

# Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas SPDA

## NBR 5419-4:2015

### Sistemas Elétricos e Eletrônicos Internos na Estrutura

Prof. Marcos Fergütz

Agosto/2015

# Princípios Gerais

Esta parte da NBR5419 trata das medidas de proteção para reduzir os danos permanentes nos sistemas eletroeletrônicos existentes na estrutura. Os danos podem ser causados pelo impulso eletromagnético da descarga atmosférica (LEMP) por meio de:

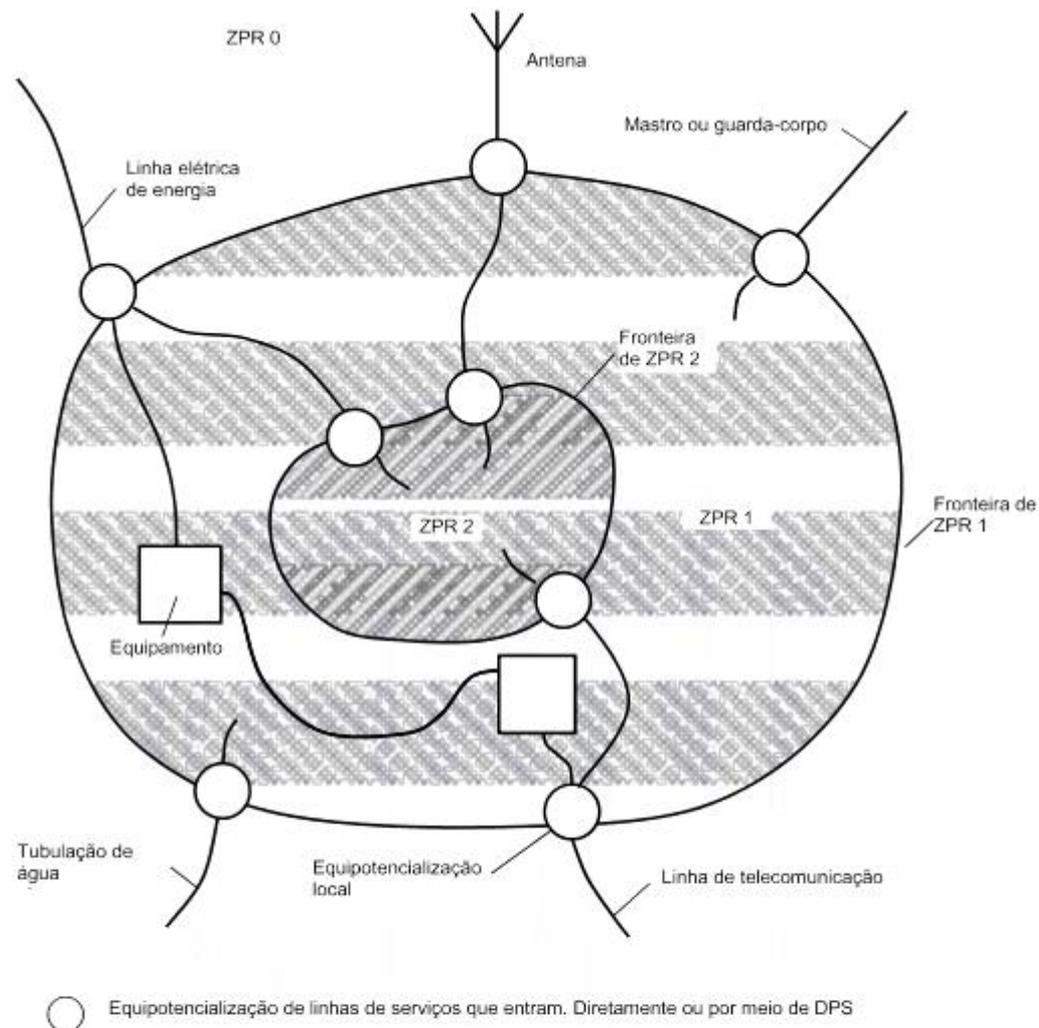
- ❖ Surtos conduzidos ou induzidos por cabos de energia e/ou sinal;
- ❖ Campos eletromagnéticos irradiados diretamente para os equipamentos.

Portanto, para evitar danos são necessárias Medidas de Proteção contra Surtos (MPS).

A proteção contra LEMP está baseada no conceito de Zonas de Proteção contra Raios (ZPR).

O volume contendo os sistemas a serem protegidos deve ser dividido em ZPRs.

Estas zonas são teoricamente associadas à parte do espaço onde a severidade do LEMP é compatível com a suportabilidade dos sistemas internos existentes. As sucessivas zonas se caracterizam pela mudança significativa na severidade no LEMP. Sendo a fronteira de uma ZPR definida pelas MPS empregadas.

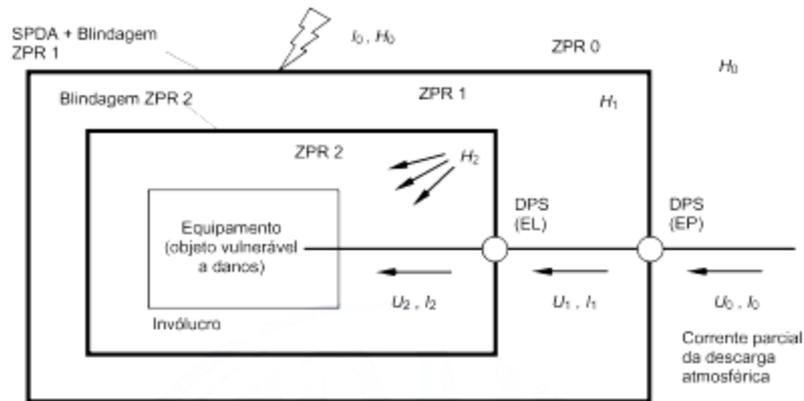


MEC 2762/10

NOTA A Figura 1 mostra um exemplo de divisão de uma estrutura dentro de ZPR internas. Todos os serviços entrando na estrutura são equipotencializados por meio de barras de equipotencialização na fronteira de ZPR 1. Ainda, os serviços por meio de partes condutoras entrando em ZPR 2 (por exemplo, salas de computadores) são equipotencializados por meio de barras de equipotencialização em ZPR 2.

**Figura 1 – Princípios gerais para a divisão de diferentes ZPR**

# Projetos de MPS



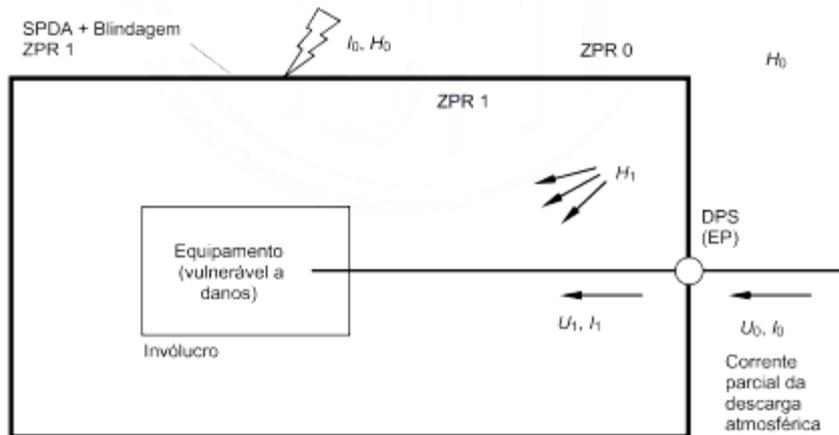
IEC 2763-10

## Legenda

EP equipotencialização principal

EL equipotencialização local

**a) MPS usando blindagem espacial e um sistema coordenado de DPS – Equipamentos bem protegidos contra surtos conduzidos ( $U_2 \ll U_0$  e  $I_2 \ll I_0$ ) e contra campos magnéticos irradiados ( $H_2 \ll H_0$ )**

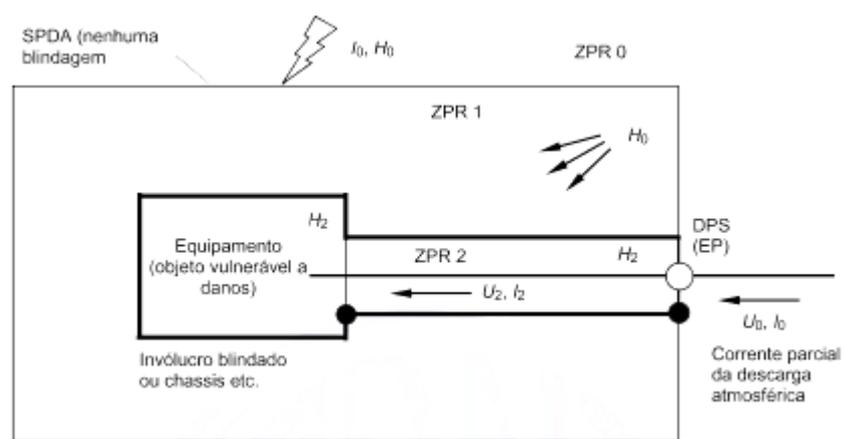


IEC 2764-10

## Legenda

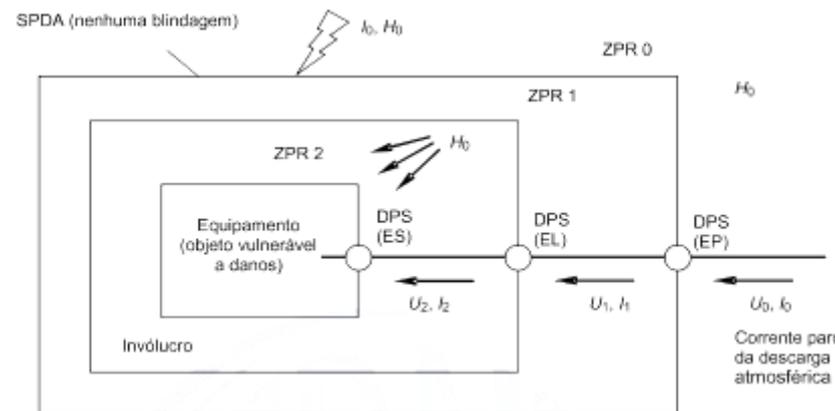
EP equipotencialização principal

**b) MPS usando blindagem espacial em ZPR 1 e DPS na entrada – Equipamentos protegidos contra surtos conduzidos ( $U_1 \ll U_0$  e  $I_1 \ll I_0$ ) e contra campos magnéticos irradiados ( $H_1 \ll H_0$ )**



Legenda EP equipotencialização principal

**c) MPS usando linhas internas blindadas e proteção por meio de DPS na entrada de ZPR 1 – Equipamentos protegidos contra surtos conduzidos ( $U_2 < U_0$  e  $I_2 < I_0$ ) e contra campos eletromagnéticos irradiados ( $H_2 < H_0$ )**



## Legenda

EP equipotencialização principal  
EL equipotencialização local  
ES equipotencialização suplementar  
— Fronteiras blindadas  
— Fronteiras não blindadas

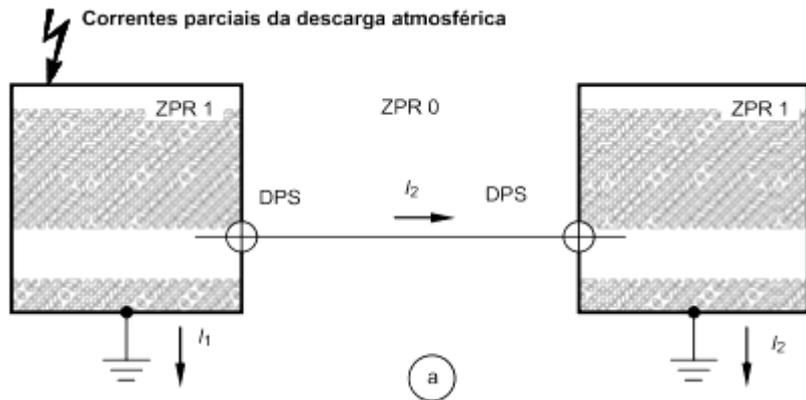
**d) MPS usando apenas um sistema coordenado de DPS – Equipamento protegido contra surtos conduzidos ( $U_2 \ll U_0$  e  $I_2 \ll I_0$ ), mas não contra campos magnéticos irradiados ( $H_2 \ll H_0$ )**

NOTA 1 DPS podem ser instalados nos seguintes pontos:

- na fronteira de ZPR 1 (por exemplo, no quadro de distribuição principal – QDP);
- nas fronteiras de ZPR 2 (por exemplo, nos quadros de distribuição secundária – QDS);
- no ou o mais próximo dos equipamentos (por exemplo, nas tomadas).

NOTA 2 Para informações mais detalhadas, ver ABNT NBR 5410.

# Interconexão de ZPR de mesma ordem

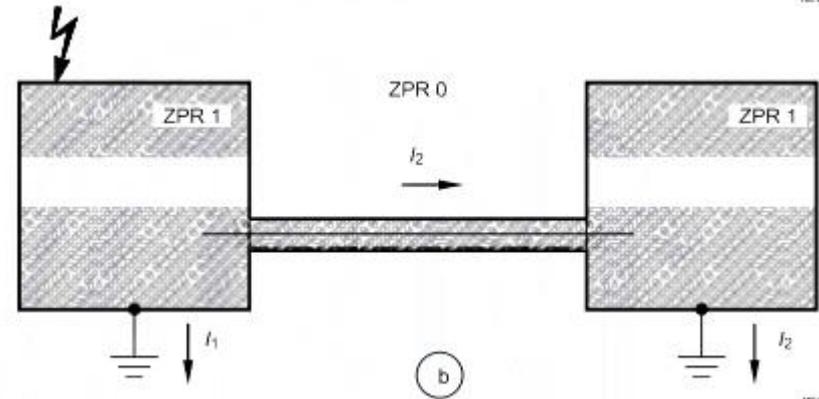


NOTA A Figura 3 a) mostra duas ZPR 1 conectadas por linhas elétricas (de energia ou de sinal). Recomenda-se cuidados adicionais se ambas ZPR 1 representam estruturas separadas com sistemas de aterramento separados, espaçados dezenas ou centenas de metros entre si. Neste caso, uma grande parcela da corrente da descarga atmosférica pode fluir pelas linhas conectadas que não estiverem protegidas.

onde

$I_1, I_2$  Correntes parciais da descarga atmosférica.

**a) Interligando duas ZPR 1 usando DPS**



IEC 2768/10

IEC 2768/10

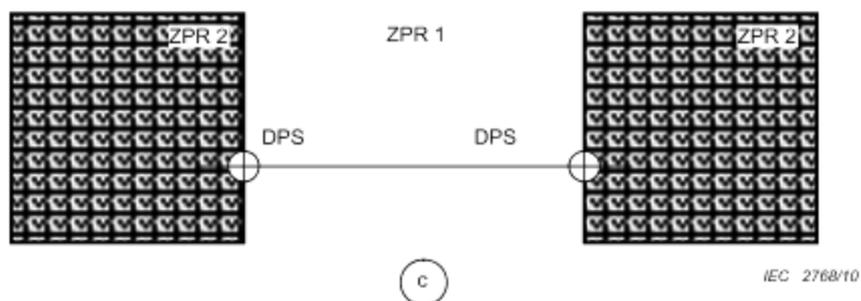
NOTA A Figura 3 b) mostra que este problema pode ser resolvido usando cabos blindados ou dutos blindados interconectando ambas ZPR 1, providenciando que as blindagens sejam capazes de conduzir uma parcela da corrente da descarga atmosférica. O DPS pode ser eliminado se a queda de tensão ao longo das blindagens não for muito alta.

onde

$I_1, I_2$  Correntes parciais da descarga atmosférica.

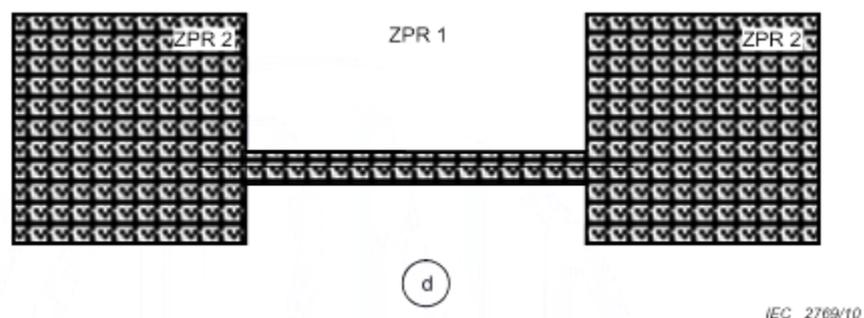
**b) Interligando duas ZPR 1 usando cabos blindados ou dutos blindados**

**Figura 3 – Exemplos para interligação de ZPR**



NOTA A Figura 3 c) mostra duas ZPR 2 conectadas por linhas elétricas (de energia ou de sinal). Devido às linhas estarem expostas no nível de ameaça da ZPR 1, DPS na entrada de cada ZPR 2 são necessários.

**c) Interligando-se duas ZPR usando DPS**

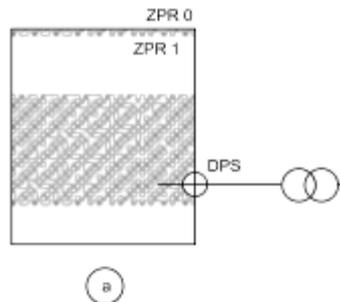


NOTA A Figura 3 d) mostra que tais interferências podem ser evitadas e os DPS podem ser omitidos, se cabos ou dutos blindados forem utilizados para interligar ambas ZPR 2.

**d) Interligando-se duas ZPR 2 usando cabos blindados ou dutos blindados**

**Figura 3 – Exemplos para interligação de ZPR**

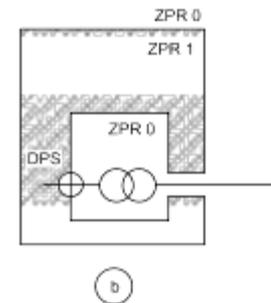
# ZPRs Estendidas



IEC 27711

NOTA Figura 4 a) mostra uma estrutura alimentada por um transformador. Se o transformador é localizado fora da estrutura, somente a linha de baixa tensão entrando na estrutura requer proteção por meio de um DPS.

## a) Transformador fora da estrutura (dentro de ZPR 0)

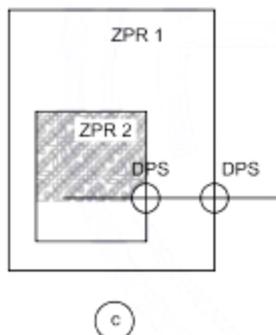


IEC 27711

NOTA Se o transformador é localizado dentro da estrutura e não tem um DPS instalado no lado MT (uma vez que ao proprietário da edificação frequentemente não é permitido adotar medidas no lado da média tensão), então a Figura 4 b) se aplica.

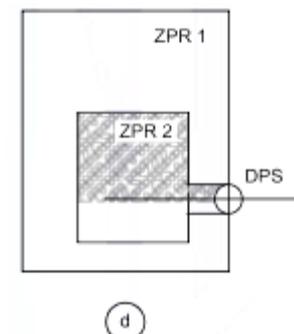
A Figura 4 b) mostra que o problema pode ser resolvido por se estender a ZPR 0 dentro da ZPR 1, o que novamente requer que DPS sejam instalados apenas no lado de baixa tensão.

## b) Transformador dentro da estrutura (ZPR 0 estendido dentro de ZPR 1)



NOTA Figura 4 c) mostra uma ZPR 2 alimentada por uma linha elétrica de energia ou sinal. Esta linha necessita 2 DPS coordenados: um na fronteira das ZPR 0/1, o outro na fronteira das ZPR 1/2.

## c) São necessários 2DPSs coordenados – DPS (entre as zonas 0/1) e DPS (entre zonas 1/2)



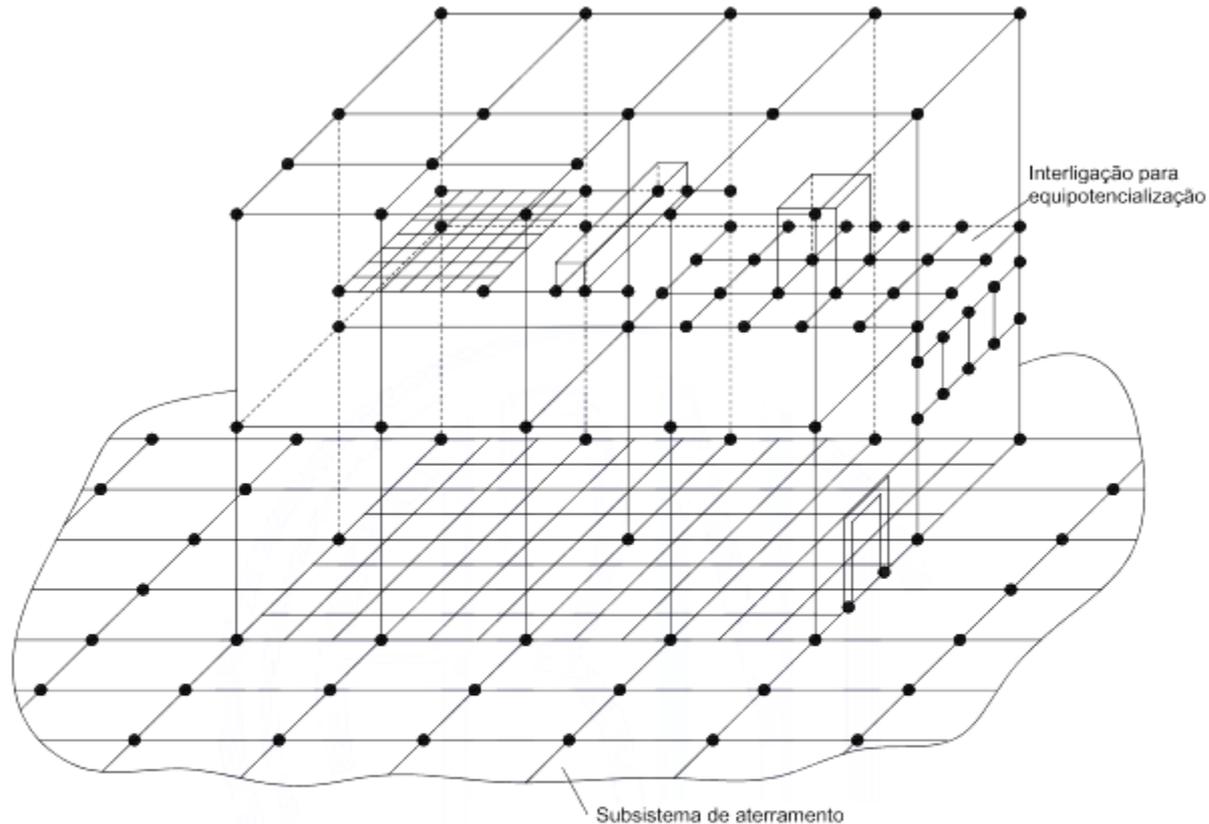
NOTA Figura 4 d) mostra que uma linha pode entrar imediatamente na ZPR 2 e, nessa condição, (se a ZPR 2 é estendida para a ZPR 1 usando cabos blindados ou dutos blindados para cabos) somente um DPS é necessário. Entretanto, este DPS precisa ser compatível para reduzir a ameaça imediatamente ao nível da ZPR 2.

## d) Somente um DPS é necessário – DPS (entre as zonas ZPR 0/2) (ZPR 2 estendido dentro de ZPR 1)

Figura 4 – Exemplos para ZPR estendidas

# MPS Básicas

## ✓ Aterramento e Equipotencialização

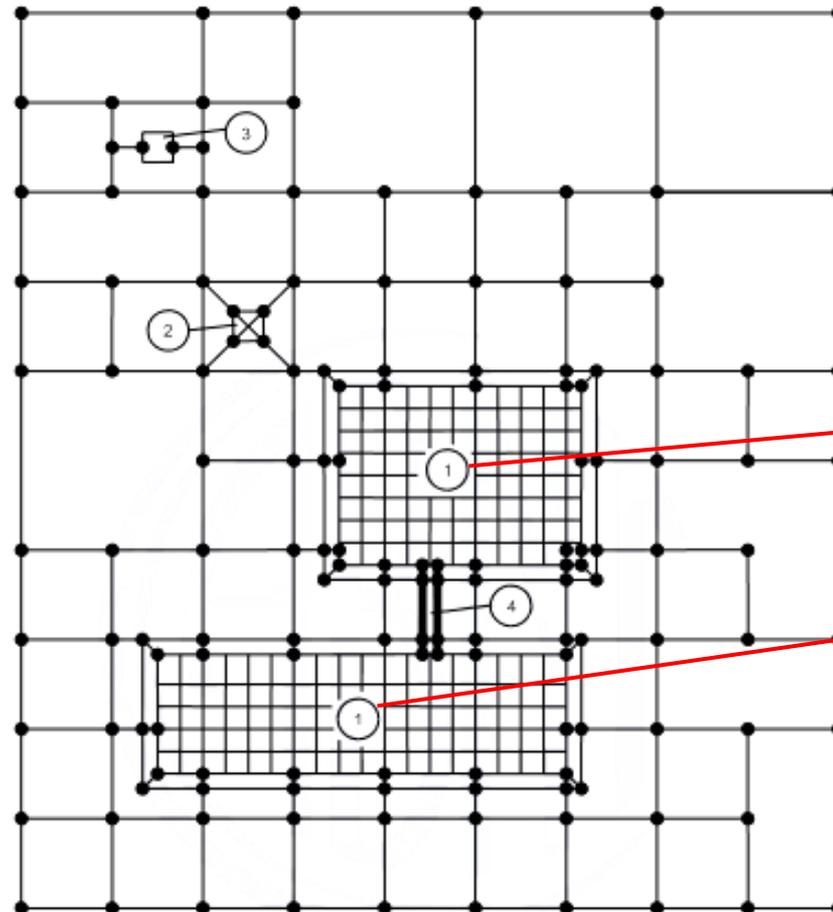


IEC 2774/10

NOTA Todos os condutores desenhados são elementos metálicos estruturais equipotencializados ou condutores de equipotencialização. Alguns deles podem servir para interceptar, conduzir e dispersar a corrente da descarga atmosférica para a terra.

**Figura 5 – Exemplo de um sistema de aterramento tridimensional consistindo em uma rede de equipotencialização, interligada com o subsistema de aterramento**

## - Subsistema de Aterramento



Diminuição da dimensão da malha para reduzir tensões de passo.

IEC 2775'

### Legenda

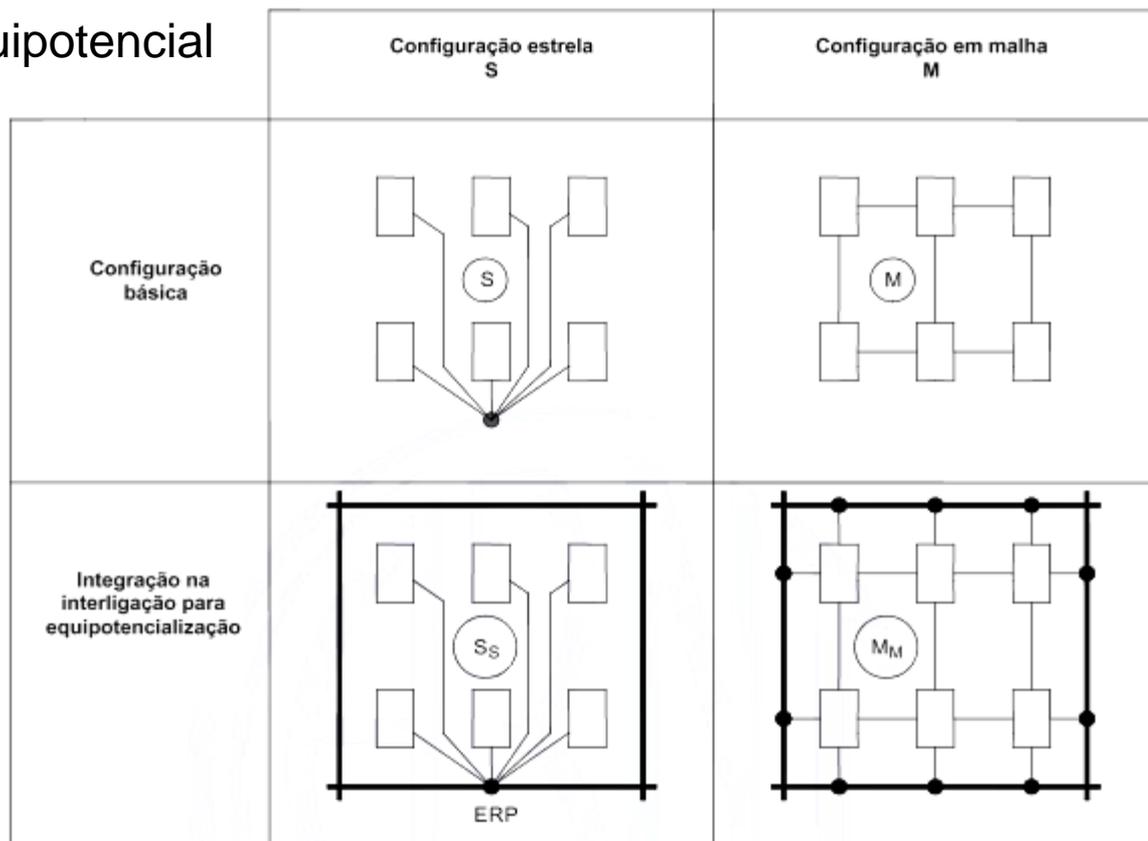
- 1 edificação com uma rede reforçada em forma de malha
- 2 torre no interior da planta
- 3 equipamento autônomo
- 4 bandeja de cabos

Figura 6 – Subsistema de aterramento em forma de malha de uma planta

# - Ligação Equipotencial

Configuração S:

- Componentes metálicos (gabinetes, caixas e armários) devem estar isolados do aterramento;
- Linhas entre os equipamentos devem correr paralelas entre si e próximos aos condutores de equipotencialização para evitar laços de indução;
- Deve ser utilizada onde sistemas internos estão em zonas pequenas e todas as linhas entram na zona no mesmo ponto



IEC 2778/10

### Legenda

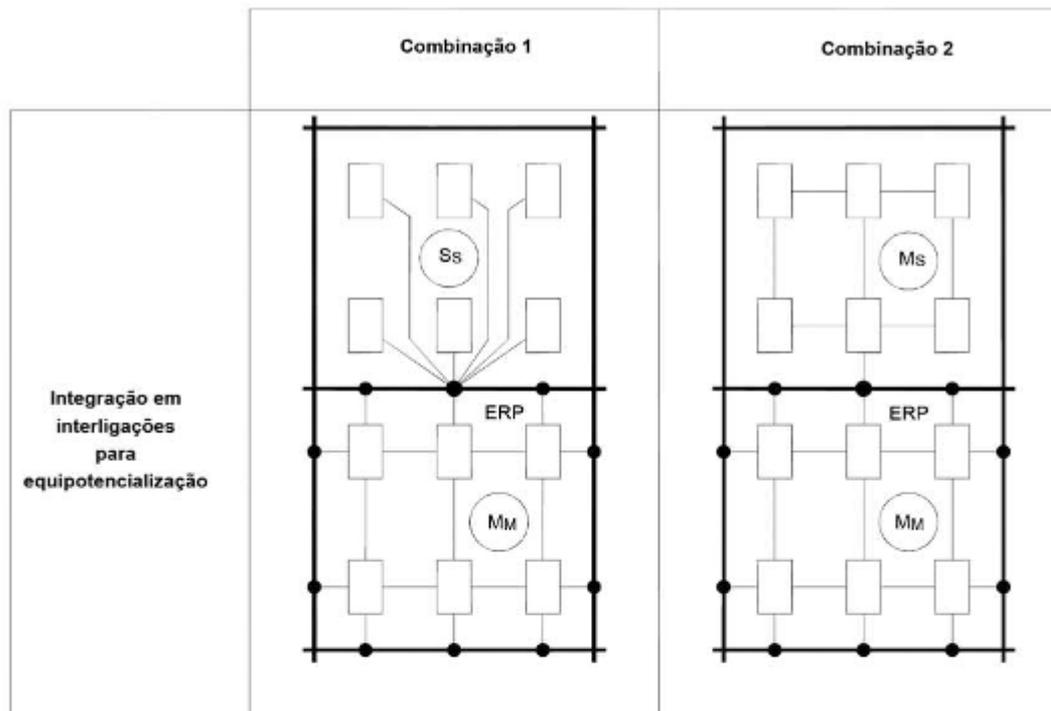
- barra para equipotencialização
- condutor para equipotencialização
- equipamento
- ponto de conexão para interligação para equipotencialização
- ERP ponto de referência para o sistema de aterramento
- S<sub>S</sub> configuração em estrela, integrada em um ponto "estrela"
- M<sub>M</sub> configuração em malha integrada em uma malha

Configuração M:

- Componentes metálicos (gabinetes, caixas e armários) devem estar equipotencializados em múltiplos pontos;
- Deve ser utilizada onde sistemas internos estão em zonas amplas ou sobre uma estrutura inteira e onde as linhas entram na zona em pontos distintos.

Figura 7 – Integração de partes condutoras de sistemas internos em uma interligação para equipotencialização

## - Equipotencialização combinada M e S



IEC 2773/10

### Legenda

- interligação para equipotencialização
- condutor para equipotencialização
- equipamento
- ponto de conexão para interligação para equipotencialização
- ERP** ponto de referência para o sistema de aterramento
- S<sub>S</sub>** configuração em estrela, integrada em um ponto "estrela"
- M<sub>M</sub>** configuração em malha integrada em uma malha
- M<sub>S</sub>** configuração em malha integrada em um ponto "estrela"

**Figura 8 – Combinação de métodos de integração de partes condutivas de sistemas internos na interligação para equipotencialização**

## - Equipotencialização em uma ZPR

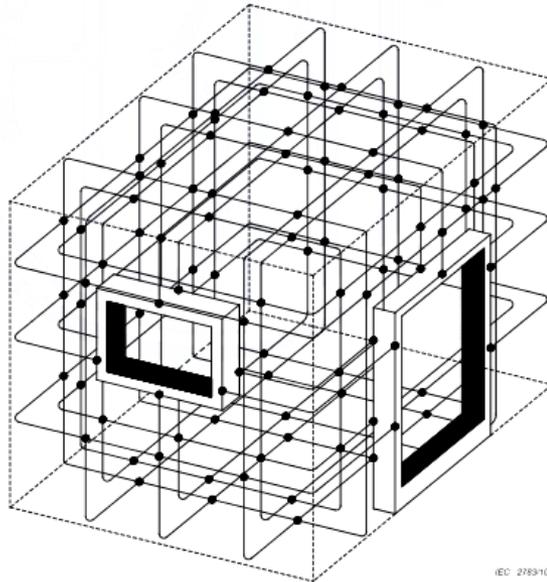
- Barra de equipotencialização deve estar instalada no ponto de entrada da zona;
- Preferencialmente, todas as linhas de utilidades devem adentrar no ponto de entrada para serem equipotencializadas;
- Caso haja entradas de linhas de utilidades em outros pontos da zona, aí, então, deve ser instalada uma barra de equipotencialização;
- As barras de equipotencialização devem estar interligadas entre elas. Para facilitar, pode-se lançar mão de uma barra em forma de anel (anel condutor) circundado a zona;
- DPS são necessários na entrada de uma ZPR e devem estar ligados à barra de equipotencialização;
- A barra de equipotencialização deve ser conectada ao subsistema de aterramento por rota mais curta e retilínea possível;
- DPS devem ter conexões as mais curtas possíveis (vide NBR5410);
- Os materiais e dimensões das barras e condutores devem seguir o especificado na Tabela 1;
- Do lado protegido da zona (interno), os efeitos de indução mútua devem ser minimizados pela diminuição da área do laço ou pela utilização de cabeamento ou duto blindado.

**Tabela 1 – Seção transversal mínima para componentes de equipotencialização**

Componentes da equipotencialização		Material <sup>a</sup>	Seção transversal mm <sup>2</sup>
Barras de equipotencialização (cobre, aço cobreado ou aço galvanizado)		Cu Fe	50 50
Condutores para conexão de barras de equipotencialização para o subsistema de aterramento		Cu Fe	50 80
Condutores para conexão entre barras de equipotencialização (Conduzindo total ou parte significativa da corrente da descarga atmosférica)		Cu Al Fe	16 25 50
Condutores para conexão de partes metálicas internas da instalação para as barras de equipotencialização (conduzindo uma parcela da corrente de raio)		Cu Al Fe	6 10 16
Condutores de aterramento para os DPS (conduzindo a totalidade ou parte significativa da corrente da descarga atmosférica) <sup>b</sup>	Classe I Classe II Classe III Outros DPS <sup>c</sup>	Cu	16 6 1 1
<p><sup>a</sup> Outros materiais utilizados devem ter seção transversal assegurando resistência mecânica e condutância equivalentes.</p> <p><sup>b</sup> Para DPS usados em aplicações de energia, informações adicionais de condutores para conexão são fornecidas na ABNT NBR 5410:2004, 6.3.5..</p> <p><sup>c</sup> Incluindo DPS usados em sistemas de sinal.</p>			

## ✓ Blindagem Espacial

- Pode cobrir toda a estrutura, uma parte dela, um cômodo ou gabinete de equipamento;
- Pode ser em forma de grade, blindagem metálica contínua ou utilizar “componentes naturais” da própria estrutura;
- Para grandes volumes, os componentes naturais como como armações metálicas nos tetos, paredes e pisos os telhados e as fachadas metálicas, que juntos, criam uma blindagem em forma de grade;
- - Para uma blindagem eficaz, é necessário que a largura típica seja menor que 5m.



### Legenda

- solda ou conexão mecânica em todas as junções de barras ou cruzamentos

NOTA Na prática, não é possível soldar ou conectar mecanicamente todos os pontos nas grandes estruturas. Entretanto, a maioria dos pontos naturalmente está conectada por contato direto ou por amarração de arames.

Se o SPDA externo for constituído por uma malha com largura superior a 5m, o efeito da blindagem deve ser desconsiderado.

**Figura A.3 – Blindagem para grandes volumes construída por armações ou estruturas metálicas**

Um dos objetivos da blindagem é a redução dos campos magnéticos irradiados dentro das ZPRs.

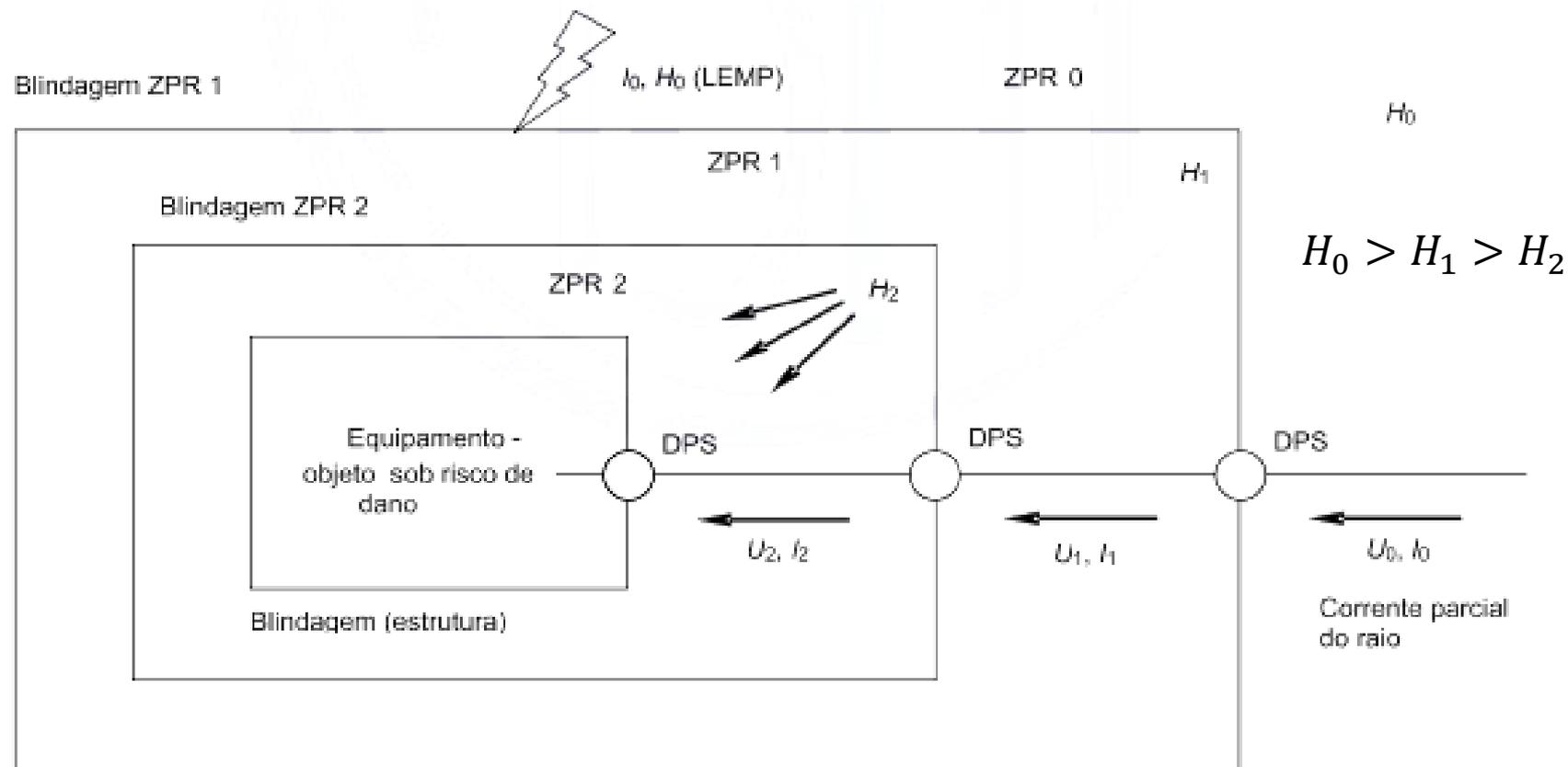
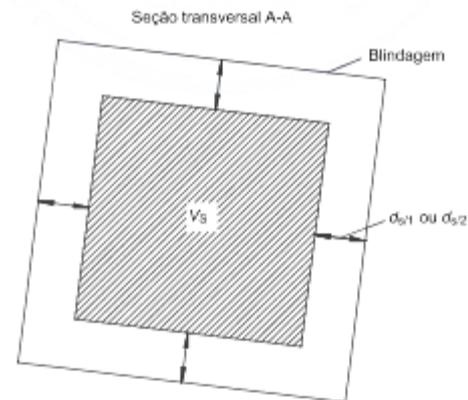
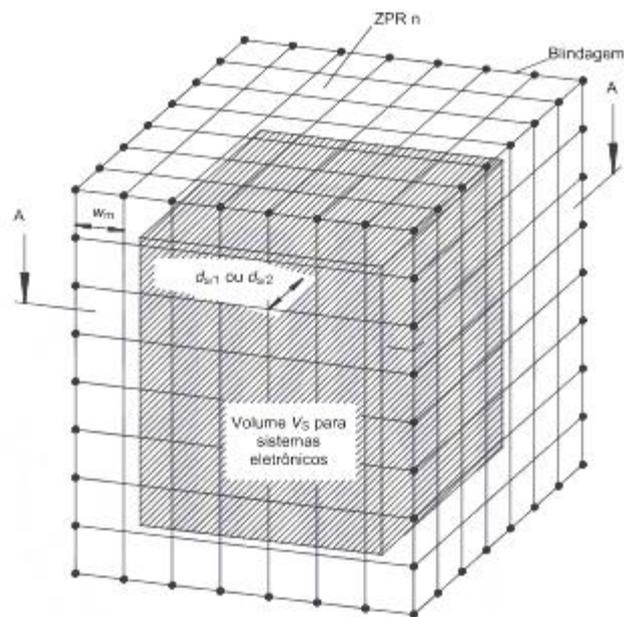


Figura A.1 – LEMP devido à descarga atmosférica

Os sistemas internos devem ficar dentro de um volume seguro, respeitando a distância de segurança da blindagem ZPR, pois, o campo magnético é mais alto próximo da blindagem.



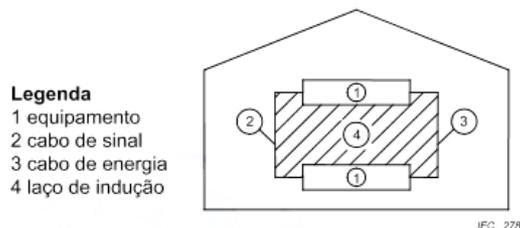
IEC 2784:10

NOTA O volume  $V_S$  deve manter uma distância de segurança  $d_{s/1}$  ou  $d_{s/2}$  da blindagem da ZPR n (ver A.4).

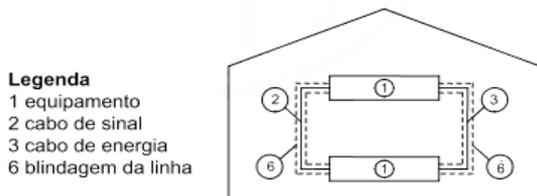
Figura A.4 – Volume para sistemas elétricos e eletrônicos dentro de uma ZPR n interna

## ✓ Roteamento das linhas

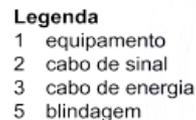
Os surtos induzidos dentro do sistema interno podem ser reduzidos através de um roteamento adequado das linhas, o que minimiza a área do "laço de indução". A utilização de cabos ou condutos metálicos equipotencializados também contribuem para atenuar os efeitos dos surtos.



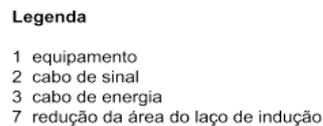
a) Sistema desprotegido



c) Reduzindo a influência do campo nas linhas por meio de blindagem



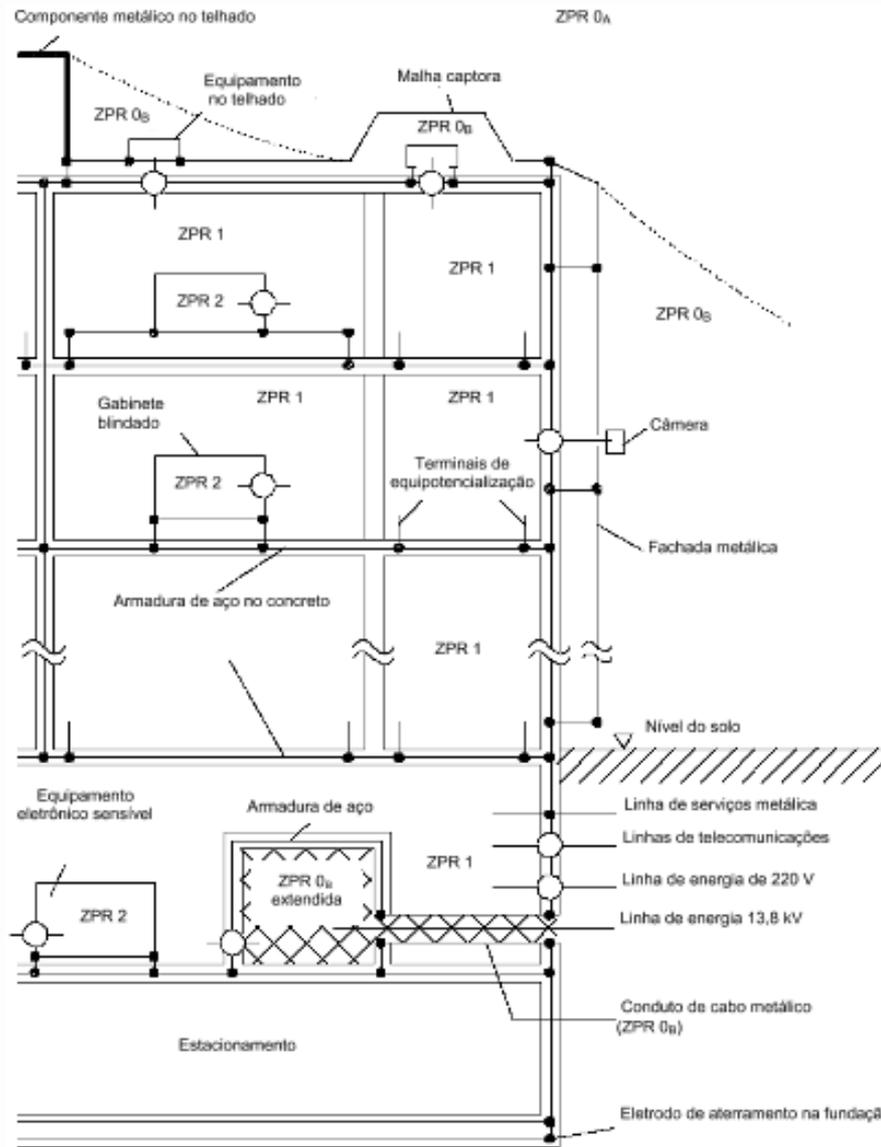
b) Reduzindo o campo magnético no interior de uma ZPR pela sua blindagem



d) Reduzindo a área do laço de indução por um roteamento adequado das linhas

**Figura A.5 – Redução dos efeitos da indução pelas medidas de roteamento e blindagem**

- O roteamento dos condutores deve ser o mais próximo possível dos componentes metálicos da interligação para equipotencialização;
- Cabos que interligam estruturas separadas devem estar em condutos metálicos e equipotencializados nas duas extremidades;
- Cabos com blindagem, se a mesma tiver capacidade para conduzir parcela da corrente de descarga prevista não necessitam de condutos metálicos



ec :

### Legenda

- Interligação para equipotencialização
- dispositivo de proteção contra surtos (DPS)

Figura A.6 – Exemplo de MPS para um prédio de escritórios