

ATERRAMENTO E EQUIPOTENCIALIZAÇÃO

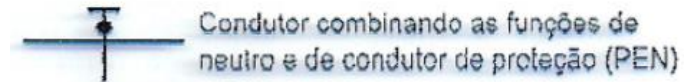
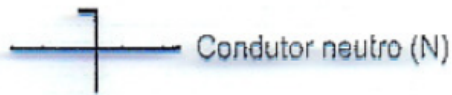
LEI FEDERAL Nº 11.337

Art. 1º - As edificações cuja construção se inicie a partir da vigência desta Lei deverão obrigatoriamente possuir sistema de aterramento e instalações elétricas compatíveis com a utilização do condutor-terra de proteção, bem como tomadas com o terceiro contato correspondente.

26 DE JULHO DE 2006.

ATERRAMENTO

- Simbologia



- Codificação para os Sistemas de Aterramento

Os sistemas de aterramento são identificados através de duas letras, conforme segue:

— primeira letra – Situação da alimentação em relação à terra:

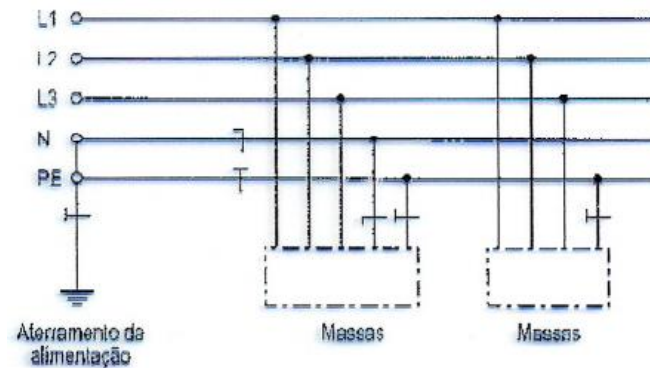
- T = um ponto diretamente aterrado;
- I = isolamento de todas as partes vivas em relação à terra ou aterramento de um ponto através de impedância;

— segunda letra – Situação das massas da instalação elétrica em relação à terra:

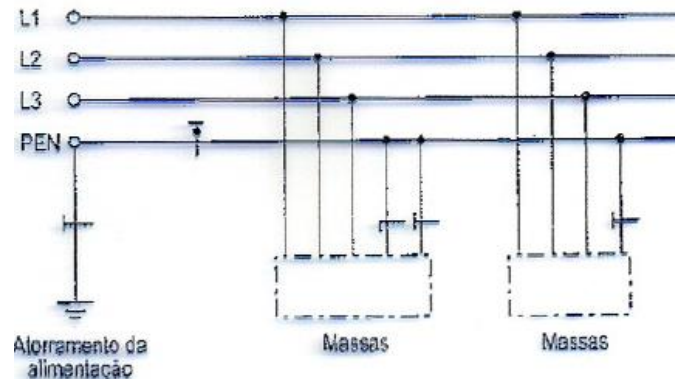
- T = massas diretamente aterradas, independentemente do aterramento eventual de um ponto da alimentação;
- N = massas ligadas ao ponto da alimentação aterrado (em corrente alternada, o ponto aterrado é normalmente o ponto neutro);

- outras letras (eventuais) – Disposição do condutor neutro e do condutor de proteção:
- S = funções de neutro e de proteção asseguradas por condutores distintos;
- C = funções de neutro e de proteção combinadas em um único condutor (condutor PEN).

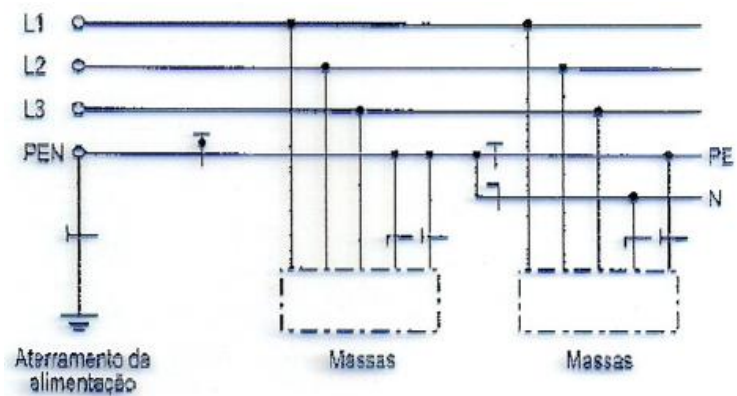
- Esquema TN-S



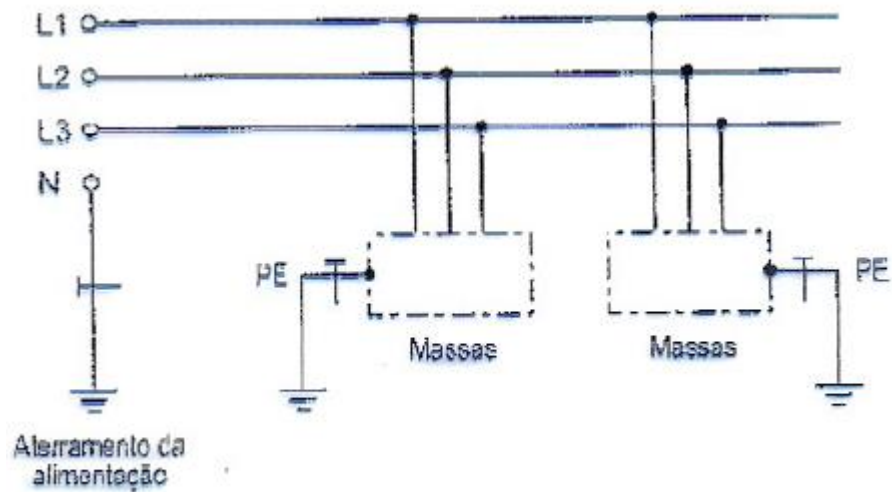
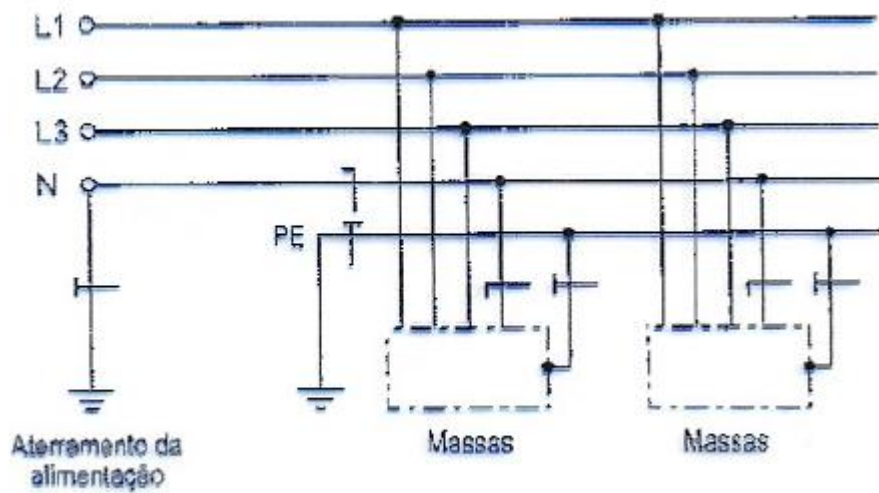
- Esquema TN-C



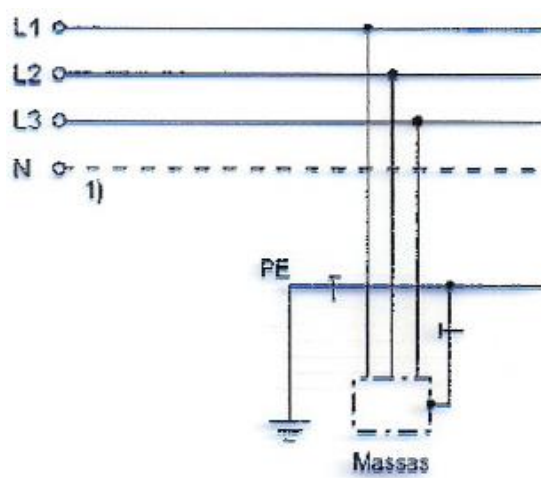
- Esquema TN-C-S



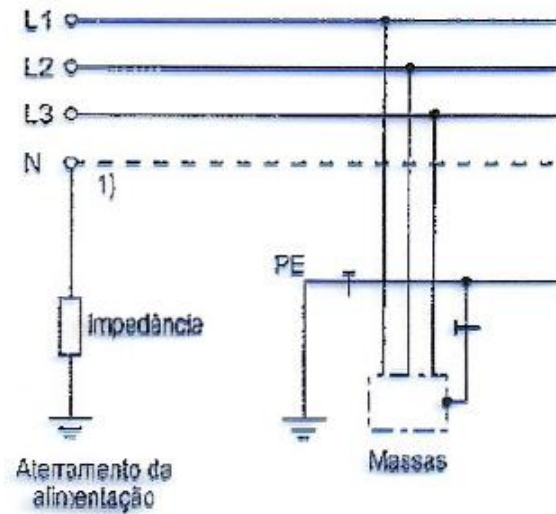
- Esquema TT



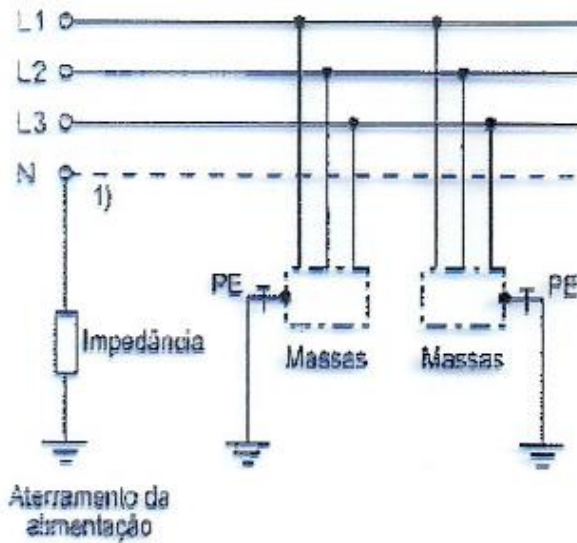
- Esquema IT



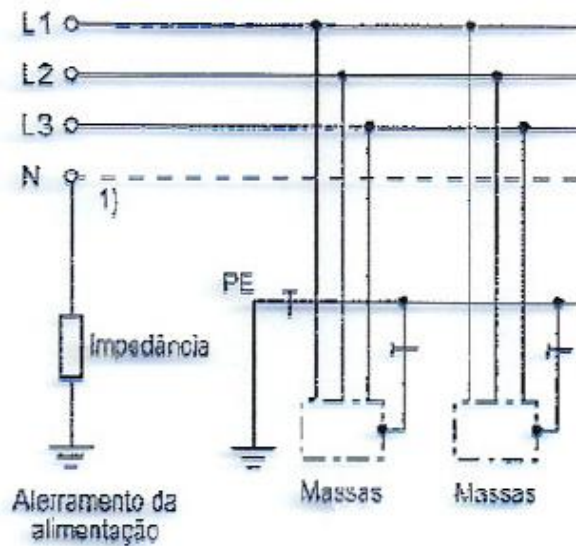
A



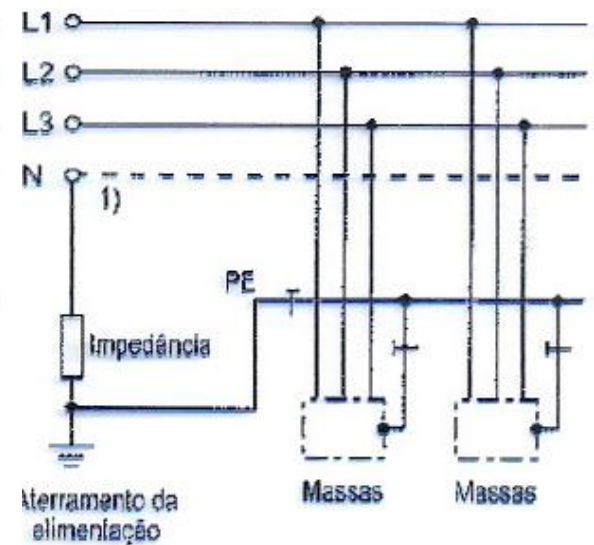
B



B.1

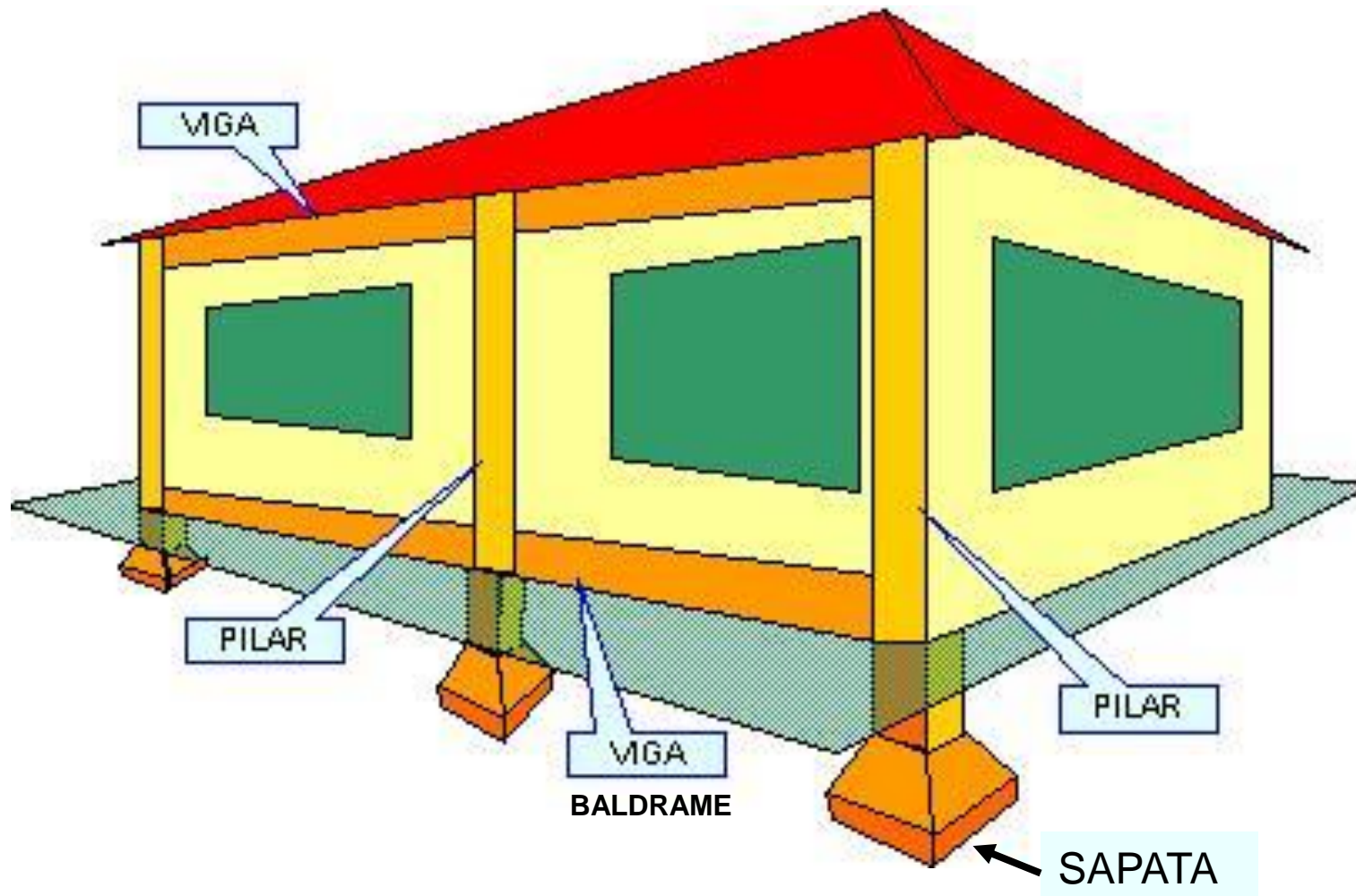


B.2



B.3

- Eletrodo de Aterramento



6.4.1.1.1 Toda edificação deve dispor de uma infra-estrutura de aterramento, denominada "eletrodo de aterramento", sendo admitidas as seguintes opções:

- a) preferencialmente, uso das próprias **armaduras do concreto das fundações** (ver 6.4.1.1.9); ou

6.4.1.1.9 Nos casos em que a infra-estrutura de aterramento da edificação for constituída pelas próprias armaduras embutidas no concreto das fundações (armaduras de aço das estacas, dos blocos de fundação e vigas baldrame), pode-se **considerar que as interligações naturalmente existentes** entre estes elementos são suficientes para se obter um eletrodo de aterramento com características elétricas adequadas, sendo dispensável qualquer medida suplementar.

- b) uso de fitas, barras ou cabos metálicos, especialmente previstos, **imersos no concreto das fundações** (ver 6.4.1.1.10); ou

6.4.1.1.10 Nas fundações em alvenaria, a infra-estrutura de aterramento pode ser constituída por fita, barra ou cabo de aço galvanizado imerso no concreto das fundações, formando um anel em todo o perímetro da edificação. A fita, barra ou cabo deve ser envolvido por uma camada de concreto de no mínimo 5 cm de espessura, a uma profundidade de no mínimo 0,5 m. As seções mínimas da fita, barra ou cabo são aquelas indicadas na tabela 51.

NOTA Se utilizada fita de aço, ela deve ser imersa no concreto na posição vertical.

- c) uso **de malhas metálicas enterradas, no nível das fundações**, cobrindo a área da edificação e complementadas, quando necessário, por hastes verticais e/ou cabos dispostos radialmente ("pés-de-galinha"); ou
- d) no mínimo, uso de **anel metálico enterrado, circundando o perímetro da edificação** e complementado, quando necessário, por hastes verticais e/ou cabos dispostos radialmente ("pés-de-galinha").

NOTA Outras soluções de aterramento são admitidas em instalações temporárias; em instalações em áreas descobertas, como em pátios e jardins; em locais de acampamento, marinas e instalações análogas; e na reforma de instalações de edificações existentes, quando a adoção de qualquer das opções indicadas em 6.4.1.1.1 for impraticável.

6.4.1.1.3 Como as opções de eletrodos de aterramento indicadas em 6.4.1.1.1 são também reconhecidas pela ABNT NBR 5419, elas podem e devem ser usadas conjuntamente pelo sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) da edificação, nas condições especificadas naquela norma.

NOTA Mastros de antenas devem ser incorporados ao SPDA, conforme ABNT NBR 5419.

6.4.1.1.4 Não se admite o uso de canalizações metálicas de água nem de outras utilidades como eletrodo de aterramento, o que não exclui as medidas de equipotencialização prescritas em 6.4.2.

6.4.1.1.5 A infra-estrutura de aterramento requerida em 6.4.1.1.1 deve ser acessível no mínimo junto a cada ponto de entrada de condutores e utilidades e em outros pontos que forem necessários à equipotencialização de que trata 6.4.2.

6.4.1.2.3 A conexão de um condutor de aterramento a eletrodo de aterramento embutido no concreto das fundações (a própria armadura do concreto ou, então, fita, barra ou cabo imerso no concreto, ver 6.4.1.1.8 e 6.4.1.1.10) deve ser feita garantindo-se simultaneamente a continuidade elétrica, a capacidade de condução de corrente, a proteção contra corrosão, inclusive eletrolítica, e adequada fixação mecânica. Essa conexão pode ser executada, por exemplo, recorrendo-se a dois elementos intermediários, conforme descrito a seguir:

- a) o primeiro elemento, que realiza a derivação do eletrodo para fora do concreto, deve ser constituído por barra de aço zincada, com diâmetro de no mínimo 10 mm, ou fita de aço zincada de 25 mm x 4 mm e ligada ao eletrodo por solda elétrica. A barra ou fita deve ser protegida contra corrosão;
- b) o segundo elemento, destinado a servir como ponto de conexão do condutor de aterramento, deve ser constituído por barra ou condutor de cobre, ligado ao primeiro elemento por solda exotérmica (ou processo equivalente do ponto de vista elétrico e da corrosão).

NOTAS

1 No caso de o eletrodo ser a armadura do concreto, essa armadura deve ter, no ponto de conexão, uma seção não inferior a 50 mm² e um diâmetro de preferência não inferior a 8 mm.

2 Em alternativa às soldas elétrica e exotérmica, podem ser utilizados conectores adequados, instalados conforme instruções do fabricante e de modo a assegurar uma conexão equivalente, sem danificar o eletrodo nem o condutor de aterramento.

3 Conexões com solda de estanho não asseguram resistência mecânica adequada.

Tabela 51 — Materiais comumente utilizáveis em eletrodos de aterramento
 - Dimensões mínimas do ponto de vista da corrosão e da resistência mecânica,
 quando os eletrodos forem diretamente enterrados

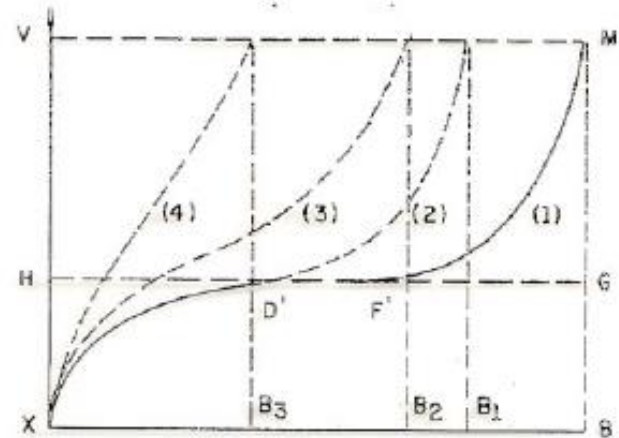
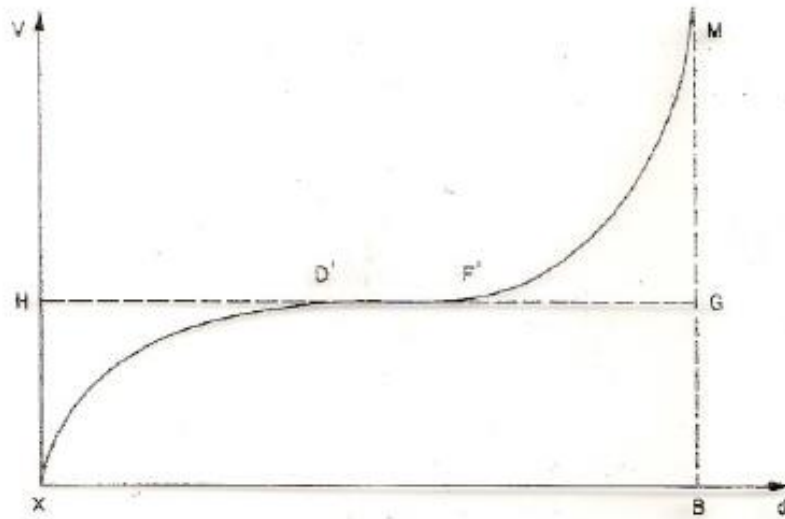
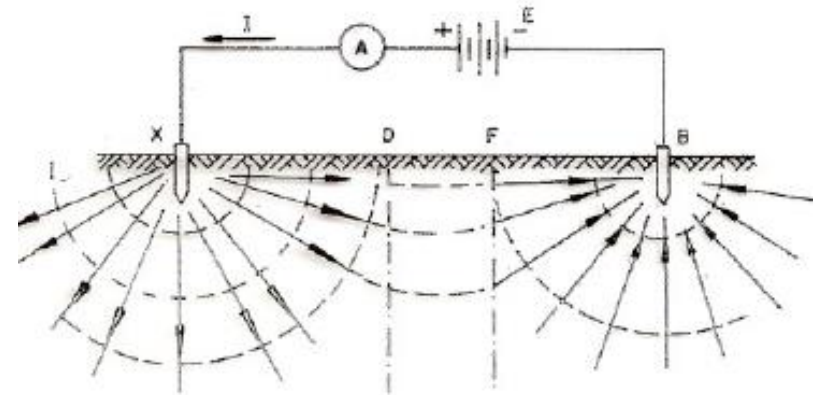
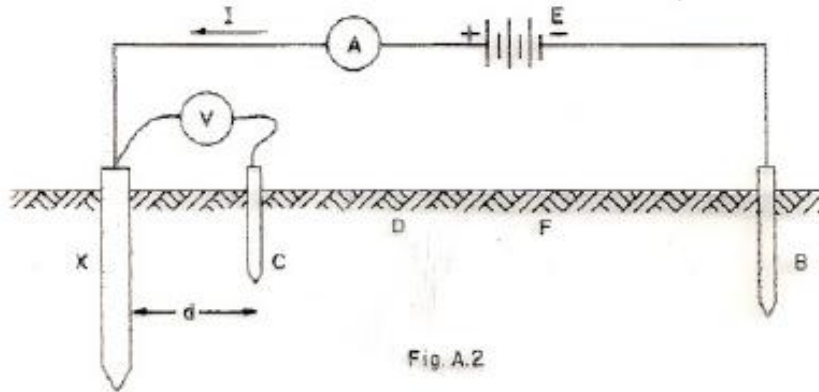
| Material | Superfície | Forma | Dimensões mínimas | | | |
|----------|---|---------------------------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------------|---|
| | | | Diâmetro mm | Seção mm ² | Espessura do material mm | Espessura média do revestimento µm |
| Aço | Zincada a quente ¹⁾ ou inoxidável ¹⁾ | Fita ²⁾ | | 100 | 3 | 70 |
| | | Perfil | | 120 | 3 | 70 |
| | | Haste de seção circular ³⁾ | 15 | | | 70 |
| | | Cabo de seção circular | | 95 | | 50 |
| | | Tubo | 25 | | 2 | 55 |
| | Capa de cobre | Haste de seção circular ³⁾ | 15 | | | 2 000 |
| | Revestida de cobre por eletrodeposição | Haste de seção circular ³⁾ | 15 | | | 254 |

Tabela 51 (conclusão)

| Material | Superfície | Forma | Dimensões mínimas | | | |
|----------|------------------|------------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------------|---|
| | | | Diâmetro mm | Seção mm ² | Espessura do material mm | Espessura média do revestimento µm |
| Cobre | Cu ¹⁾ | Fita | | 50 | 2 | |
| | | Cabo de seção circular | | 50 | | |
| | | Cordoalha | 1,8 (cada veio) | 50 | | |
| | | Tubo | 20 | | 2 | |
| | Zincada | Fita ²⁾ | | 50 | 2 | 40 |

¹⁾ Pode ser utilizado para embutir no concreto.
²⁾ Fita com cantos arredondados.
³⁾ Para eletrodo de profundidade.

MEDIÇÃO DO ATERRAMENTO



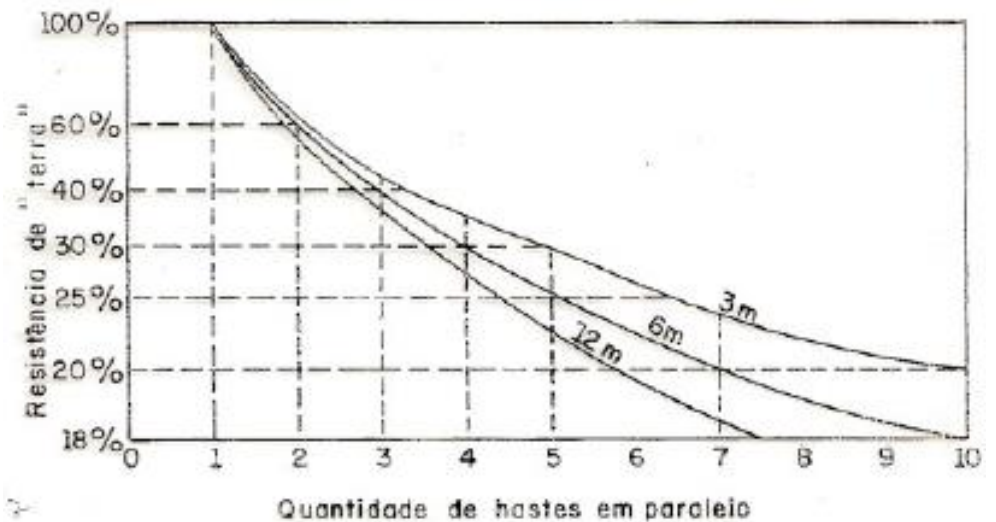
- CÁLCULO

QUADRO B.1

| TIPO DE SOLO | ρ ($\Omega \cdot m$) |
|------------------------------------|-----------------------------|
| Limo | 20 a 100 |
| Humus | 10 a 150 |
| Lama | 5 a 100 |
| Terra de jardim com 50% de umidade | 140 |
| Terra de jardim com 20% de umidade | 480 |
| Argila com 40% de umidade | 80 |
| Argila com 20% de umidade | 330 |
| Argila seca | 1.500 a 5.000 |
| Areia com 90% de umidade | 1.300 |
| Areia comum | 3.000 a 8.000 |
| Calcáreo fissurado | 500 a 1.000 |
| Calcáreo compacto | 1.000 a 5.000 |
| Granito | 1.500 a 10.000 |
| Basalto | 10.000 a 20.000 |

Resistência p/ Haste

$$R = \frac{\rho}{L}$$



- Tipos de Condutores

- ❖ Condutor de ATERRAMENTO: utilizado para interligar qualquer massa ao eletrodo de aterramento. Por exemplo: i) o condutor que liga o BEP ao eletrodo de aterramento, designado por “condutor de aterramento principal”; ii) condutor que liga outras massas metálicas, que estejam distantes do BEP, diretamente ao eletrodo de aterramento
- ❖ Condutor de PROTEÇÃO: são utilizados para conduzir correntes de fuga ou falta para o eletrodo de aterramento. Em geral, são condutores que partem do barramento de “terra” (PE) dos quadros de distribuição e, segundo o item **5.1.2.2.3.6**, todo circuito deve ter um condutor de proteção, em toda a sua extensão.
- ❖ Condutor de EQUIPOTENCIALIZAÇÃO PRINCIPAL: condutor destinado a ligar as massas metálicas da instalação elétrica, e da edificação, ao BEP, visando mitigar o aparecimento de diferenças de potencial que possam colocar em risco os usuários da instalação
- ❖ Condutor de EQUIPOTENCIALIZAÇÃO SUPLEMENTAR: condutor destinado a realizar a equipotencialização suplementar (equipotencialização local) para proteção contra choques elétricos, ou por razões funcionais tal como a prevenção de interferências eletromagnéticas. (**BEL**)

- Dimensionamento do Condutor de PROTEÇÃO (PE)

Conforme item 6.4.3.1 (NBR5410/04)

$$S = \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{k}$$

$S \Rightarrow$ seção do condutor (mm^2);

$I \Rightarrow$ corrente de curto - circuito (A);

$t \Rightarrow$ tempo de atuação do dispositivo de proteção (s);

$k \Rightarrow$ constante dependente do material do condutor, isolação, temperatura e seu valor é obtido nas Tabelas 53 a 57 da NBR5410/04.

Em alternativa ao cálculo, a NBR5410/04 disponibiliza a Tabela 58, que em resumo determina:

$$S_F \leq 16\text{mm}^2 \rightarrow S_{PE} = S_F$$

$$S_F = 25\text{mm}^2 \text{ ou } S_F = 35\text{mm}^2 \rightarrow S_{PE} = 16\text{mm}^2$$

$$S_F > 35\text{mm}^2 \rightarrow S_{PE} = S_F/2$$

O item **6.4.3.1.4** determina que qualquer PE que não faça parte do mesmo cabo (multicabos) ou não esteja no mesmo conduto fechado (eletroduto/eletrocalha) da fase, não deve ser inferior a:

- i) 2,5mm²(cobre)/16mm²(alumínio), se houver proteção contra danos mecânicos;
- ii) 4mm²(cobre)/16mm²(alumínio), se não houver proteção contra danos mecânicos

- Dimensionamento do Condutor de ATERRAMENTO

Conforme item 6.4.3.1 (NBR5410/04), porém, se for com condutor enterrado no solo, a bitola mínima deve ser conforme Tabela 52, da NBR5410/04

| | Proteção contra danos mecânicos | Sem proteção contra danos mecânicos |
|------------------------------|---|---|
| Proteção contra corrosão | 2,5mm² (cobre)/10mm²(aço) | 16mm² (cobre)/16mm²(aço) |
| Sem proteção contra corrosão | 50mm²(cobre) em solos ácidos ou alcalinos 80mm²(aço) | |

6.4.2 Eqüipotencialização

6.4.2.1 Eqüipotencialização principal

6.4.2.1.1 Em cada edificação deve ser realizada uma eqüipotencialização principal, reunindo os seguintes elementos:

- a) as armaduras de concreto armado e outras estruturas metálicas da edificação;
- b) as tubulações metálicas de água, de gás combustível, de esgoto, de sistemas de ar-condicionado, de gases industriais, de ar comprimido, de vapor etc., bem como os elementos estruturais metálicos a elas associados;
- c) os condutos metálicos das linhas de energia e de sinal que entram e/ou saem da edificação;
- d) as blindagens, armações, coberturas e capas metálicas de cabos das linhas de energia e de sinal que entram e/ou saem da edificação;
- e) os condutores de proteção das linhas de energia e de sinal que entram e/ou saem da edificação;
- f) os condutores de interligação provenientes de outros eletrodos de aterramento porventura existentes ou previstos no entorno da edificação;
- g) os condutores de interligação provenientes de eletrodos de aterramento de edificações vizinhas, nos casos em que essa interligação for necessária ou recomendável;
- h) o condutor neutro da alimentação elétrica, salvo se não existente ou se a edificação tiver que ser alimentada, por qualquer motivo, em esquema TT ou IT ;
- i) o(s) condutor(es) de proteção principal(is) da instalação elétrica (interna) da edificação.

NOTAS

1 Em uma propriedade deve haver tantas eqüipotencializações principais quantas forem as edificações que a compõem. Admite-se que edículas ou construções adjacentes distantes não mais de 10 m da edificação principal sejam consideradas como eletricamente integradas a esta, se as linhas elétricas de energia e de sinal e as linhas de utilidades a elas destinadas tiverem origem na edificação principal e se a infra-estrutura de aterramento do local não se limitar à edificação principal, mas se estender também às áreas das construções anexas; ou, então, se o eletrodo de aterramento da edificação principal e o(s) das construções anexas forem interligados. Caso contrário, todas as dependências separadas da edificação principal devem também ser providas, individualmente, de uma eqüipotencialização principal.

6.4.2.1.2 Todos os elementos relacionados em 6.4.2.1.1 que forem associados a linhas externas devem ser conectados à equipotencialização principal o mais próximo possível do ponto em que entram e/ou saem da edificação.

NOTA Recomenda-se que as entradas e saídas de linhas externas, na edificação, sejam concentradas, sempre que possível, num mesmo ponto.

6.4.2.1.3 Junto ou próximo do ponto de entrada da alimentação elétrica deve ser provido um barramento, denominado “barramento de equipotencialização principal” (BEP), ao qual todos os elementos relacionados em 6.4.2.1.1 possam ser conectados, direta ou indiretamente.

6.4.2.1.4 O BEP deve prover uma conexão mecânica e eletricamente confiável. Todos os condutores conectados ao BEP devem ser desconectáveis individualmente, exclusivamente por meio de ferramenta.

6.4.2.1.5 Nos pontos de conexão dos condutores de equipotencialização aos elementos indicados nas alíneas a) e b) de 6.4.2.1.1 deve ser provida etiqueta ou plaqueta com a seguinte inscrição: “*Conexão de segurança – Não remova*”. Quando diretamente acessíveis, o próprio BEP e os pontos de conexão com os eletrodos indicados nas alíneas f) e g) de 6.4.2.1.1 também devem ser providos da mesma advertência. A etiqueta ou plaqueta não deve ser facilmente removível.

6.4.3.2.2 Quando a instalação contiver linhas pré-fabricadas (barramentos blindados) com invólucros metálicos, esses invólucros podem ser usados como condutores de proteção, desde que satisfaçam simultaneamente as três prescrições seguintes:

- a) sua continuidade elétrica deve ser assegurada por disposições construtivas ou conexões adequadas, que constituam proteção contra deteriorações de natureza mecânica, química ou eletroquímica;
- b) sua condutância seja pelo menos igual à resultante da aplicação de 6.4.3.1;
- c) permitam a conexão de outros condutores de proteção em todos os pontos de derivação predeterminados.

6.4.4 Condutores de equipotencialização

6.4.4.1 Seções mínimas

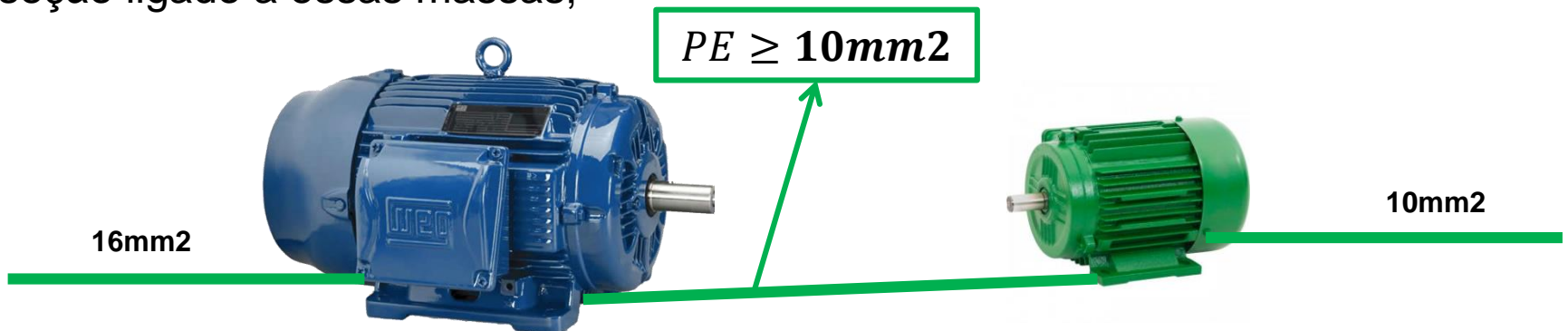
6.4.4.1.1 Condutores de equipotencialização principal

A seção dos condutores da equipotencialização principal prescrita em 6.4.2.1 não deve ser inferior à metade da seção do condutor de proteção de maior seção da instalação, com um mínimo de 6 mm² em cobre, 16 mm² em alumínio ou 50 mm² em aço. Todavia, a seção pode ser limitada a 25 mm², se o condutor for de cobre, ou a seção equivalente, se for de outro metal.

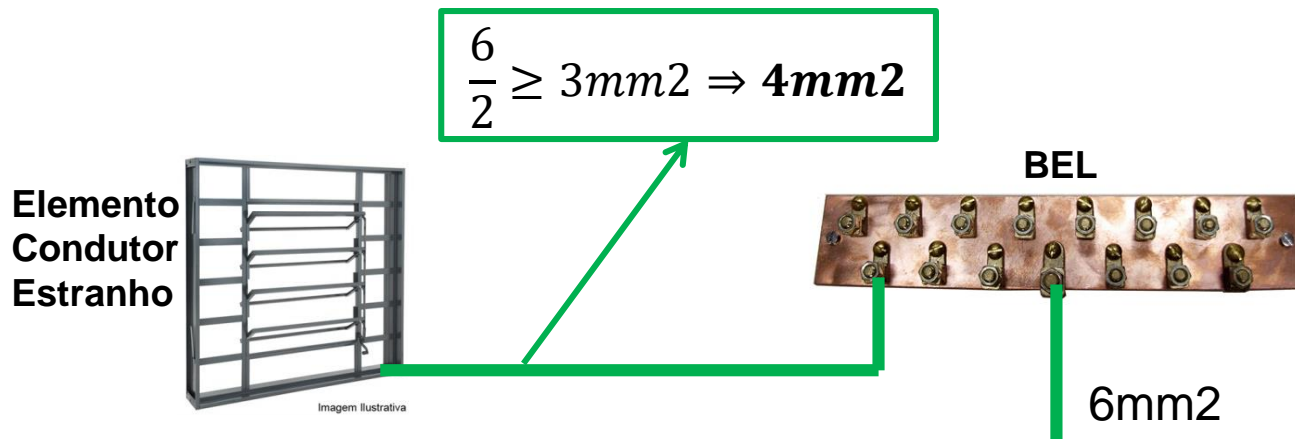
6.4.4.1.2 Condutores de equipotencialização suplementar

Nas equipotencializações suplementares, a seção mínima do condutor utilizado para essa finalidade deve ser como segue:

a) o condutor destinado a equipotencializar duas massas da instalação elétrica deve possuir uma condutância igual ou superior à do condutor PE de menor seção ligado a essas massas;



b) o condutor destinado a equipotencializar uma massa da instalação elétrica e um elemento condutivo não pertencente à instalação elétrica deve possuir uma condutância igual ou superior à metade da do condutor de proteção ligado a essa massa;



c) em qualquer dos casos a) ou b) anteriores o condutor deve satisfazer o disposto em 6.4.3.1.4.

6.4.3.4 Condutores PEN

6.4.3.4.1 O uso de condutor PEN só é admitido em instalações fixas, desde que sua seção não seja inferior a 10 mm^2 em cobre ou 16 mm^2 em alumínio e observado o disposto em 5.4.3.6.

NOTA A seção mínima é ditada por razões mecânicas.

6.4.3.4.2 A isolação de um condutor PEN deve ser compatível com a tensão mais alta a que ele possa ser submetido.

6.4.3.4.3 Se, em um ponto qualquer da instalação, as funções de neutro e de condutor de proteção forem separadas, com a transformação do condutor PEN em dois condutores distintos, um destinado a neutro e o outro a condutor de proteção, não se admite que o condutor neutro, a partir desse ponto, venha a ser ligado a qualquer ponto aterrado da instalação. Por isso mesmo, esse condutor neutro não deve ser religado ao condutor PE que resultou da separação do PEN original.

NOTA O condutor PEN da linha de energia que chega a uma edificação deve ser incluído na equipotencialização principal, conforme exigido em 5.4.2.1.1, e, portanto, conectado ao BEP, direta ou indiretamente.

FIM

ARMADURA DO CONCRETO



RETORNO

INTERLIGAÇÕES NATURAIS DA ARMADURA DO CONCRETO



MALHA DE ATERRAMENTO



[RETORNO](#)



ANEL METÁLICO CIRCUNDANDO A EDIFICAÇÃO



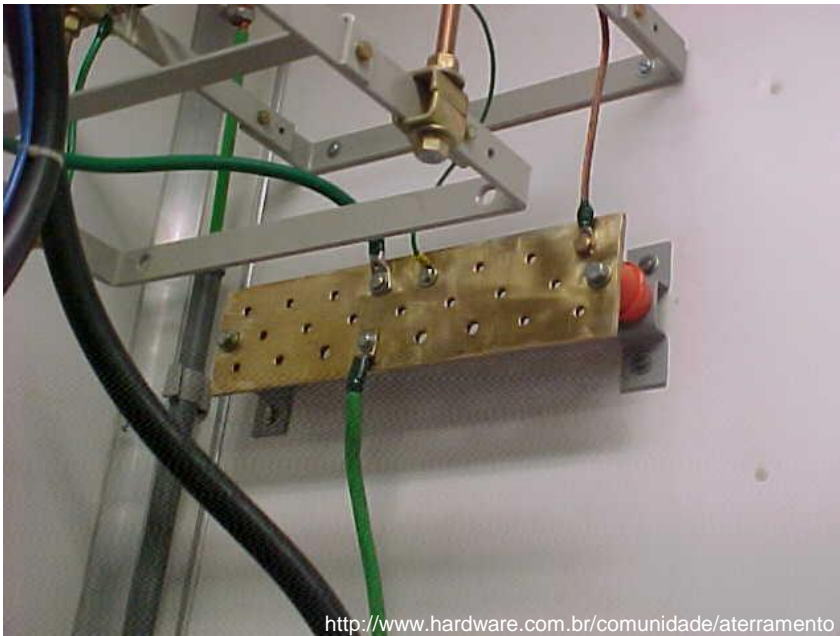
www.tec-artjf.com.br/images/





RETORNO

PONTO DE CONEXÃO DO ATERRAMENTO



FORMAS DE CONEXÃO



SOLDA ELÉTRICA

PARAFUSO FENDIDO OU SPLIT BOLT

CONECTORES



KSV / KS

PFB - Parafuso fendido bimetalico
 PFB - Bimetalic split bolt
 PF - Parafuso fendido
 PF - Split bolt connector.



QAB

Terminal de pressão.
 Cable terminal.



GB

Grampo terra duplo em bronze.
 Grounding connector for
 copper cable to bar.



KVS

Grampo de Encaixe em bronze.
 Service connector all combinations
 of copper aluminum, ACSF



K2C



GX

Grampo terra em cruz
 Grounding connector for copper cable
 (for cross connection of cables)



GP

Grampo terra duplo com parafuso "U"
 para dois cabos.
 Ground connector for copper two
 cables to rod or pipe.



UC

Grampo paralelo de bronze.
 Parallel clamp for copper.



GC



GAR

Grampo terra duplo com parafuso "U"
 Ground connector for copper two
 cables to rod or pipe.



GG

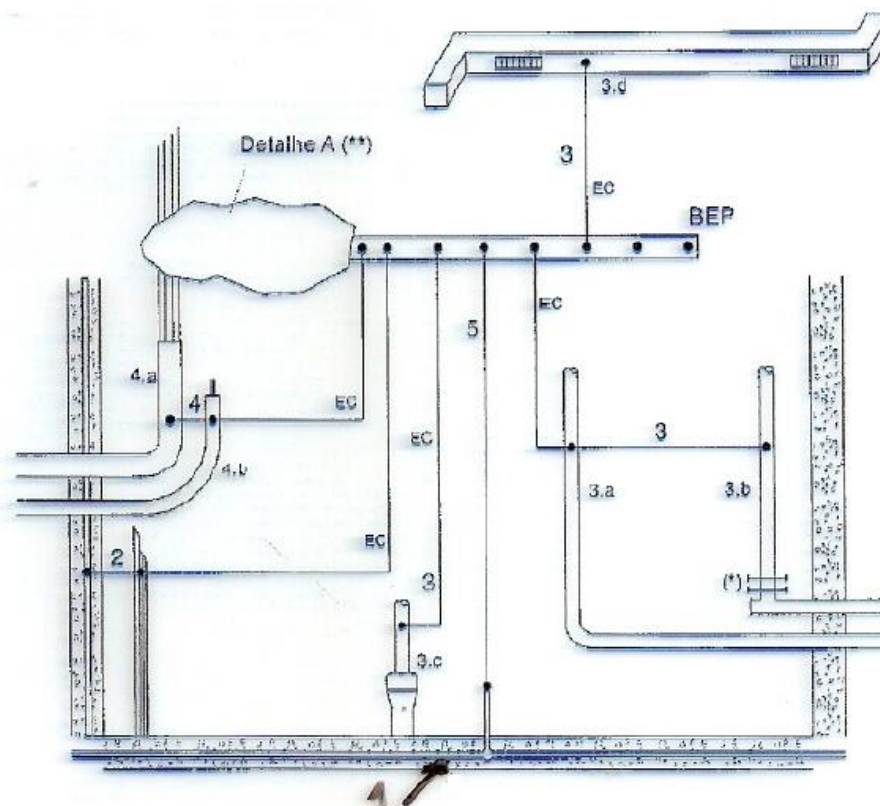
Grampo terra simples com
 parafuso tipo "U".
 Ground connector for copper bar,
 strap, braid or cable to rod or tube



GLV

Grampo de linha viva.
 Bronze hot line clamp
 for copper.

Anexo G (informativo)



Legenda:

BEP = Barramento de equipotencialização principal

EC = Condutores de equipotencialização

1 = Eletrodo de aterramento (embutido nas fundações)

2 = Armaduras de concreto armado e outras estruturas metálicas da edificação

3 = Tubulações metálicas de utilidades, bem como os elementos estruturais metálicos a elas associados.

Por exemplo:

3.a = água

3.b = gás

(*) = luva isolante (ver nota 2 de 6.4.2.1.1)

3.c = esgoto

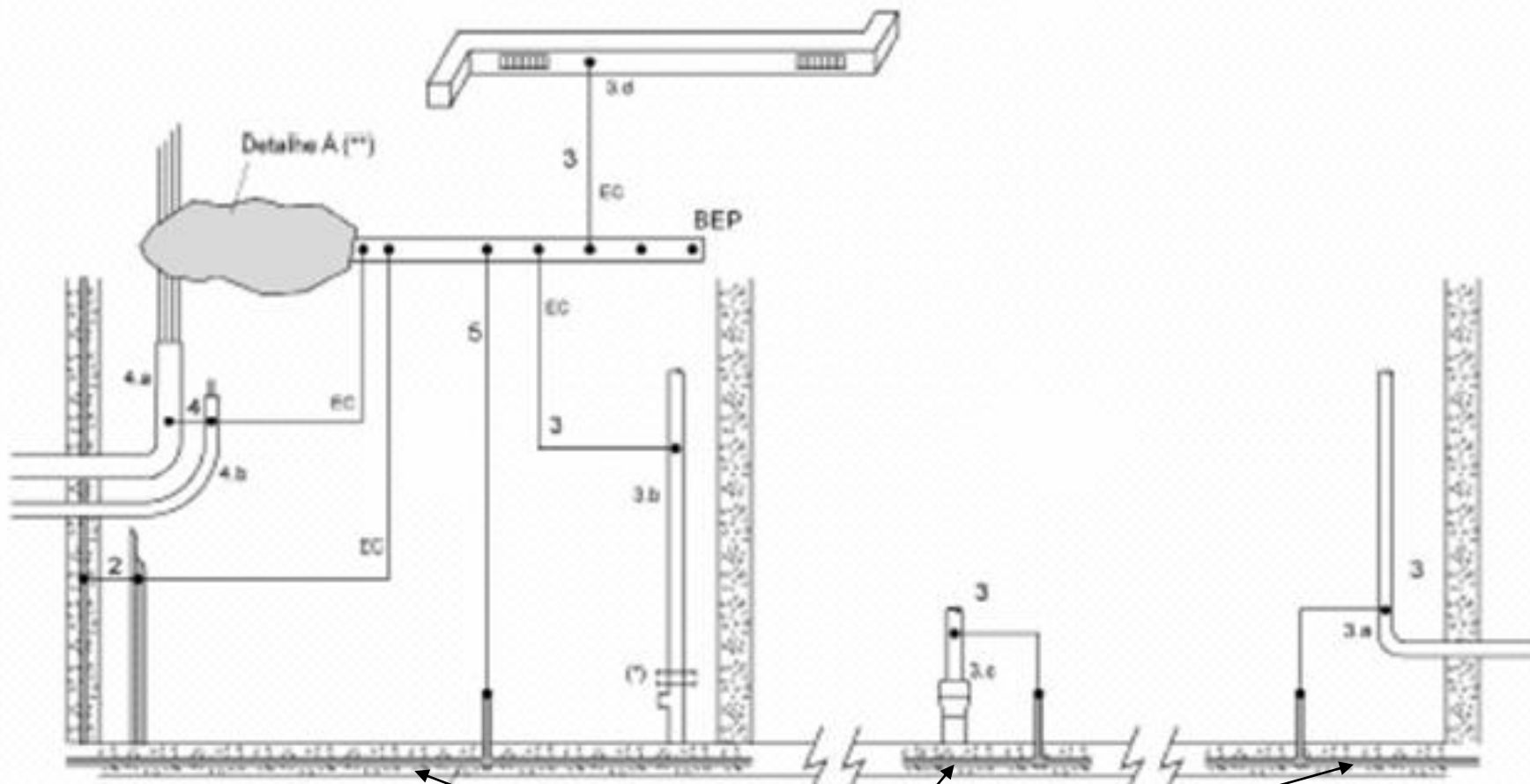
3.d = ar-condicionado

4 = Condutos metálicos, blindagens, armações, coberturas e capas metálicas de cabos

4.a = Linha elétrica de energia

4.b = Linha elétrica de sinal

5 = Condutor de aterramento principal



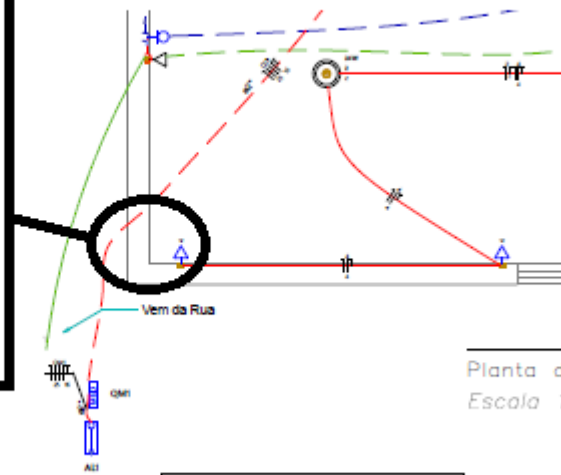
ELETRODO DE ATERRAMENTO

RETORNO

Quadro do BEP



Caixa com o BEP deveria estar aqui nesta região, pois é onde a fiação de alimentação adentra a edificação.



Planta de
Escala 1