

# MUFLA ELÉTRICA: O QUE É E QUANDO A SUBSTITUIR?



*Conheça os vários tipos de mufla elétrica e saiba por que ela é tão importante*

A mufla elétrica é uma terminação para cabos elétricos. É o dispositivo que serve para isolar um condutor de eletricidade quando este é conectado a:

1. outro condutor
2. um equipamento
3. um barramento elétrico (tira grossa de cobre ou alumínio que serve para conduzir a eletricidade dentro de um quadro de distribuição de energia).

Portanto, a mufla elétrica é utilizada para conectar ou finalizar cabos alimentadores de energia, sejam eles de alta, média ou baixa tensão.

## *A importância da mufla elétrica*

Vamos ao exemplo de uma indústria que opera em média ou alta tensão. Neste caso as muflas ficam na rede elétrica que alimenta os circuitos dos equipamentos da produção.

Se, por falta de manutenção preventiva, as muflas da rede estiverem danificadas, poderá ocorrer uma “fuga” de corrente através deste “caminho – falha” ocasionando a completa “destruição” da mufla e ocasionando também a queima do isolante do condutor, ou seja, comprometendo todo o cabo que compõe um circuito.

Consequentemente, o fornecimento de energia é interrompido, paralisando totalmente as máquinas alimentadas pelo circuito afetado.

Os equipamentos e máquinas dependem, portanto, do bom funcionamento de muflas. Além de isolar as terminações dos cabos, a mufla elétrica serve para aliviar o campo elétrico presente no cabo energizado; as muflas também fazem a transição – alimentador de uma edificação e a rede aérea da concessionária, geralmente em média tensão.

Muflas e terminais de cabos elétricos bem conservados garantem menos interrupções no fornecimento de energia e conferem segurança à rede elétrica.

## *Mufla elétrica externa e mufla interna*

As muflas externas são preparadas para suportar exposição à radiação ultravioleta, chuva, névoa salina, poeira e outros agentes. E ainda assim precisam passar por manutenção preventiva anual para evitar curtos-circuitos.

Mas não existem apenas muflas externas. A mufla interna é utilizada em espaços confinados onde a terminação não é exposta a intempéries.

É o caso da mufla que liga um cabo a um barramento no quadro de distribuição de uma instalação elétrica.

A mufla elétrica interna também pode sofrer queda na resistência à isolação, o que representa risco de curtos. Esse perigo é revelado a tempo quando são feitas manutenções periódicas, e quando são feitos testes com equipamentos específicos para verificação dos cabos e muflas.

## *Tipos de muflas de média tensão*

A média tensão é muito comum em indústrias e empresas com grandes equipamentos. Existem variados tipos de muflas elétricas de média tensão, de acordo com os materiais componentes destes dispositivos. São exemplos a mufla elétrica termocontrátil, a contrátil a frio, a push-on e a modular.

1. As muflas de material termocontrátil têm sido bastante utilizadas em substituição às tradicionais, que são de porcelana. Elas têm boa estabilidade térmica e são resistentes ao calor, com temperatura de fusão entre 50 e 100°C. Também contém aditivos, como antioxidantes, retardantes de chamas, agentes de cura, catalisadores e estabilizantes contra raios ultravioletas.
2. A mufla elétrica contrátil a frio é feita de compostos de borracha de silicone. A flexibilidade do silicone é a vantagem principal, já que facilita os processos de montagem. Por isso esse tipo de mufla pode ser usado em diferentes seções transversais de condutores. Essas muflas podem ser retiradas dos cabos e reaproveitadas.
3. A mufla push-on também é feita de borracha de silicone. O diferencial é que possui um cordão plástico na parte interna. Esse cordão contrai a terminação no cabo quando o operador puxa o cordão, cuja função é aliviar a tensão na parte final do cabo.
4. São formadas de um tubo de alívio de campo elétrico, uma cobertura de aterramento e saias poliméricas (isoladoras). Também são compostas de borracha de silicone.

“A escolha do tipo de mufla para cada caso, a instalação e a manutenção devem ser rigorosas. Se ocorrerem falhas na instalação, a mufla certamente terá seu desempenho comprometido com o passar do tempo. E prejuízos como a paralisação de atividades serão inevitáveis” – alerta o engenheiro eletricista Osmar Nascimento Costa, sócio da OMS Engenharia.

Planejamento e execução profissionais, somadas à manutenção preventiva ainda são o melhor investimento.

que pode provocar perdas do componente, aumentando o risco de acidentes. Esse tipo de problema pode ocorrer com mais frequência quando é utilizado cabos e/ou as hastes não normalizados, aumentando assim, a chance do material vazar pela folga provocada pelos elementos fora de norma.

Com todos estes esclarecimentos, é importante mencionar que todo e qualquer serviço contratado, seja de instalação, projeto ou vistoria precisa ser realizado por profissionais com alto grau de entendimento das recomendações das normas, para que sejam evitados retrabalhos e reembolsos.

# ORIENTAÇÕES PARA DIMENSIONAMENTO DA MALHA DE ATERRAMENTO DO SPDA



O Aterramento é um dos subsistemas do PDA mais polêmicos e que gera bastante discussão entre Engenheiros e Projetistas, já que cada projeto possui uma especificação que depende muito da localização, concentração de pessoas e do tipo da estrutura. A utilização deste subsistema pode ser necessária para o SPDA, subestações, linhas de transmissão e distribuição, segurança pessoal, drenagem de estática e outras.

Sua principal função no sistema de proteção é canalizar as cargas elétricas recebidas na edificação e dissipá-las no solo. A descarga atmosférica acarreta um impulso de corrente da ordem de dezenas a centenas de kA (KiloAmpères), por milionésimos de segundos, podendo causar sérios danos caso não seja conduzida de forma segura para o solo, além das tensões de passo e toque. Para um bom dimensionamento da malha de aterramento (classes I e II), é imprescindível a execução prévia de uma prospecção da resistividade de solo por meio de aparelhos tipo Terrômetros. Esta prospecção – para as classes I e II – tem como objetivo estratificar o solo em camadas e permitir o correto dimensionamento do eletrodo de aterramento.

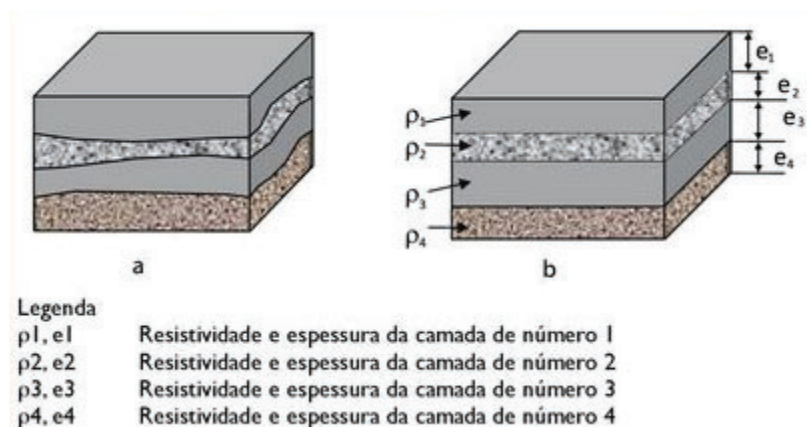


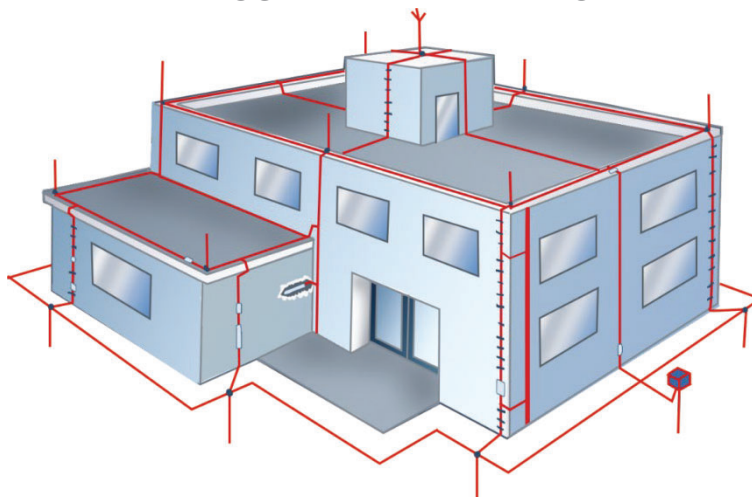
Figura 1 – Solo real (a) e solo estratificado (b)

Para que o aterramento cumpra a sua função com propriedade, precisa ser corretamente dimensionado para que não ocorra prejuízos irreversíveis em função das descargas diretas ou indiretas recebidas na edificação. É por considerar muitos fatores em seu dimensionamento que diversos cuidados devem ser tomados para atingir o objetivo do projeto com eficiência e segurança. De um modo geral, em relação ao projeto, execução e fiscalização destacamos algumas orientações a seguir:

- **Projeto** – Precisa ser realizado por com uma empresa idônea, especializada e que possui o devido conhecimento da norma da ABNT NBR 5419/2015 para projetar a melhor solução de proteção e aterramento em função da disponibilidade física e dos recursos disponíveis, otimizando assim os custos de implantação.

- **Execução** – Deve ser realizada por empresa especializada, utilizando sempre os materiais indicados no projeto em conformidade com as normas, extinguindo de suas instalações cabos comerciais, hastes de baixa camada, conexões mal feitas e etc.
- **Fiscalização** – Esta é a parte em que será possível avaliar a compatibilidade do projeto com a instalação, garantir que os materiais usados são normalizados e se estão de acordo com a especificação do projeto, garantindo assim o sucesso da instalação.

## TIPOS DE ATERRAMENTO



No sistema **estrutural**, o aterramento pode ser formado por sapatas, colunas, baldrames, estruturas de aço contidas nas fundações e ainda, pode ser considerado no projeto, a utilização de **Re-bars** e **Aterrinerts®** como métodos de acesso ao concreto armado da edificação, possibilitando ensaios de continuidade elétrica, aterramento de massas metálicas e interligação com os barramentos de equipotencialização.

Na impossibilidade do aproveitamento das armaduras das fundações, o arranjo consiste em utilizar o condutor em anel, **externo** a estrutura a ser protegida, em contato com o solo por pelo menos 80% do seu comprimento total, ou elemento condutor interligando as armaduras descontínuas das fundações (sapatas). Embora 20% do eletrodo convencional possa não estar em contato direto com o solo, a continuidade elétrica do anel deve ser garantida ao longo de todo o seu comprimento.

## COMPONENTES

Nos casos de **aterramento externo**, é recomendado a **haste de alta camada**, com 254 $\mu$  de cobertura de cobre, sobre uma barra redonda de aço (NBR 13571), as quais deverão ser cravadas ao solo propiciando o aumento do comprimento do eletrodo de aterramento e reduzindo riscos pessoais. Estes eletrodos de aterramento, tipo haste, podem ser introduzidos na posição vertical ou inclinado.

Um adendo importante, é que a utilização de **hastes de alta camada** (254 $\mu$ ) prolongam a vida útil do SPDA. O mesmo não acontece com a haste de baixa camada onde a cobertura de cobre não atende à medida dos 254 $\mu$ . Para saber se a Haste é alta camada, basta observar se a mesma possui a gravação 254 $\mu$  NBR 13571 em baixo relevo.

Além das **hastes de alta camada**, também são utilizadas nesse processo, os **cabos de cobre nu** de no mínimo 50mm<sup>2</sup>. Este tipo de cabo por exemplo deve possuir 7 fios com 3,00mm de diâmetro cada fio, além das soldas exotérmicas que possuem variados modelos de conexão, e quando bem executados, possibilitam a perfeita ligação dos eletrodos de aterramento.

Todos os componentes do SPDA devem suportar os efeitos eletromagnéticos da corrente de descarga atmosférica e esforços acidentais previsíveis sem serem danificados. Devem ser fabricados com os materiais listados na tabela 5 da NBR 5419/2015 ou com outros tipos de materiais com características de comportamento mecânico, elétrico e químico (relacionado à corrosão) equivalente. A NBR 5419/2015 parte 3, tabela 5, apresenta de forma detalhada os materiais para SPDA e condições de utilização, e na tabela 7 da mesma parte, as dimensões mínimas de eletrodo de aterramento.

**Tabela 5 – Materiais para SPDA e condições de utilização**

Material	Utilização				Corrosão		
	Ao ar livre	Na terra	No concreto ou reboco	No concreto armado	Resistência	Aumentado por	Podem ser destruídos por acoplamento galvânico
Cobre	Maciço Encordoado Como cobertura	Maciço Encordoado Como cobertura	Maciço Encordoado Como cobertura	Não permitido	Bom em muitos ambientes	Compostos sulfurados Materiais orgânicos Altos conteúdos de cloretos	–
Aço galvanizado a quente	Maciço Encordoado	Maciço Encordoado	Maciço Encordoado	Maciço Encordoado	Aceitável no ar, em concreto e em solos salubres	Altos conteúdos de cloretos	Cobre
Aço inoxidável	Maciço Encordoado	Maciço Encordoado	Maciço Encordoado	Maciço Encordoado	Bom em muitos ambientes	Altos conteúdos de cloretos	–
Aço revestido por cobre	Maciço Encordoado	Maciço Encordoado	Maciço Encordoado	Não permitido	Bom em muitos ambientes	Compostos sulfurados	–
Alumínio	Maciço Encordoado	Não permitido	Não permitido	Não permitido	Bom em atmosferas contendo baixas concentrações de sulfurados e cloretos	Soluções alcalinas	Cobre

NOTA 1 Esta tabela fornece somente um guia geral. Em circunstâncias especiais, considerações de imunização de corrosão mais cuidadosas são requeridas.

NOTA 2 Condutores encordoados são mais vulneráveis à corrosão do que condutores sólidos. Condutores encordoados são também vulneráveis quando eles entram ou saem nas posições concreto/terra.

NOTA 3 Aço galvanizado a quente pode ser oxidado em solo argiloso, úmido ou com solo salgado.



**Tabela 7 – Material, configuração e dimensões mínimas de eletrodo de aterramento**

Material	Configuração	Dimensões mínimas <sup>f</sup>		Comentários <sup>f</sup>
		Eletrodo cravado (Diâmetro)	Eletrodo não cravado	
Cobre	Encordoado <sup>c</sup>	–	50 mm <sup>2</sup>	Diâmetro de cada fio cordoalha 3 mm
	Arredondado maciço <sup>c</sup>	–	50 mm <sup>2</sup>	Diâmetro 8 mm
	Fita maciça <sup>c</sup>	–	50 mm <sup>2</sup>	Espessura 2 mm
	Arredondado maciço	15 mm	–	
	Tubo	20 mm	–	Espessura da parede 2 mm
Aço galvanizado à quente	Arredondado maciço <sup>a, b</sup>	16 mm	Diâmetro 10 mm	–
	Tubo <sup>a b</sup>	25 mm	–	Espessura da parede 2 mm
	Fita maciça <sup>a</sup>	–	90 mm <sup>2</sup>	Espessura 3 mm
	Encordoado	–	70 mm <sup>2</sup>	–
Aço cobreado	Arredondado Maciço <sup>d</sup> Encordoado <sup>g</sup>	12,7 mm	70 mm <sup>2</sup>	Diâmetro de cada fio da cordoalha 3,45 mm
Aço inoxidável <sup>e</sup>	Arredondado maciço	15 mm	Diâmetro 10 mm	Espessura mínima 2 mm
	Fita maciça		100 mm <sup>2</sup>	

<sup>a</sup> O recobrimento a quente (fogo) deve ser conforme a ABNT NBR 6323 [1].

<sup>b</sup> Aplicável somente a mini capttores. Para aplicações onde esforços mecânicos, por exemplo: força do vento, não forem críticos, é permitida a utilização de elementos com diâmetro mínimo de 10 mm e comprimento máximo de 1 m.

<sup>c</sup> Composição mínima AISI 304 ou composto por: cromo 16 %, níquel 8 %, carbono 0,07 %.

<sup>d</sup> Espessura, comprimento e diâmetro indicados na tabela refere-se aos valores mínimos sendo admitida uma tolerância de 5 %, exceto para o diâmetro dos fios das cordoalhas cuja tolerância é de 2 %.

<sup>e</sup> Sempre que os condutores desta tabela estiverem em contato direto com o solo devem atender as prescrições desta tabela .

<sup>f</sup> A cordoalha cobreada deve ter uma condutividade mínima de 30 % IACS (*International Annealed Copper Standard*).

<sup>g</sup> Esta tabela não se aplica aos materiais utilizados como elementos naturais de um SPDA.

## INSTALAÇÃO DOS ELETRODOS DE ATERRAMENTO

O eletrodo de aterramento em anel deve ser enterrado na profundidade de no mínimo (05,m) e ficar posicionado à distância preferencialmente de 1m afastada das paredes externas da estrutura de maneira a permitir sua inspeção durante a construção. A profundidade de enterramento e o tipo de eletrodo de aterramento devem ser constituídos de forma a minimizar os efeitos da corrosão, e os efeitos causados pelo ressecamento do solo e assim, estabilizar a qualidade e a efetividade do conjunto.

Em relação a execução das soldas exotérmicas, o ponto de atenção principal é com relação ao vazamento do material que pode provocar perdas do componente, aumentando o risco de acidentes. Esse tipo de problema pode ocorrer com mais frequência quando é utilizado cabos e/ou as hastes não normalizados, aumentando assim, a chance do material vazar pela folga provocada pelos elementos fora de norma.

Com todos estes esclarecimentos, é importante mencionar que todo e qualquer serviço contratado, seja de instalação, projeto ou vistoria precisa ser realizado por profissionais com alto grau de entendimento das recomendações das normas, para que sejam evitados retrabalhos e reembolsos.