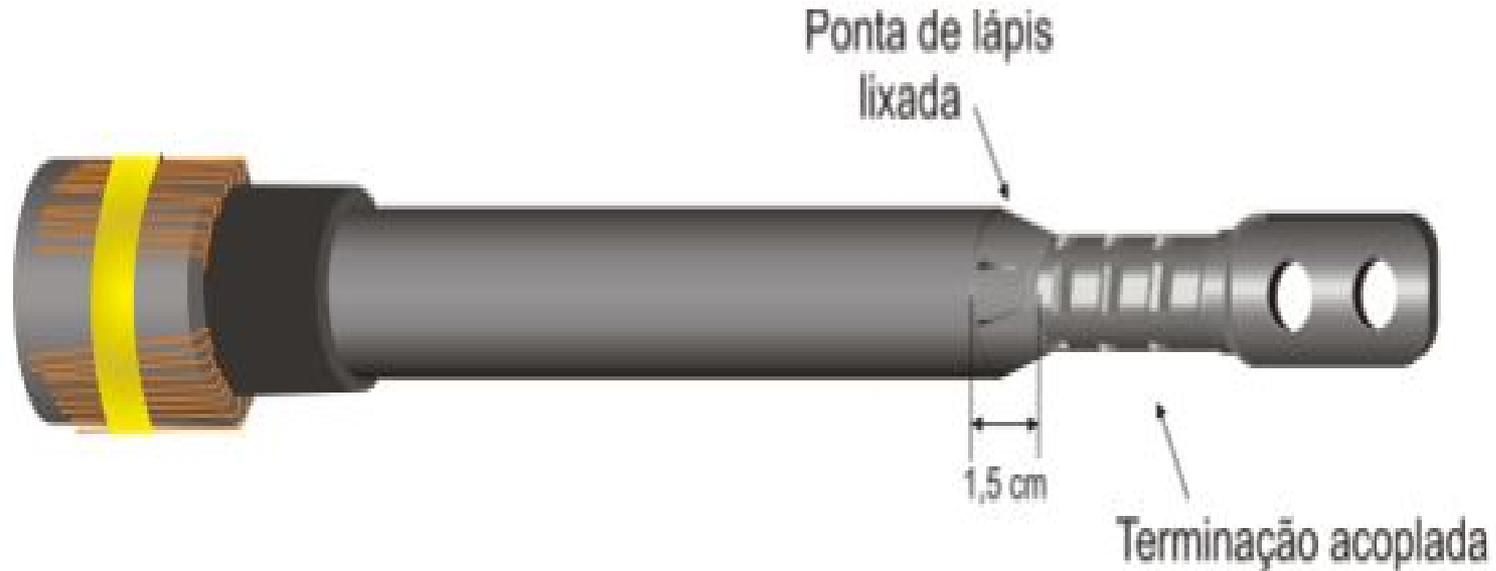


Figura 33. Aplicação do conector  
Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

## 6- Preparação da saída para o aterramento

Leve a blindagem do cabo para trás. Com os fios da blindagem faça uma trança de tal forma a usar todos os fios uniformemente. Ao final conectar a terminação de acoplamento para aterramento.

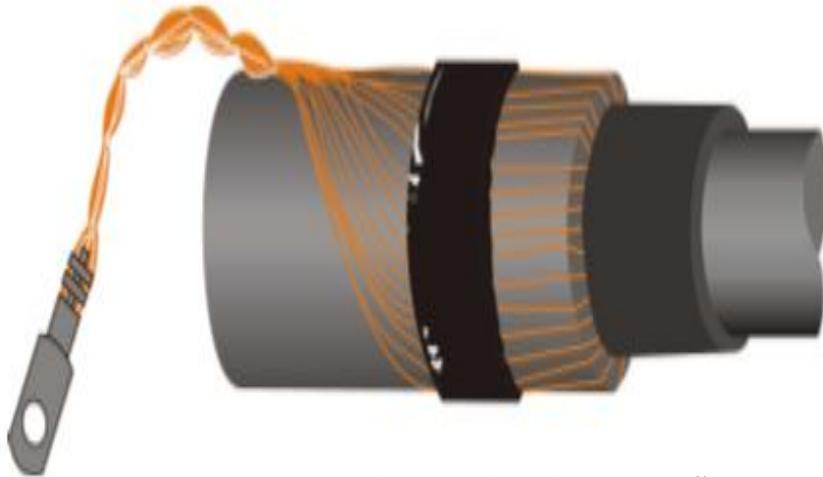


Figura 34. Preparação do aterramento

Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

## 7- Limpeza do cabo

Lixe a superfície exposta da isolação do cabo, deixando-a lisa e isenta de quaisquer vestígios de material semiconductor. Limpe o conjunto camada semicondutora e isolação utilizando o solvente contido no kit. Utilize o papel seco para secar a isolação.



Figura 35. Limpeza do cabo

Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

Limpeza no sentido do cabo e não no sentido do final do cabo

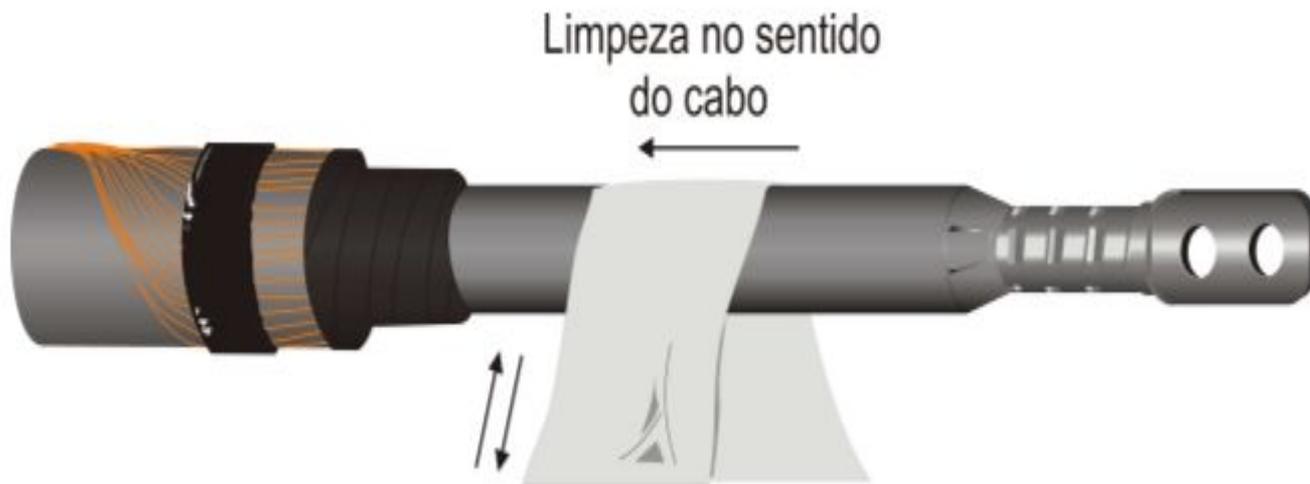


Figura 36. Limpeza do cabo  
Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

# Controle de campo elétrico

# Procedimentos específicos- 3M

**Preparação contra a umidade na parte inferior:** Na preparação do cabo para aterramento, após a retirada da cobertura do cabo se deve colocar a 5mm do término da cobertura do cabo massa selante e assentar os fios de cobre sobre ele, da mesma forma sobre a blindagem e ainda Fita isolante Scotch 33, cobrindo-a.

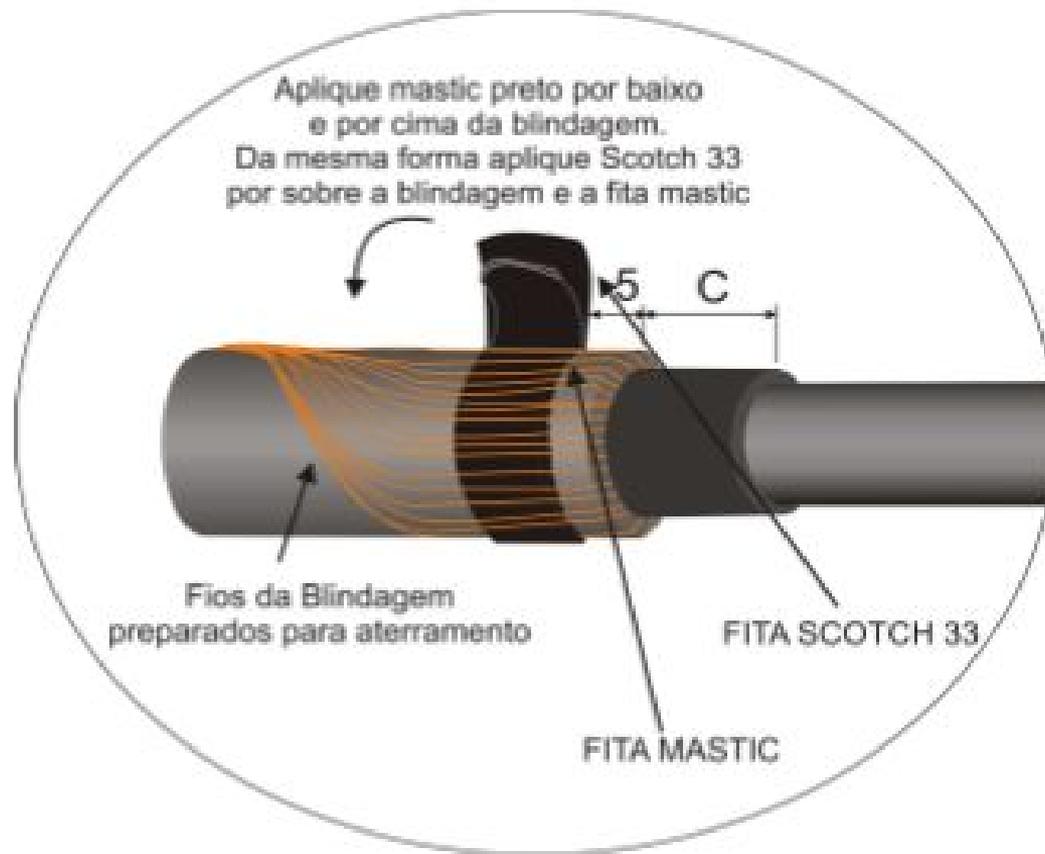


Figura 37. Proteção contra umidade, parte inferior  
Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

**Montagem do corpo da mufla:** Coloque uma marca sobre a cobertura do cabo, utilizando fita isolante (Scotch 33), a uma distância D borda da camada semicondutora. Define-se assim, a posição correta do isolador de silicone a ser instalado.



Figura 38. Montagem do corpo da mufla  
Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

Introduza o isolador de silicone com alívio de tensão no cabo, de forma que sua extremidade inferior permaneça junto à marca previamente aplicada. Remova a fita plástica, iniciando pela ponta solta, puxando-a no sentido anti-horário, provocando a contração do isolador de silicone e sua consequente adaptação sobre o cabo.

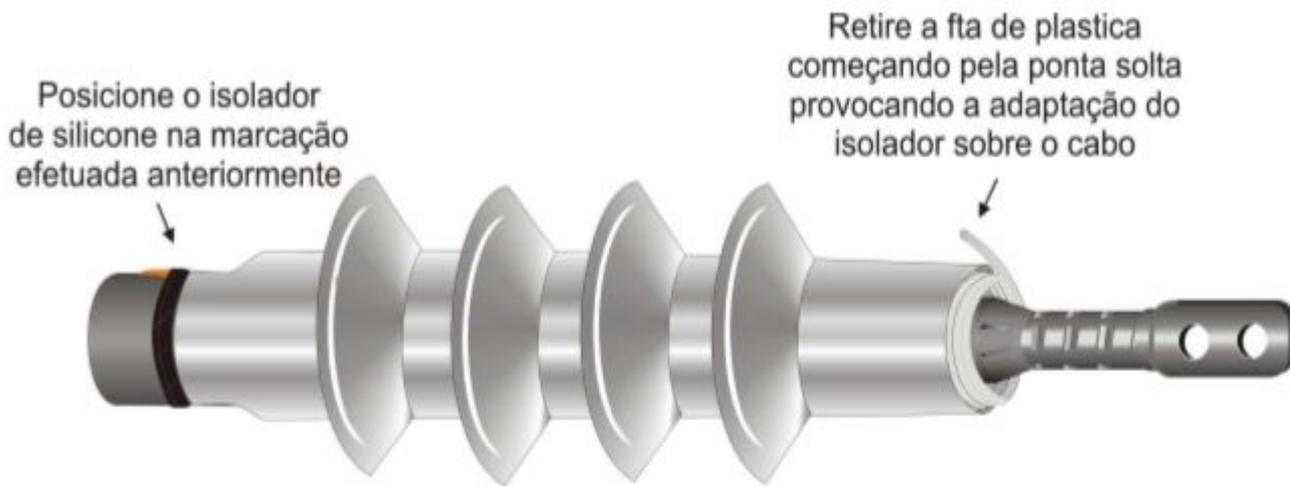


Figura 39. Colocação do isolador de silicone  
Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

## **Proteção contra umidade na parte superior (QT II).**

- a) Para proteção adicional contra umidade aplicar mastic + fita isolante (Scotch 33+) em meia sobreposição sobre o conector.
  
- b) Quatro camadas de tira de silicone (Scotch 70), em meia sobreposição, iniciando sobre o corpo do conector terminal, estendendo-a 25 mm sobre o isolador de silicone. A tira de silicone deve ser aplicada sem tensão, ou seja, não deve ser esticada durante a aplicação.



Figura 40. Proteção contra umidade na parte superior  
Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

**NOTA IMPORTANTE:** A penetração de umidade no interior da terminação pode comprometer o desempenho da mesma. Não se deve aplicar outra fita que não a tira de silicone. Outras fitas podem comprometer as propriedades do isolador de silicone e acarretar em diminuição da sua vida útil.

# Procedimentos específicos - ELOS/NKT

Proteção contra a umidade: Aplicação de mastic preto:



Figura 41. Proteção contra umidade parte inferior

Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

Use ainda Mastic para preencher todos os espaços remanescentes entre o conector e a isolação, após a instalação do conector. Enrole, também, o Mastic, levemente tensionado, sobre 20 mm do barril do conector e 10 mm da isolação. Corte o saco plástico de proteção para a instalação.

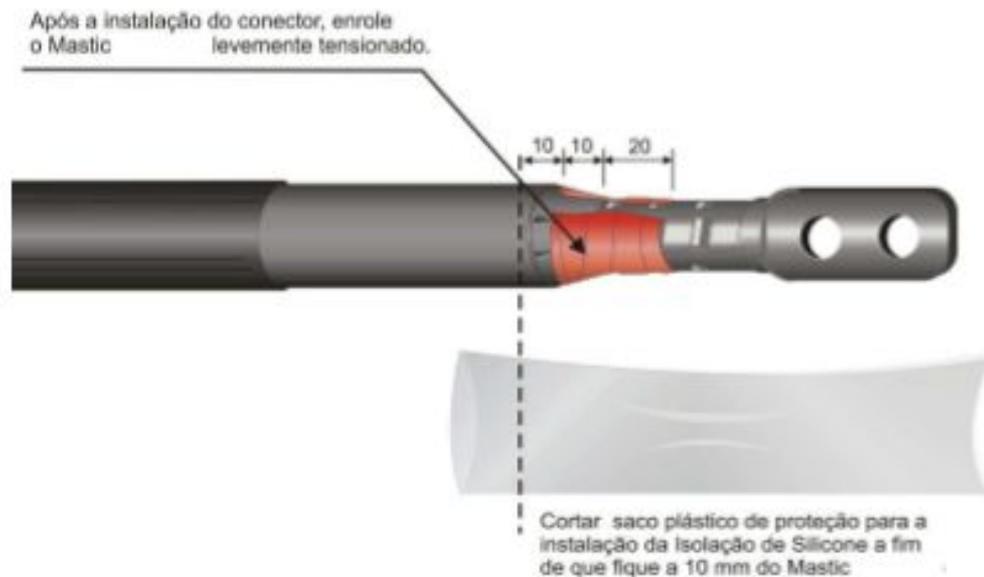


Figura 42. Proteção contra umidade na parte superior

Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

**Controle do campo elétrico:** Aplicar Fita Semi-condutora do kit no degrau da semicondutora do cabo. A aplicação desta fita semicondutora tem por finalidade evitar a concentração de campo elétrico no degrau existente entre a semicondutora externa e a isolamento, a fim de arredondar o canto vivo e não criar descargas parciais.

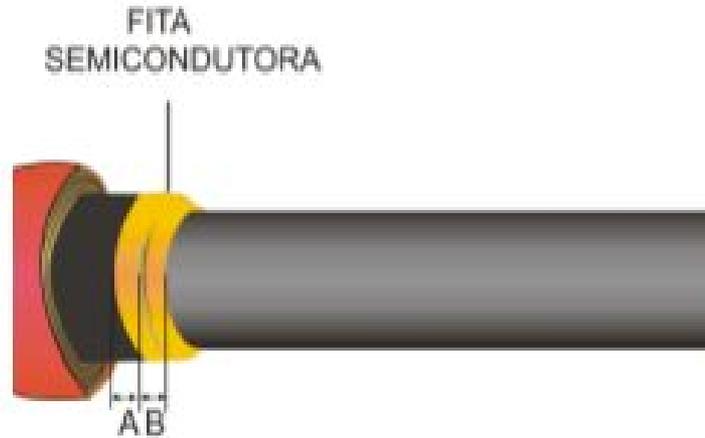


Figura 43. Isolação do degrau da semicondutora  
Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

**Montagem do corpo da terminação:** Marcar 60 mm a partir da capa do cabo como referência da montagem do corpo da terminação, conforme figura.

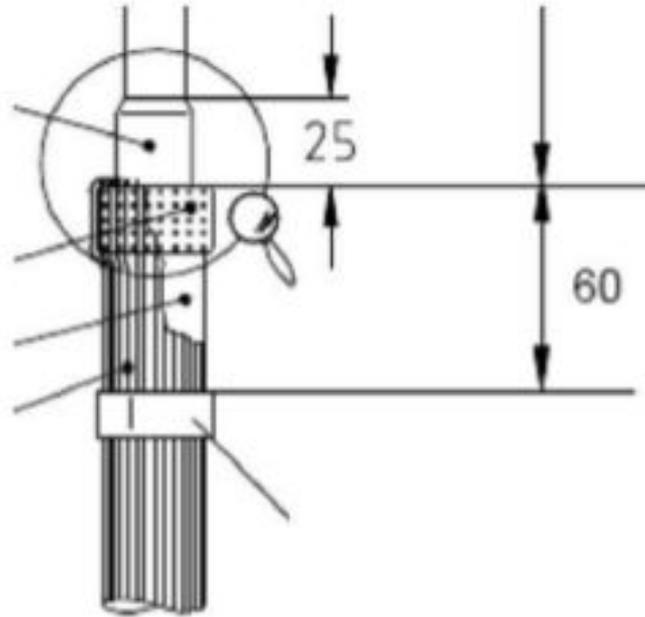
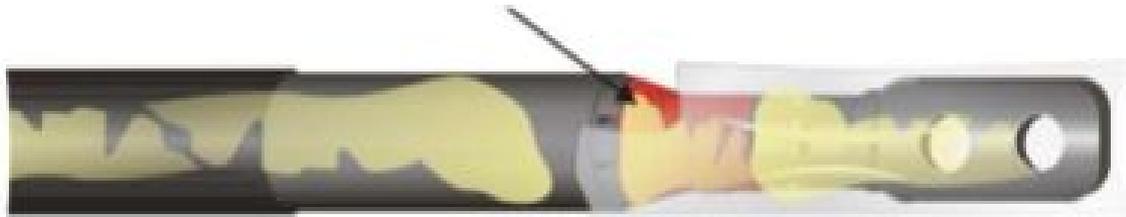


Figura 44. Montagem do corpo da terminação  
Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

Aplique o silicone dentro do corpo da terminação e esprema-o para distribuir bem a graxa por toda a sua extensão:



Após o posicionamento do saco plástico aplique silicone por toda a terminação, incluindo o sac plástico.

Figura 45. Lubrificação da terminação  
Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

Deslize o corpo da terminação sobre o saco plástico de proteção para a instalação e sobre a isolação do cabo. Certifique-se que a distância do final da terminação e da fita previamente marcada é de aproximadamente 20cm, A terminação deve preferencialmente ser empurrada, para que ela deslize mais facilmente.

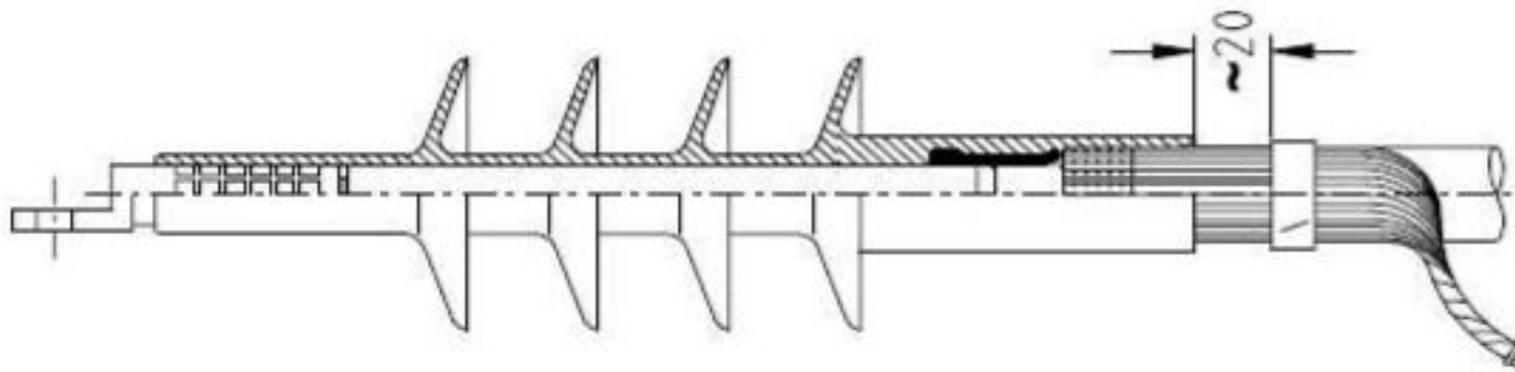


Figura 46. Colocação do isolador de silicone  
Fonte: MIT, montagem de terminações, Copel

# Aplicação de Terminais termocontráteis

- 1- As terminações a quente, basicamente, obedecem à mesma sequência estabelecida para as terminações empregadas em muflas.
- 2- Podem ser utilizadas interna ou externamente. Quando utilizada ao tempo, adicionam-se durante a execução uma ou mais saias.
- 3- Não devem ser usadas em ambientes de elevada poluição.

A terminação termocontrátil vem acompanhada de um kit de montagem constituído dos seguintes componentes:

Tubos termocontráteis.

Adesivos.

Malha de cobre.

Cordoalha de aterramento.

Conector de aterramento

Material de limpeza.

Instrução de montagem

- 1- Preparar o cabo da mesma maneira das muflas;
- 2- Aplicar o tubo de controle de campo elétrico que deve envolver a blindagem eletrostática;
- 3- Aplicar calor sobre o tubo de controle de campo elétrico, através de maçarico apropriado;
- 4- Envolver as extremidades da terminação de uma camada de fita adesiva;
- 5- Colocar sobre a terminação o tubo isolante;
- 6- Aplicar novamente calor sobre o tubo isolante;
- 7- Aplicar a quantidade necessária de saias, contidas no kit.

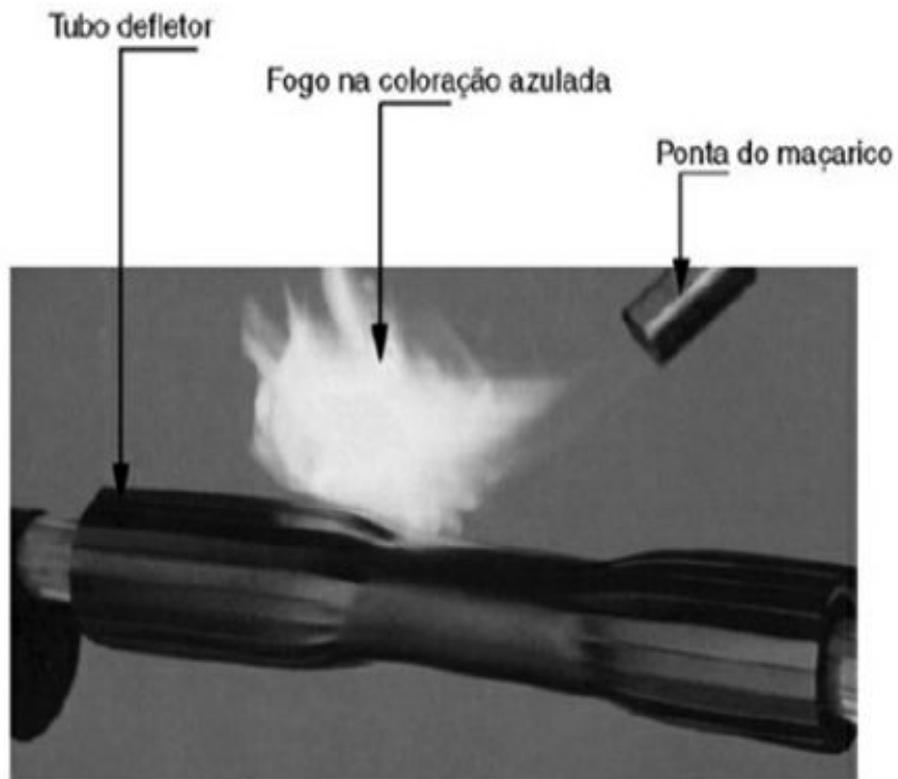


Figura 47. Aplicação de calor usando maçarico  
Fonte: Livro Manual de Equipamentos Elétricos – 4ª edição

# Aplicação de terminação a Frio

O cabo já deve ter sido preparado de forma semelhante à descrita anteriormente:

1- Limpe e remova a cobertura do cabo na extensão.



Figura 48. Limpeza e remoção da cobertura do cabo

Fonte: <http://www.kitacessorios.com.br>

2- Remova a fita separadora de poliéster.

3- Dobre os fios da blindagem para trás.



Figura 49. Preparação do aterramento  
Fonte: <http://www.kitacessorios.com.br>

- 4- Aplique duas camadas de fita adesiva plástica a partir do terminal da cobertura.
- 5- Remova a semicondutora da extensão.
- 6- Remova a isolação da extensão.



Figura 50. Preparação do aterramento  
Fonte: <http://www.kitacessorios.com.br>

7- Aplique fita adesiva sobre o condutor.

8- Limpe a isolação.

9- Aplique lubrificante.



Figura 51. Isolação e lubrificação

Fonte: <http://www.kitacessorios.com.br>

10- Introduza o isolante no cabo.



Figura 52. Isolação e lubrificação  
Fonte: <http://www.kitacessorios.com.br>

# Aplicação de muflas em ambientes poluídos

- Necessário utilizar corpo de porcelana com distância de escoamento superior àquela empregada em ambientes comuns.
- Dificulta a formação de centelhamento entre o ponto de conexão e o seu ponto de fixação com a terra;
- Quanto maior a distância de escoamento, maior o tempo para a limpeza da mufla.
- Com terminações a base de borrachas ou enfaixadas os efeitos das correntes de *flash over* são mais danosos.

# Vídeos demonstrativos

# Bibliografia

1. MAMEDE, F.J. *Manual de equipamentos elétricos*. 4. ed. Rio de Janeiro, LTC, 2013.
2. BAS, Gökçen. *Electric Field Analysis In Stress Controlled High Voltage Cables*. Janeiro, 2015.
3. DÁVI, G.A. *Metodologia para avaliação e qualificação de terminações poliméricas de cabos isolados de média tensão*. Curitiba, 2008

# Bibliografia

4. Instalação de terminais em painéis de média tensão.  
<<http://www.kitacessorios.com.br/instalacao-de-cabos-em-painéis-e-cubiculos-blindados-4/>>