



Universidade de São Paulo
B R A S I L




Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas

ABNT NBR 5419/2015
PARTES 1, 2, 3 e 4



IEE USP

INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

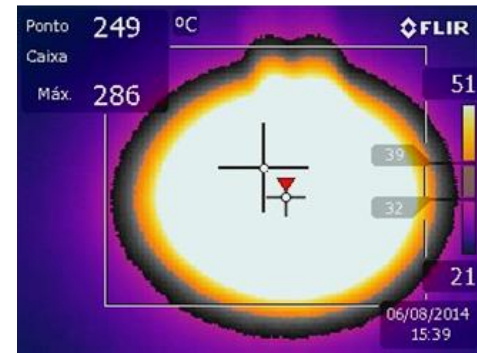
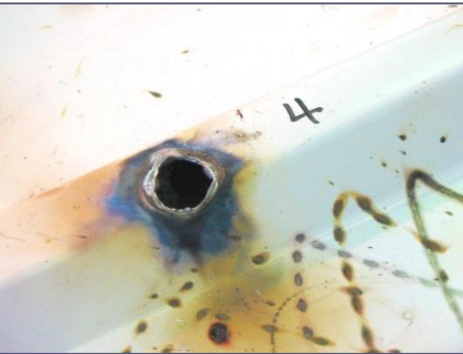


A necessidade de proteger um dado edifício contra descargas atmosféricas ou é uma exigência legal ou é uma consequência da experiência dos proprietários que desejam evitar a destruição total ou parcial de sua propriedade ou dos bens nela contido.

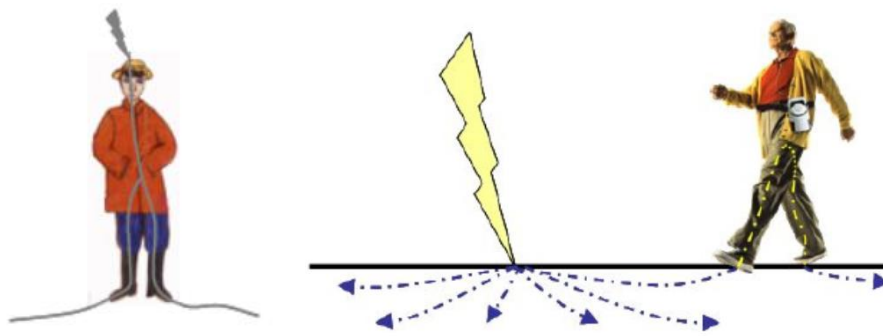
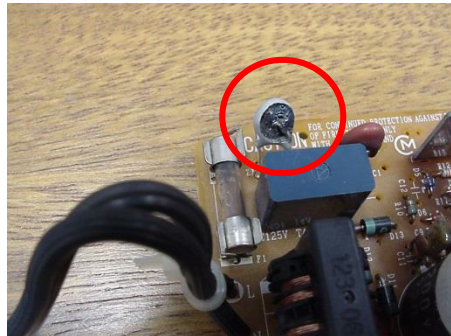
No Brasil é uma exigência legal fixada pelos códigos de obras municipais.



Principais Danos

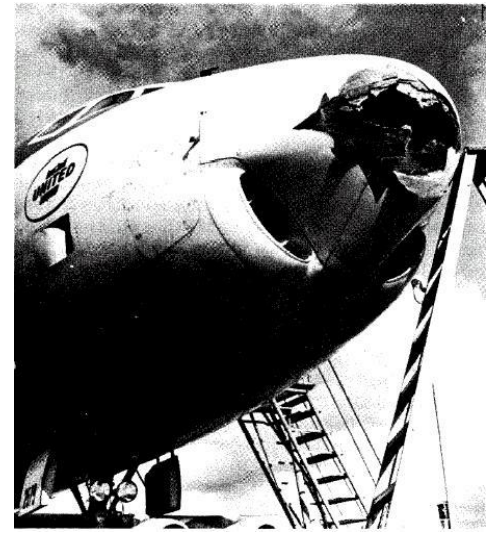
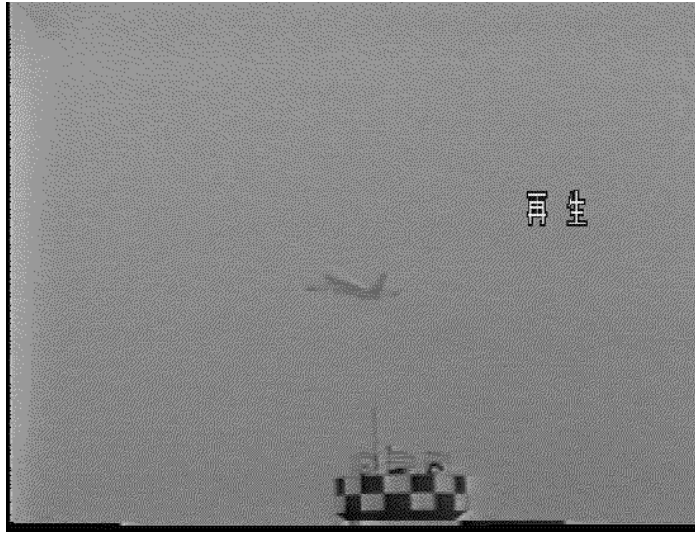


Principais Danos



Principais Danos





NORMA
BRASILEIRA

ABNT NBR
5419

Segunda edição
29.07.2005

Válida a partir de
29.08.2005

42 pgs

Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas

Protection of structures against lightning – Procedure

67 pgs



NORMA
BRASILEIRA

ABNT NBR
5419-2

Primeira edição
22.05.2015
Válida a partir de
22.06.2015

Proteção contra descargas atmosféricas
Parte 2: Gerenciamento de risco

Lightning protection
Part 2: Risk management

ICS 91.120.40

ISBN 978-85-07-05502-0



ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA
DE NORMAS
TECNICAS

Número de referência
ABNT NBR 5419-2:2015
104 páginas

© ABNT 2015

104 pgs

NORMA
BRASILEIRA

ABNT NBR
5419-3

Primeira edição
22.05.2015
Válida a partir de
22.06.2015

Proteção contra descargas atmosféricas
Parte 3: Danos físicos a estruturas e perigos à vida

Lightning protection
Part 3: Physical damage to structures and life hazard

ICS 91.120.40

ISBN 978-85-07-05503-7



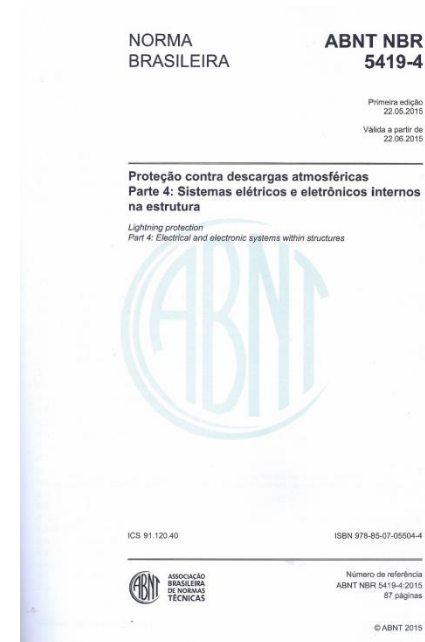
ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA
DE NORMAS
TECNICAS

Número de referência
ABNT NBR 5419-3:2015
51 páginas

© ABNT 2015

51 pgs

87 pgs



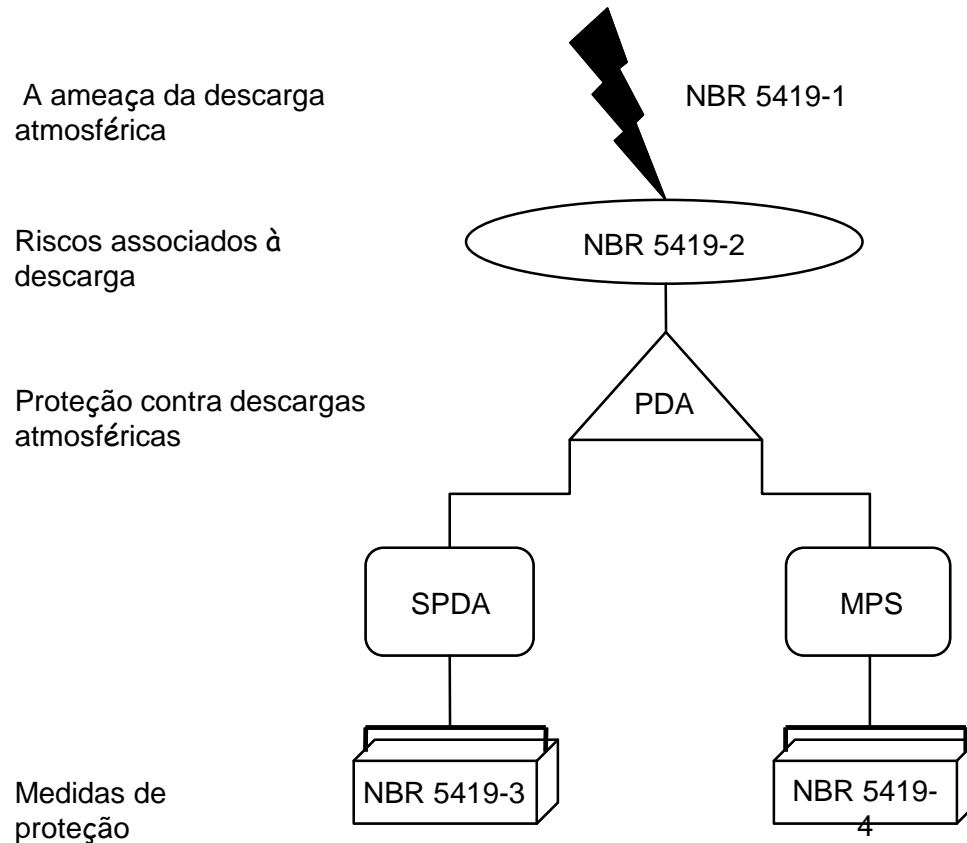
Total (4 partes) : 309 pgs

Válida a partir
de 22/06/2015

ABNT NBR 5419 – 1

PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

PARTE 1: PRINCÍPIOS GERAIS



Sistema de proteção contra descargas atmosféricas (lightning protection system) SPDA (LPS)

Sistema utilizado para reduzir danos físicos devido às descargas atmosféricas em uma estrutura.

NOTA: Um SPDA consiste de sistemas externo e interno de proteção contra descargas atmosféricas.

- **SPDA externo** (*external lightning protection system*)

Parte do SPDA composto pelos subsistemas de captação, descida e aterramento.

- **SPDA interno** (*internal lightning protection system*)

Parte do SPDA consistindo de ligações equipotenciais e/ou isolamento elétrica do SPDA externo

MEDIDAS DE PROTEÇÃO CONTRA SURTOS (MPS):

- ATERRAMENTO E EQUIPOTENCIALIZAÇÃO
- BLINDAGEM MAGNÉTICA (ESPACIAL E LINHAS)
- ROTEAMENTO DE LINHAS
- COORDENAÇÃO DE DPS
- INTERFACES ISOLANTES

FONTE DE DANOS

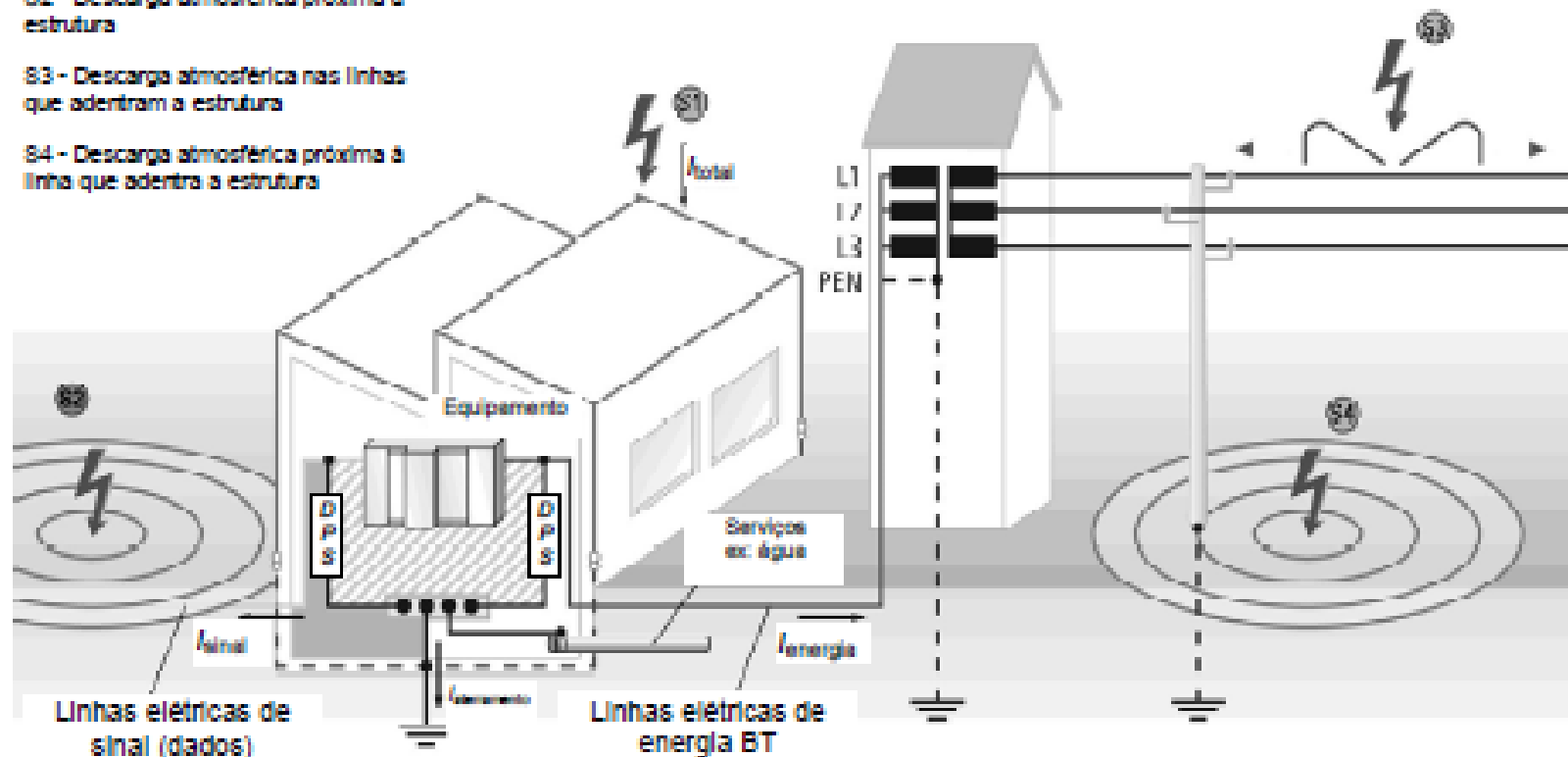
Fontes de danos:

S1 - Descarga atmosférica na estrutura

S2 - Descarga atmosférica próxima à estrutura


S3 - Descarga atmosférica nas linhas que adentram a estrutura

S4 - Descarga atmosférica próxima à linha que adentra a estrutura



IEC 2813/10

Figura D.2 – Exemplo básico de diferentes fontes de danos a uma estrutura e de distribuição da corrente da descarga atmosférica dentro de um sistema



Gerenciamento de Risco de acordo com a NBR 5419-2 2015

110 Parâmetros (entre dados de entrada e calculados)



SPDA

Níveis de Proteção

NÍVEL I

Estruturas com risco confinado: estações de telecomunicações, usinas elétricas;

Estruturas com risco para os arredores: refinarias, postos de combustíveis, fábricas de fogos ou munição;

Estruturas com risco para o meio ambiente: indústrias químicas, usinas nucleares, laboratórios bioquímicos.

NÍVEL II

Estruturas comuns: teatros, escolas, lojas de departamentos, áreas esportivas, igrejas, bancos, companhias de seguro, hospitais, casas de repouso, prisões, museus, locais arqueológicos

NÍVEL III

Estruturas comuns: residências, fazendas, estabelecimentos agropecuários, industriais em geral.

NÍVEL IV

Estruturas comuns: construídas com materiais não inflamáveis e com pouco acesso de pessoal, contendo no seu interior materiais também não inflamáveis.

TIPO DE PERDAS




L1 - Perda de vidas humanas

L2 - Perda de instalação de serviço ao público

L3 - Perda de memória cultural

L4 - perda de valor econômico (estrutura e seu conteúdo, instalação de serviço e perda de atividade).



Riscos a serem avaliados em uma estrutura :

R1: risco de perda de vida humana

R2: risco de perda de instalação de serviço ao público

R3: risco de perda de memória cultural

R4: risco de perda de valor econômico

RISCO É O VALOR DE UMA PROVÁVEL PERDA MÉDIA ANUAL (VIDA E BENS) DEVIDO ÀS DESCARGAS ATMOSFÉRICAS, EM RELAÇÃO AO VALOR TOTAL (VIDA E BENS) DO OBJETO A SER PROTEGIDO

ESTE RISCO DEPENDE DE:

- o número anual de descargas atmosféricas que influenciam a estrutura;
- a probabilidade de dano por uma das descargas atmosféricas que influenciam;
- a quantidade média das perdas causadas.

Componentes do risco

RA: componente devido a tensões de passo e de toque em distâncias até 3 m do lado de fora da estrutura: L1 para seres humanos e L4 para o caso de estrutura com animais

RB: componente relacionado com os danos físicos causados por centelhamentos que iniciam explosões. Podem ocorrer todos os tipos de perdas: L1, L2, L3 e L4.

RC: componente devido à falha de sistemas internos causados por LEMPs (pulsos eletromagnéticos devido aos raios). Podem ocorrer perdas L2 e L4 em todos os casos e L1 quando há risco de explosões, ou em hospitais e estruturas com riscos análogos.

RM - Falha de sistemas internos causada por LEMP

RU - Relacionado a ferimentos por tensão de toque e passo dentro da estrutura

RV - Danos físicos por incêndio ou explosão devida a centelhamento

RW – Falhas de sistemas internos por sobretensões induzidas nas linhas que adentram a estrutura

RZ – Idem, porem em estrutura com risco de explosão, hospitais e outras com riscos de vida por falha de sistemas internos

Composição dos riscos relacionados a uma estrutura:

- R1: risco de perdas de vidas humanas:

$$R1 = R_A + R_B + R_C + R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z$$

- R2: risco de perda de instalação de serviço ao público:

$$R2 = R_B + R_C + R_M + R_V + R_W + R_Z$$

- R3: risco de perda de memória cultural:

$$R3 = R_B + R_V$$

- R4: risco de perda de valor econômico:

$$R4 = R_A + R_B + R_C + R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z$$

$$R_x = N_x \times P_x \times L_x$$

EQUAÇÃO BÁSICA

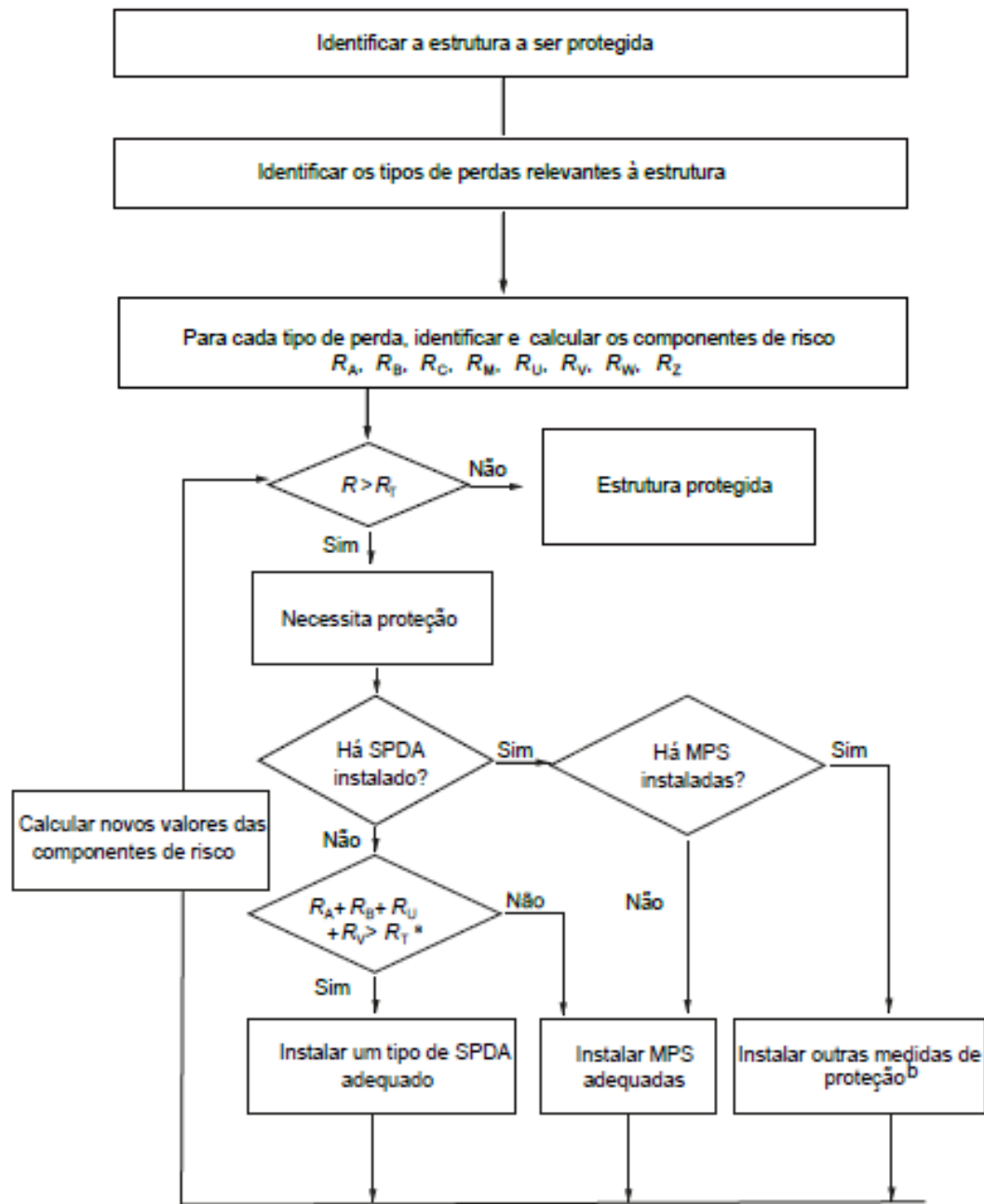
N_x é o número de eventos perigosos por ano

P_x é a probabilidade de danos a estrutura

L_x é a conseqüente perda

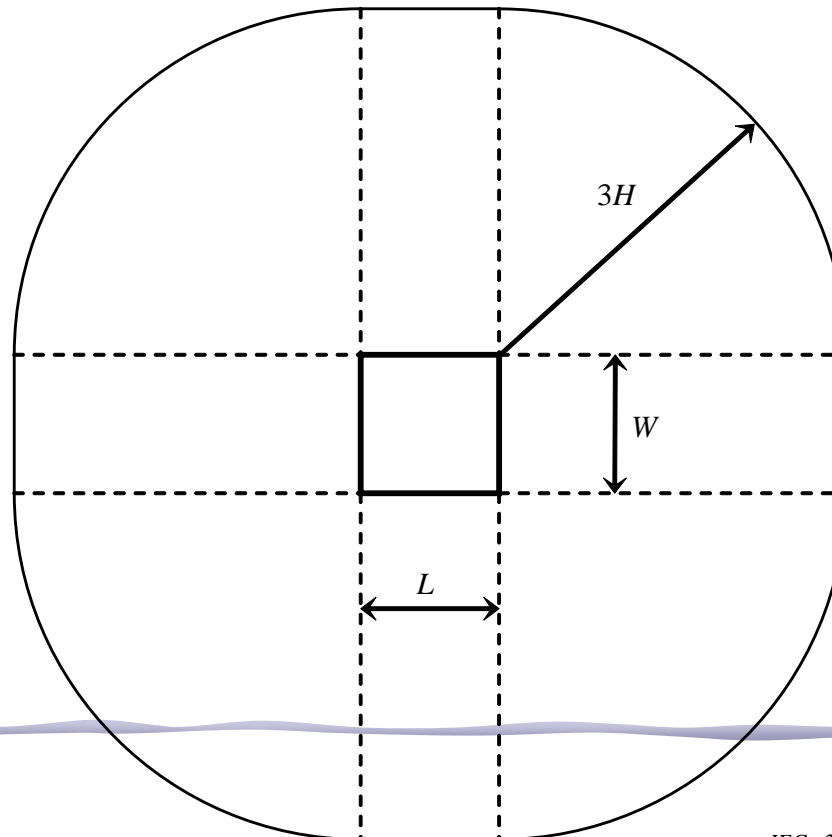
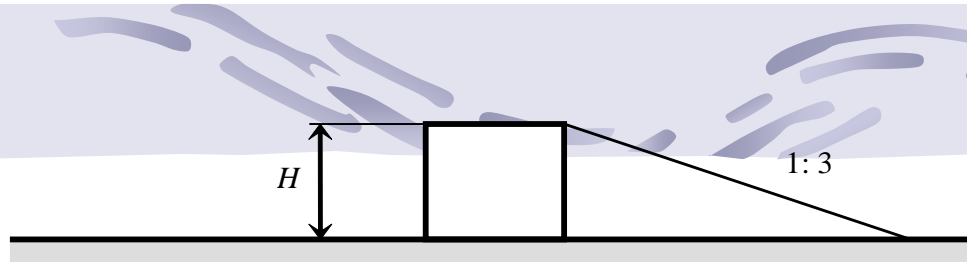
Tabela 4 – Valores típicos de risco tolerável *RT*

Tipo de perda		<i>RT</i> (y-1)
L1	Perda de vida humana ou ferimentos permanentes	10-5
L2	Perda de serviço ao público	10-3
L3	Perda de patrimônio cultural	10-4

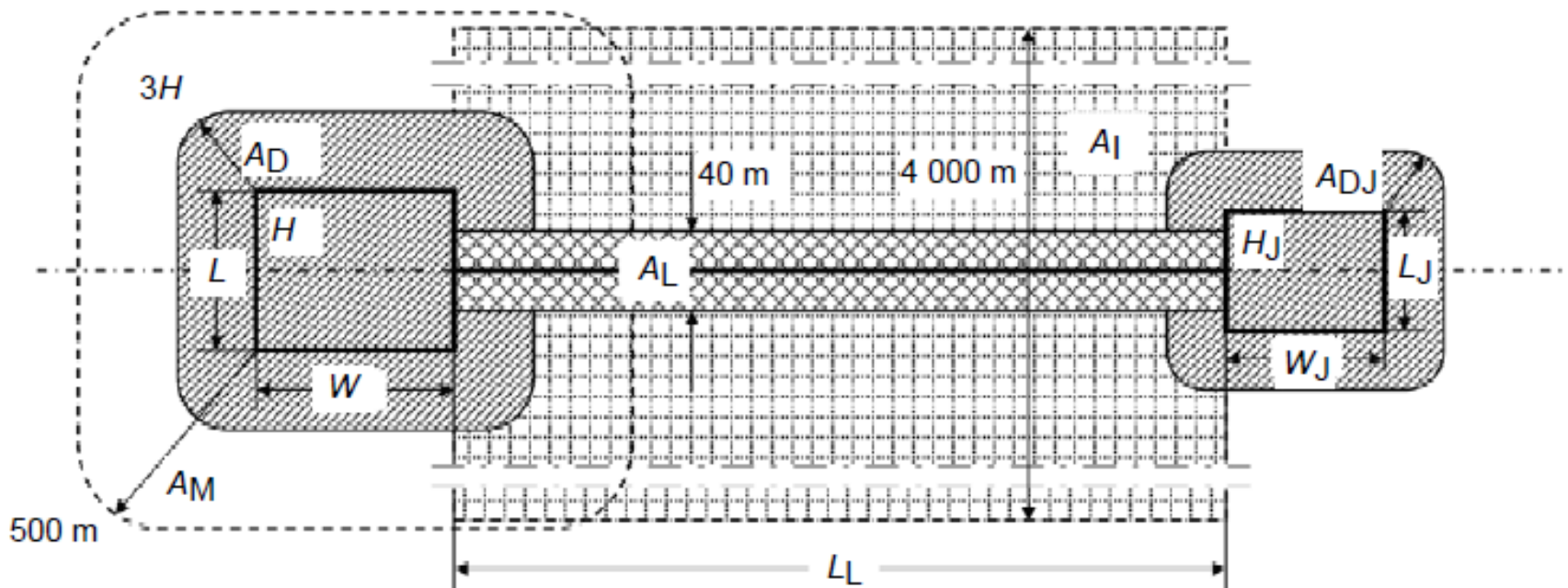


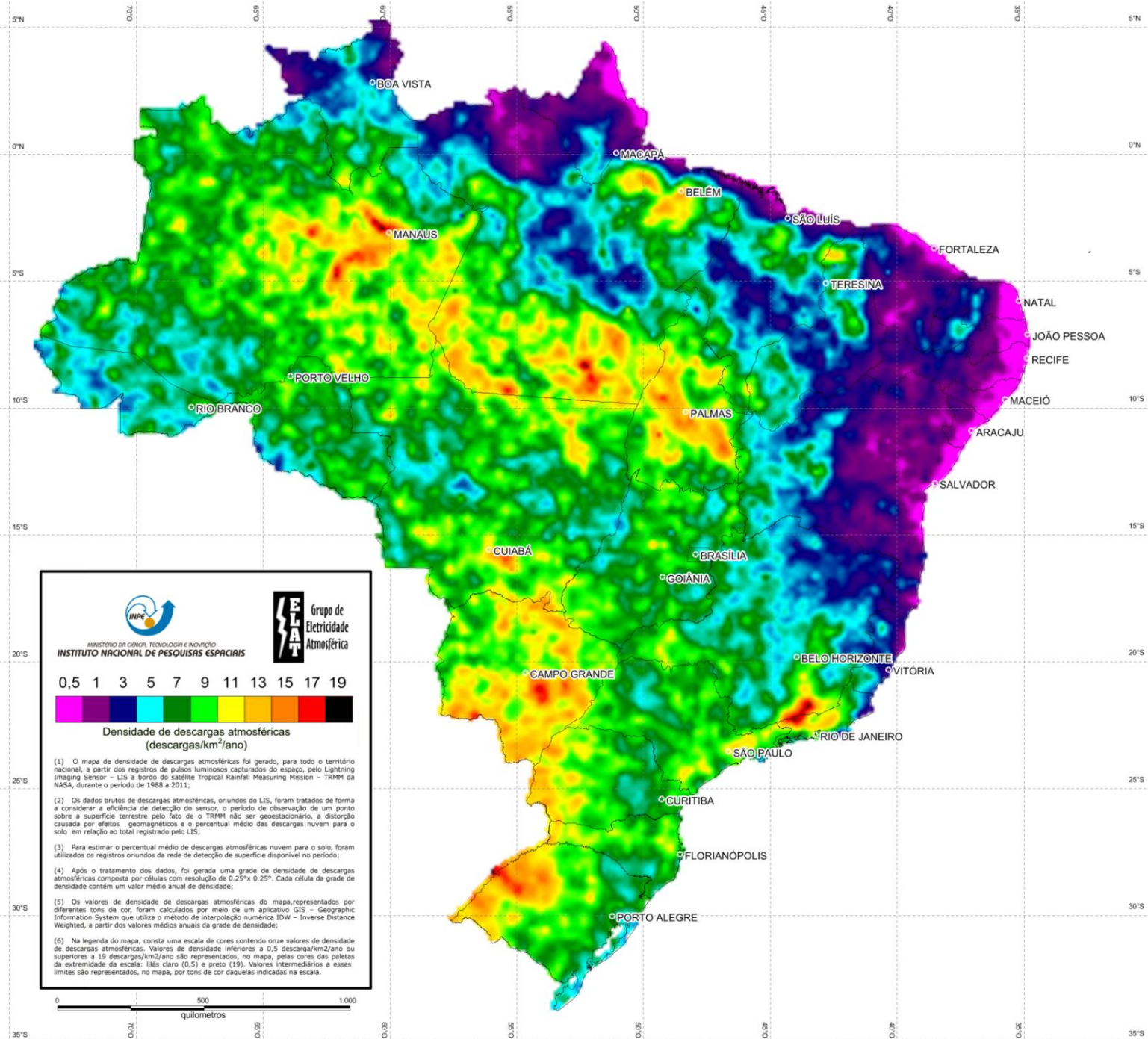
PROCEDIMENTO PARA DECISÃO DA NECESSIDADE DA PROTEÇÃO E PARA SELECIONAR AS MEDIDAS DE PROTEÇÃO

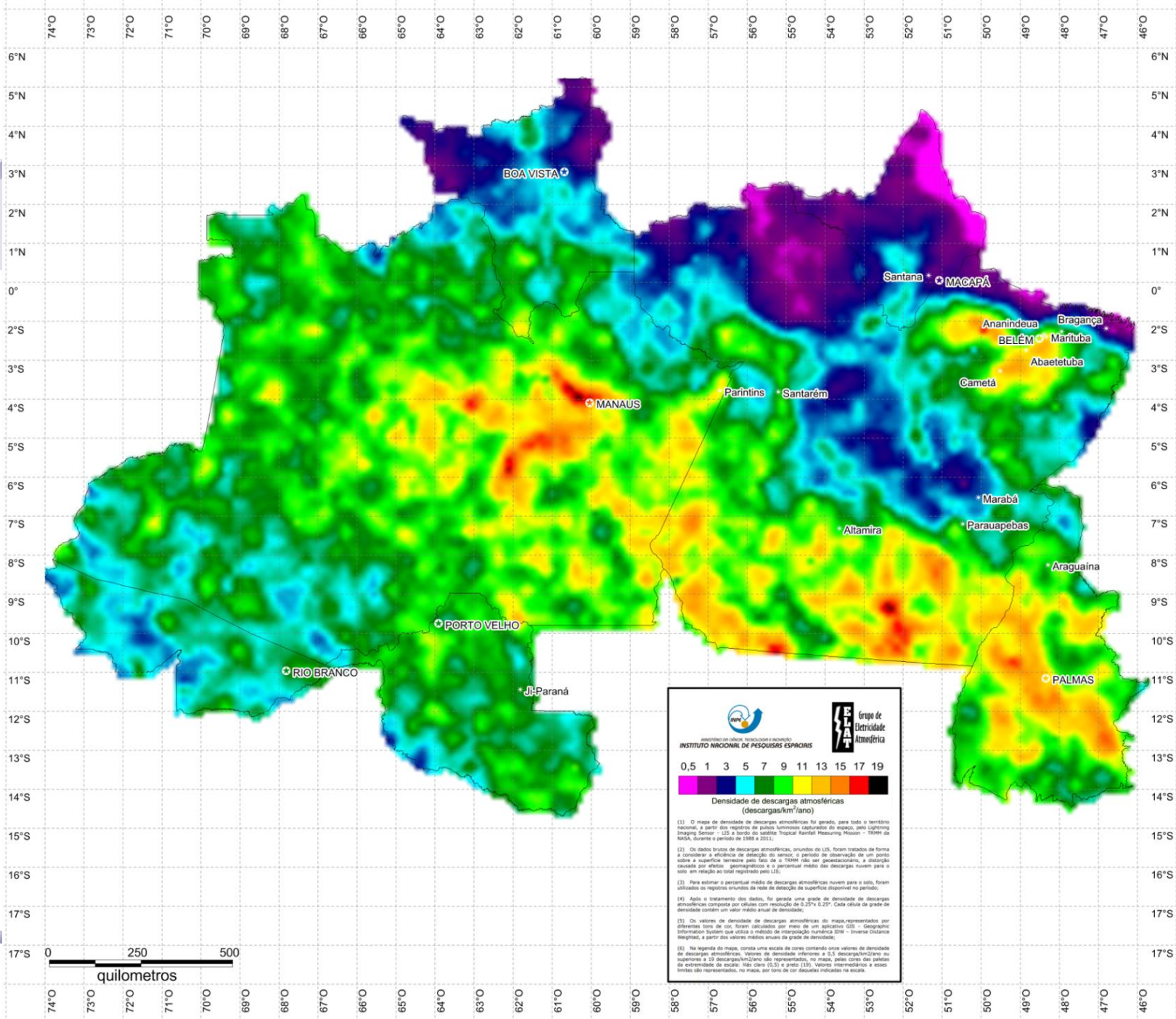
ÁREA DE EXPOSIÇÃO EQUIVALENTE



Áreas de exposição (A_d , A_m , A_i , A_l)







(1) O mapa de densidade de descargas atmosféricas foi gerado, para todo o território nacional, a partir dos registros de pontos terrestres capturados da estação, pelo sistema Imaging Sensor - LIS a bordo do satélite Tropical Rainfall Measuring Mission - TRMM de 1998, durante o período de 1998 a 2011.

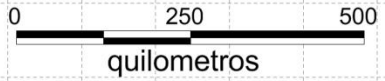
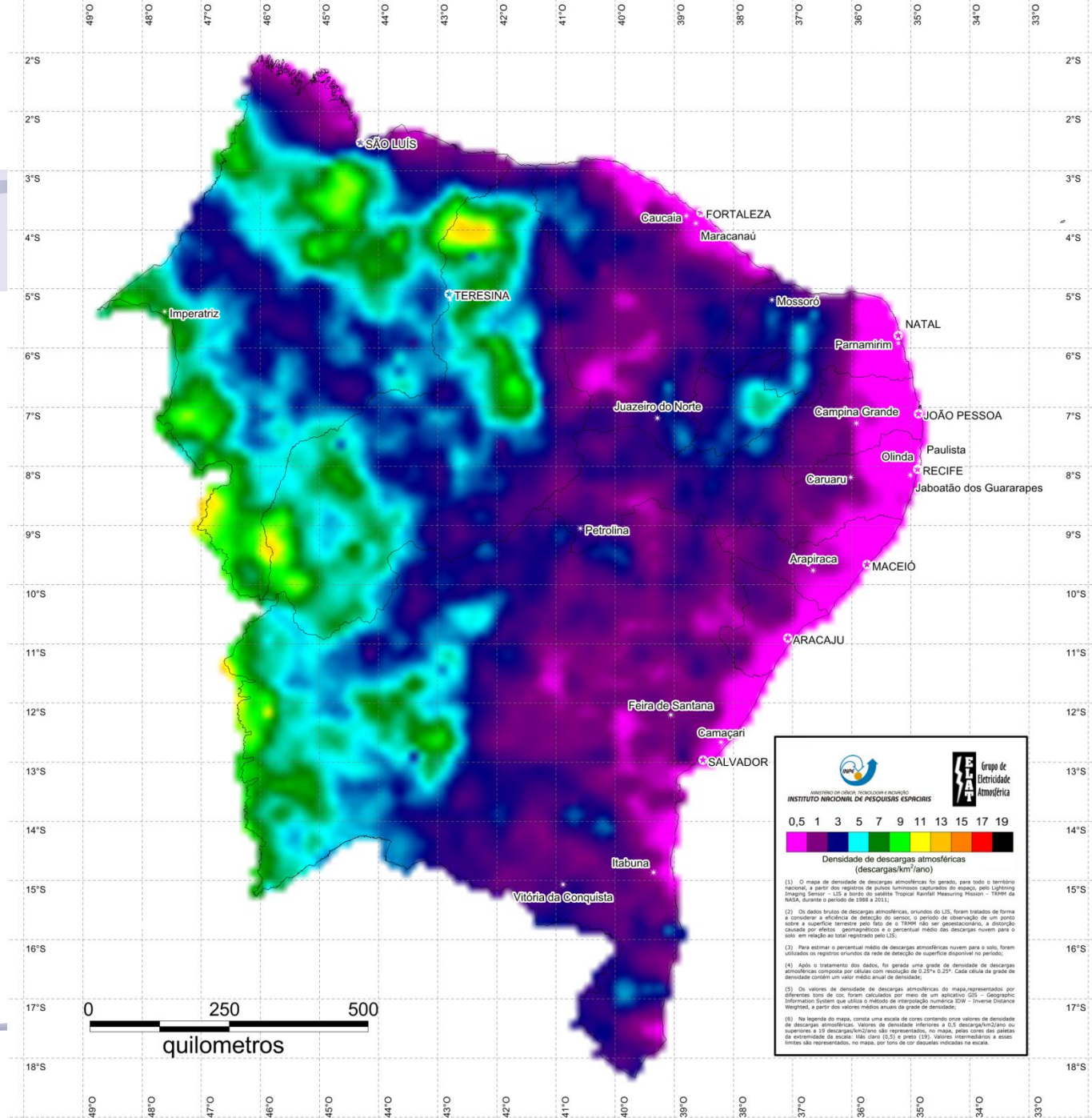
(2) Os dados brutos de descargas atmosféricas, oriundos do LIS, foram tratados de forma a considerar a eficiência de detecção do sensor; o período de observação de um ponto sobre a superfície terrestre pelo fato de o TRMM não ser geoestacionário; a distorção causada por efeitos geométricos e o percentual médio das descargas nuvem para o solo em relação ao total registrado pelo LIS.

(3) Para estimar o percentual médio de descargas atmosféricas nuvem para o solo, foram utilizados os registros oriundos de rede de detecção de superfície disponível no período.

(4) Após o tratamento dos dados, foi gerada uma grade de densidade de descargas atmosféricas composta por valores com resolução de 0,25°x 0,25°. Cada célula da grade de densidade contém um valor médio anual de densidade.

(5) Os valores de densidade de descargas atmosféricas do mapa, representados por diferentes tons de cor, foram calculados por meio de um histograma GIS - Geographic Information System que utiliza o método de interpolação linear IDW - Inverse Distance Weighted, a partir dos valores médios anuais da grade de densidade.

(6) Na legenda do mapa, consta uma escala de cores contendo onze valores de densidade de descargas atmosféricas. Valores de densidade inferiores a 0,5 (descargas/km²/ano) ou superiores a 19 (descargas/km²/ano) são representados, no mapa, pelas cores das pontas de extremidade da escala: lila claro (0,5) e preto (19). Valores intermediários e essas pontas são representados, no mapa, por tons de cor das escalas indicadas na escala.

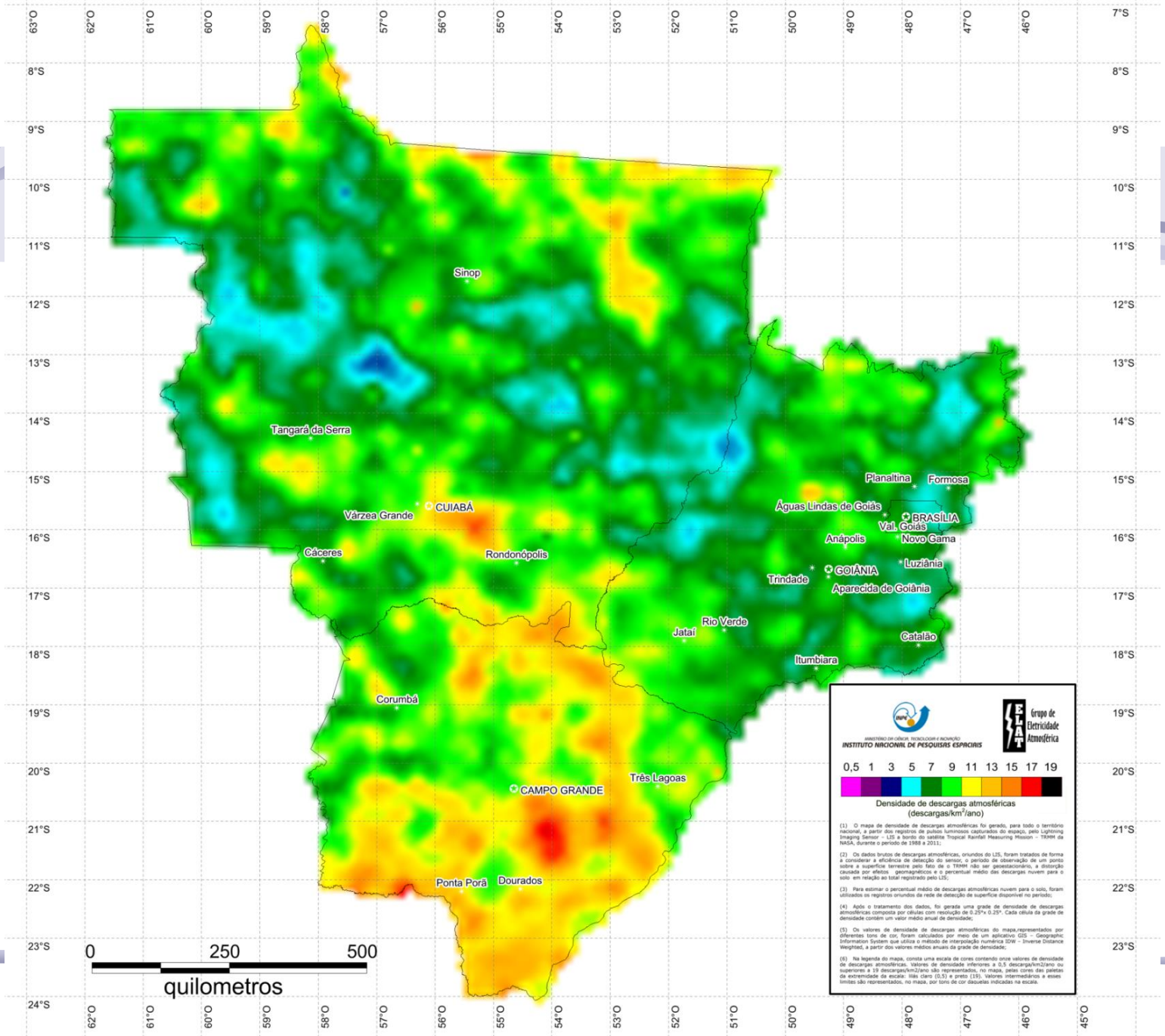


INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPaciaIS
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

0,5	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19

Densidade de descargas atmosféricas (descargas/km²/ano)

- (1) O mapa de densidade de descargas atmosféricas foi gerado, para todo o território nacional, a partir dos registros de ações atmosféricas capturados do espaço, pelo Lightning Imaging Sensor - LIS, a bordo do satélite Tropical Rainfall Measuring Mission - TRMM da NASA, durante o período de 1998 a 2011;
- (2) Os dados brutos de descargas atmosféricas, oriundos do LIS, foram tratados de forma a considerar a eficiência de detecção do tempo, o período de observação de um ponto sobre a superfície terrestre pelo fato de o TRMM não ser geostacionário, a distorção causada por reflexos geomagnéticos e o percentual médio das descargas nuvem para o solo em relação ao total registrado pelo LIS;
- (3) Para estimar o percentual médio de descargas atmosféricas nuvem para o solo, foram utilizadas as registros oriundos da rede de detecção de superfície disponível no período;
- (4) Após o tratamento dos dados, foi gerada uma grade de densidade de descargas atmosféricas composta por células com resolução de 0,25° x 0,25°. Cada célula da grade de densidade contém um valor médio anual de densidade;
- (5) Os valores de densidade de descargas atmosféricas do mapa, representados por diferentes tons de cor, foram calculados por meio de um aplicativo GIS - Geographic Information System que utiliza o método de interpolação numérica IDW - Inverse Distance Weighting, a partir dos valores médios anuais de densidade;
- (6) Na legenda do mapa, consta uma escala de cores contendo onze valores da densidade de descargas atmosféricas. Valores de densidade inferiores a 0,5 descargas/km²/ano ou superiores a 19 descargas/km²/ano são representados, no mapa, pelos cores das caixetas da extremidade da escala: háis claro (0,5) e preto (19). Valores intermediários a esses limites são representados, no mapa, por tons de cor desenhados indicados na escala.





INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPaciaIS

Grupo de Eletricidade Atmosférica

0,5 1 3 5 7 9 11 13 15 17 19

Densidade de descargas atmosféricas (descargas/km²/ano)

(1) O mapa de densidade de descargas atmosféricas foi gerado, para todo o território nacional, a partir dos registros de pulso luminoso capturados do espaço, pelo Lightning Imaging Sensor - LIS a bordo do satélite Tropical Rainfall Measuring Mission - TRMM da NASA, durante o período de 1998 a 2011.

(2) Os dados brutos de descargas atmosféricas, oriundos do LIS, foram tratados de forma a considerar a eficiência de detecção do sensor, o período de observação de um ponto sobre a superfície terrestre pelo LIS e o TRMM na sua geometria orbital, a distância causada por efeitos geomagnéticos e o percentual médio das descargas nuvem para o solo em relação ao total registrado pelo LIS.

(3) Para estimar o percentual médio de descargas atmosféricas nuvem para o solo, foram utilizados os registros oriundos de rede de detecção de superfície disponível no período.

(4) Após o tratamento dos dados, foi gerada uma grade de densidade de descargas atmosféricas composta por células com resolução de 0,25°x 0,25°. Cada célula do mapa de densidade contém um valor médio anual de densidade.

(5) Os valores de densidade de descargas atmosféricas do mapa representados por diferentes tons de cor, foram calculados por meio de um aplicativo GIS - Geographic Information System que utiliza o método de interpolação numérica IDW - Inverse Distance Weighting, a partir dos valores médios anuais da grade de densidade.

(6) Na legenda do mapa, consta uma escala de cores contendo onze valores de densidade de descargas atmosféricas. Valores de densidade inferiores a 0,5 descargas/km²/ano ou superiores a 19 descargas/km²/ano não representados, no mapa, pelas cores das grades de extremidade da escala: lilás claro (0,5) e preto (19). Valores intermediários e seus limites são representados, no mapa, por tons de cor decrescentes na escala.

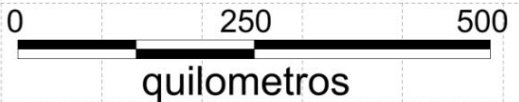
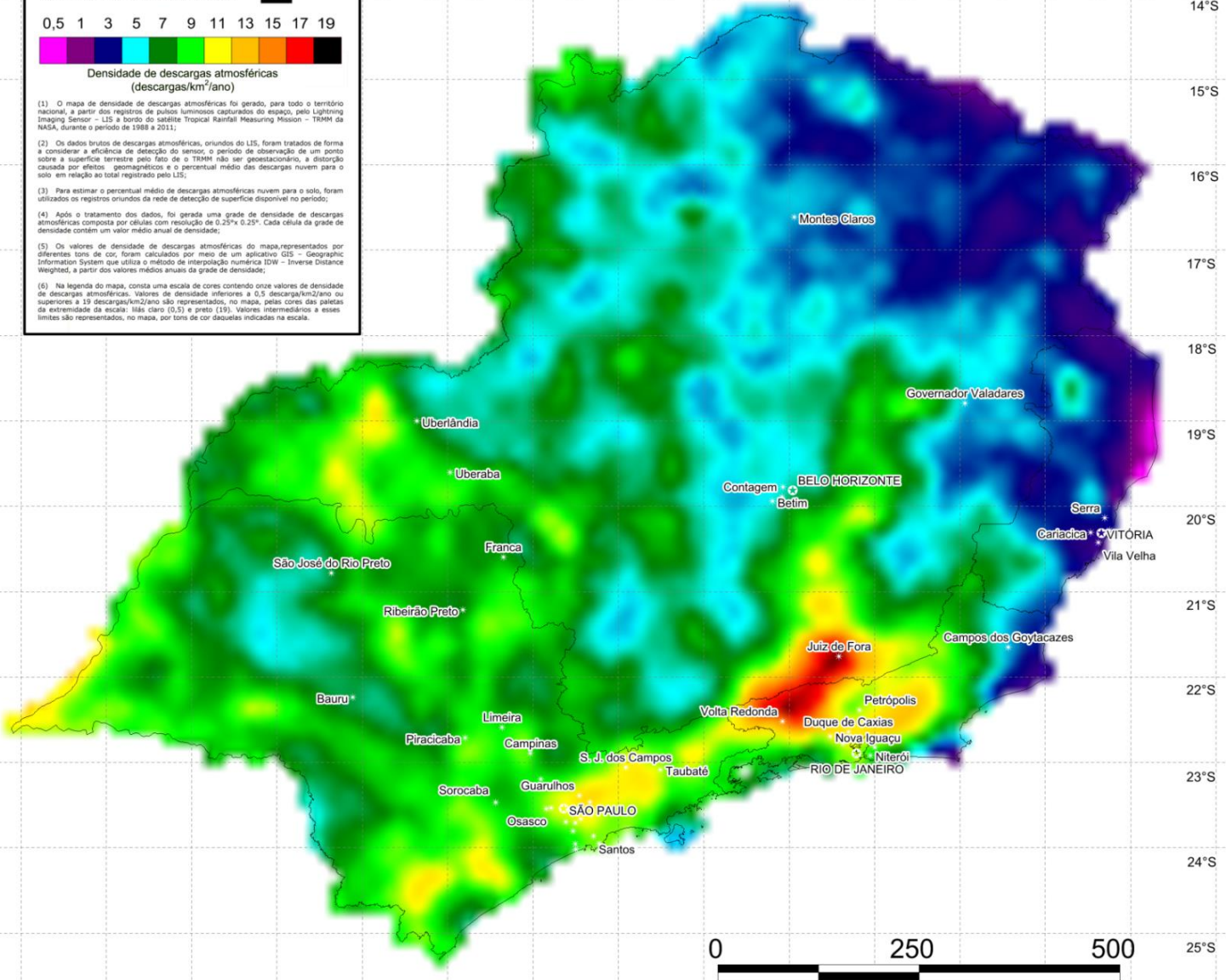


Grupo de Eletricidade Atmosférica

Densidade de descargas atmosféricas (descargas/km²/ano)

0,5	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
-----	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----

- O mapa de densidade de descargas atmosféricas foi gerado, para todo o território nacional, a partir dos registros de pulsos luminosos capturados do espaço, pelo Lightning Imaging Sensor - LIS a bordo do satélite Tropical Rainfall Measuring Mission - TRMM da NASA, durante o período de 1998 a 2011;
- Os dados brutos de descargas atmosféricas, oriundos do LIS, foram tratados de forma a considerar a eficiência de detecção do sensor, o período de observação de um ponto sobre a superfície terrestre pelo fato de o TRMM não ser geostacionário, a distorção causada por efeitos geomagnéticos e o percentual médio das descargas nuvem para o solo em relação ao total registrado pelo LIS;
- Para estimar o percentual médio de descargas atmosféricas nuvem para o solo, foram utilizados os registros oriundos da rede de detecção de superfície disponível no período;
- Após o tratamento dos dados, foi gerada uma grade de densidade de descargas atmosféricas composta por células com resolução de 0,25°x 0,25°. Cada célula da grade de densidade contém um valor médio anual de densidade;
- Os valores de densidade de descargas atmosféricas do mapa, representados por diferentes tons de cor, foram calculados por meio de um aplicativo GIS - Geographic Information System que utiliza o método de interpolação numérica IDW - Inverse Distance Weighted, a partir dos valores médios anuais da grade de densidade;
- Na legenda do mapa, consta uma escala de cores contendo onze valores de densidade de descargas atmosféricas. Valores de densidade inferiores a 0,5 descargas/km²/ano ou superiores a 19 descargas/km²/ano são representados, no mapa, pelas cores das paletas da extremidade da escala: lilás claro (0,5) e preto (19). Valores intermediários a esses limites são representados, no mapa, por tons de cor das paletas indicadas na escala.

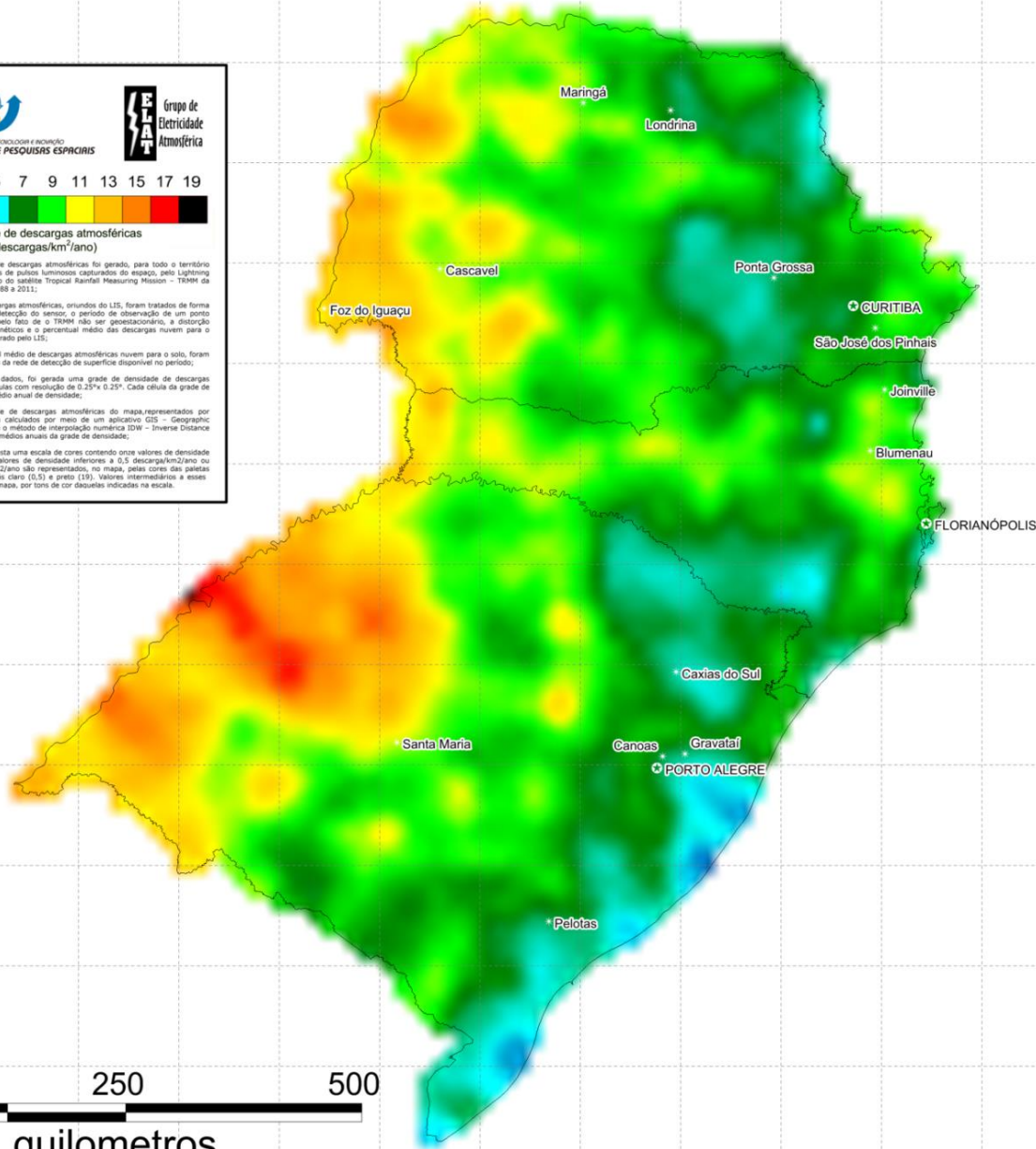
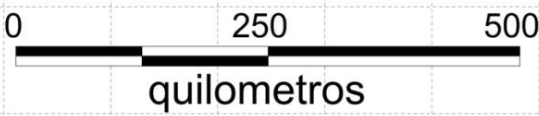


INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS
Grupo de Eletricidade Atmosférica

0,5 1 3 5 7 9 11 13 15 17 19

Densidade de descargas atmosféricas (descargas/km²/ano)

- O mapa de densidade de descargas atmosféricas foi gerado, para todo o território nacional, a partir dos registros de raios luminosos capturados do espaço, pelo Lightning Imaging Sensor - LIS a bordo do satélite Tropical Rainfall Measuring Mission - TRMM da NASA, durante o período de 1998 a 2011;
- Os dados brutos de descargas atmosféricas, oriundos do LIS, foram tratados de forma a considerar a eficiência de detecção do sensor; o período de observação de um ponto sobre a superfície terrestre pelo fato de o TRMM não ser geostacionário, a distorção causada por efeitos geomagnéticos e o percentual médio das descargas nuvem para o solo em relação ao total registrado pelo LIS;
- Para estimar o percentual médio de descargas atmosféricas nuvem para o solo, foram utilizados os registros oriundos da rede de detecção de superfície disponível no período;
- Após o tratamento dos dados, foi gerada uma grade de densidade de descargas atmosféricas composta por células com resolução de 0,25°x 0,25°. Cada célula da grade de densidade contém um valor médio anual de densidade;
- Os valores de densidade de descargas atmosféricas do mapa, representados por diferentes tons de cor, foram calculados por meio de um aplicativo GIS - Geographic Information System que utiliza o método de interpolação numérica IDW - Inverse Distance Weighted, a partir dos valores médios anuais da grade de densidade;
- Na legenda do mapa, consta uma escala de cores contendo onze valores de densidade de descargas atmosféricas. Valores de densidade inferiores a 0,5 descargas/km²/ano ou superiores a 19 descargas/km²/ano são representados, no mapa, pelas cores das paletas de extremidade da escala. Itens claros (0,5) e preto (19). Valores intermediários e a esses limites são representados, no mapa, por tons de cor das paletas indicadas na escala.



http://www.inpe.br/webelat/ABNT_NBR5419_Ng



Densidade de descargas atmosféricas para a terra (Ng)
Dados publicados na ABNT NBR 5419-2 (2015), Proteção contra descargas atmosféricas - Parte 2:
Gerenciamento de risco.

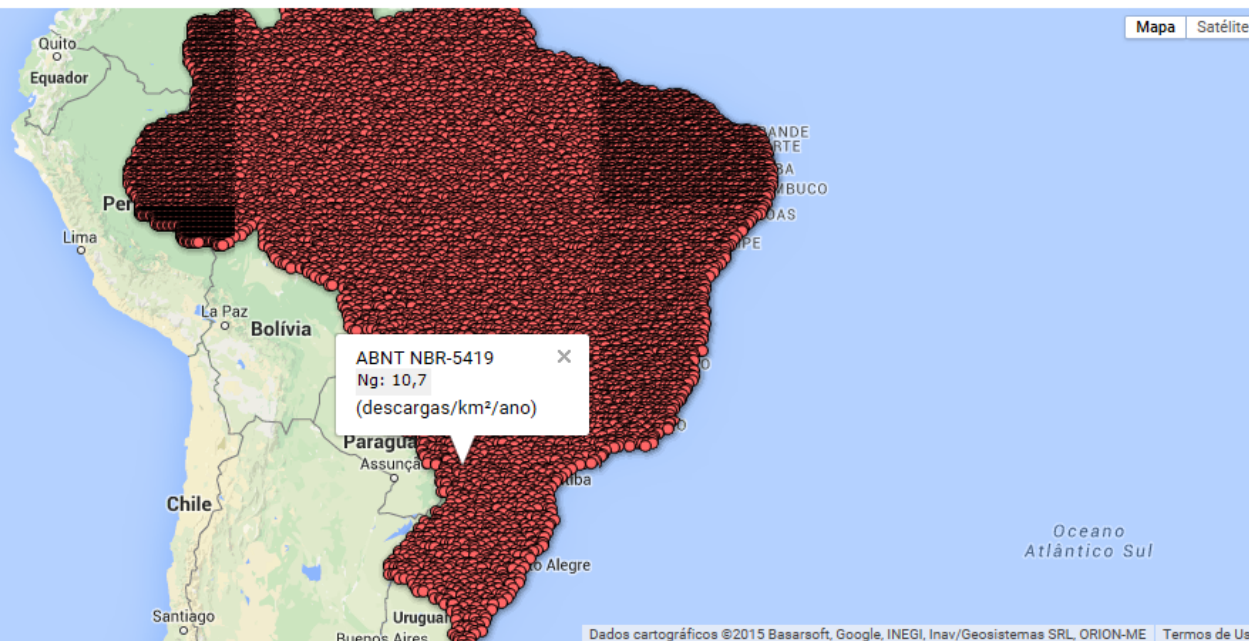


Latitude:

Longitude:

Endereço:

Mostrar no mapa





Densidade de descargas atmosféricas para a terra (Ng)

Dados publicados na ABNT NBR 5419-2:2015 - Proteção contra descargas atmosféricas - Parte 2: Gerenciamento de risco.



Latitude:

Longitude:

Endereço:

[Mostrar no mapa](#)

ABNT NBR-5419
Ng: 11,2
(descargas/km²/ano)

[Mapa](#) [Satélite](#)

São Paulo

Dados cartográficos ©2015 Google | [Termos de Uso](#) | [Informar erro no mapa](#)

•Anexo A

(informativo)

Análise do número anual N de eventos perigosos

•Anexo B

(informativo)

Avaliação da probabilidade PX de danos

•Anexo C

(informativo)

Análise de quantidade de perda LX

•Anexo D

(informativo)

Avaliação dos custos das perdas

•Anexo E

(informativo)

Estudo de casos

TUPÃ : Planilha de análise de risco

Dados Técnicos | Outros Dados | Resultado | Zonas

Dados da Estrutura

Área de exposição equivalente da estrutura principal: [m²]

Área de exposição equivalente de estrutura adjacente: [m²]

Calculo da área de exposição equivalente

Largura: [m]

Comprimento: [m]

Altura: [m]

Carregar dados da estrutura principal

Carregar linha energia

Carregar linha telecomunicação

gravar linha energia

gravar linha telecomunicação

Com ajuda para Cálculo de estruturas simples

calcular e armazenar dados para estrutura conectada pela linha

Sem ajuda para Cálculo de estruturas simples

Estrutura complexa. (Se essa caixa estiver marcada o programa considera uma protuberância)

Influências ambientais

Localização (cidade):

Localização da estrutura:

Frequência de raios(Ng): [1/km²/ano]

Risco de incêndio ou explosão

Atributos da avaliação

Nome do projeto:

Avaliador:

Gravar

Medidas de proteção ou mitigação do risco

Proteção por SPDA:

Ajuda para seleção dos campos

Meios para reduzir as conseqüências de incêndio:

Atributos da linha de energia conectada

Comprimento da linha conectada: [m]

Área de exposição adjacente: [m²]

Fator ambiental (Ce):

Fator de instalação dos condutores (Ci):

Condição da blind., aterr. e isolamento:

Tipo de linha (Ct):

Tensão sup. impulso do sistema:

Resistência da blindagem do cabo (Rs):

DPS:

Fiação interna (Ks3):

Gravar

Ajuda para seleção dos campos

Atributos da linha de telecomunicação conectada

Comprimento da linha conectada: [m]

Área de exposição adjacente: [m²]

Fator ambiental (Ce):

Fator de instalação dos condutores (Ci):

Condição da blind., aterr. e isolamento:

Tensão sup. impulso do sistema:

Resistência da blindagem do cabo (Rs):

DPS:

Fiação interna (Ks3):

Gravar

Ajuda para seleção dos campos

Medidas de proteção contra tensão de passo e toque e blindagem

Contra tensão de passo e toque na estrutura:

Contra tensão de passo e toque na linha conectada:

Blindagem metálica contínua Sem blindagem metálica

Largura da blindagem ou distância das descidas: Wm1 [m]

Wm2 [m]

Ajuda para definir largura da blindagem ou distância das descidas

Gravar

Fatores de variação das perdas

Fator de redução pelo tipo de solo ou piso

Fator de acréscimo devido a um perigo especial

Risco admissível

R1 (risco de perda de vida humana)

R2 (risco de perda de serviço ao público)

R3 (risco de perda de património cultural)

R4 (risco de perda de valor económico)

x 10⁻⁵

Valores de norma

Gravar

Dimensionamento das perdas potenciais (montante do risco)

Vidas humanas (perda L1)

Número de pessoas na zona

Tempo de exposição na zona (em horas por

Número total de pessoas

Gravar

Fatores de avaliação do risco ambiental para as pessoas na zona

Risco de falha de sistemas internos

Tipo da estrutura

Instalações de serviço ao público (perda L2)

Tipo do serviço

Valor económico (perda L4)

Valor dos animais na zona

Valor do conteúdo na zona

Valor da edificação na zona

Valor dos sistemas internos na zona

Fatores de avaliação do risco ambiental para as pessoas na zona

Risco de falha de sistemas internos

Tipo da estrutura

Gravar

Ajuda para preenchimento

Memória cultural (perda L3)

Valor do património cultural na zona

Valor total da edificação

Gravar

Resultado

Atributos da avaliação

Projeto:

Avaliador:

Atualizar resultados

Marcar valores acima do tolerável

Riscos

-5

Os valores abaixo devem ser multiplicados por 10

	Valores toleráveis	ZONA Z1	ZONA Z2	ZONA Z3	ZONA Z4	TOTAL
R1-Perda de vida humana	1	0,008930	64,35174	4,751921	0,678845	69,79143
R2-Perda de serviço ao público	100	1,261289	15,23708	0,406899	5,812853	15,70337
R3-Perda de herança cultural	10	0	0	0	0	0
R4-Perda de valor econômico	0	0	0,000901	0	0	0,000901

RESULTADOS NA MEMÓRIA DE TRABALHO (VOLÁTIL)

	R_A	R_U	R_B	R_V	R_C	R_W	R_1
Última zona carregada na memória:	0	0	0,022327	0,004845	0,446548	0,096909	0,678845
NENHUMA	D1 - Ferimento		D2 - Danos físicos		D3 - Falhas de sistemas		
	Descarga na estrutura	Descarga na linha	Descarga na estrutura	Descarga na linha	Descarga na estrutura	Descarga na linha	

Zonas de estudo

Z4-Quatro zonas

externa	bloco de quartos	bloco de operação	UTI
Guardar Z1	Guardar Z2	Guardar Z3	Guardar Z4
Carregar Z1	Carregar Z2	Carregar Z3	Carregar Z4

Apagar memória

Z1 Pertence à estrutura principal

Z2 Pertence à estrutura principal

Z3 Pertence à estrutura principal

Z4 Pertence à estrutura principal

Carregar exemplo E.3 da norma

Carregar exemplo E.2 da norma (teste da memória volátil de trabalho)



Universidade de São Paulo
B R A S I L



Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas

A ABNT NBR 5419-3: 2015

**DANOS FÍSICOS A ESTRUTURAS E PERIGOS
À VIDA**



IEE USP

INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Subsistema de captação (*air-termination system*)

Parte de um SPDA externo usando elementos metálicos tais como hastes, condutores em malha ou cabos em catenária, projetados e posicionados para interceptarem descargas atmosféricas.

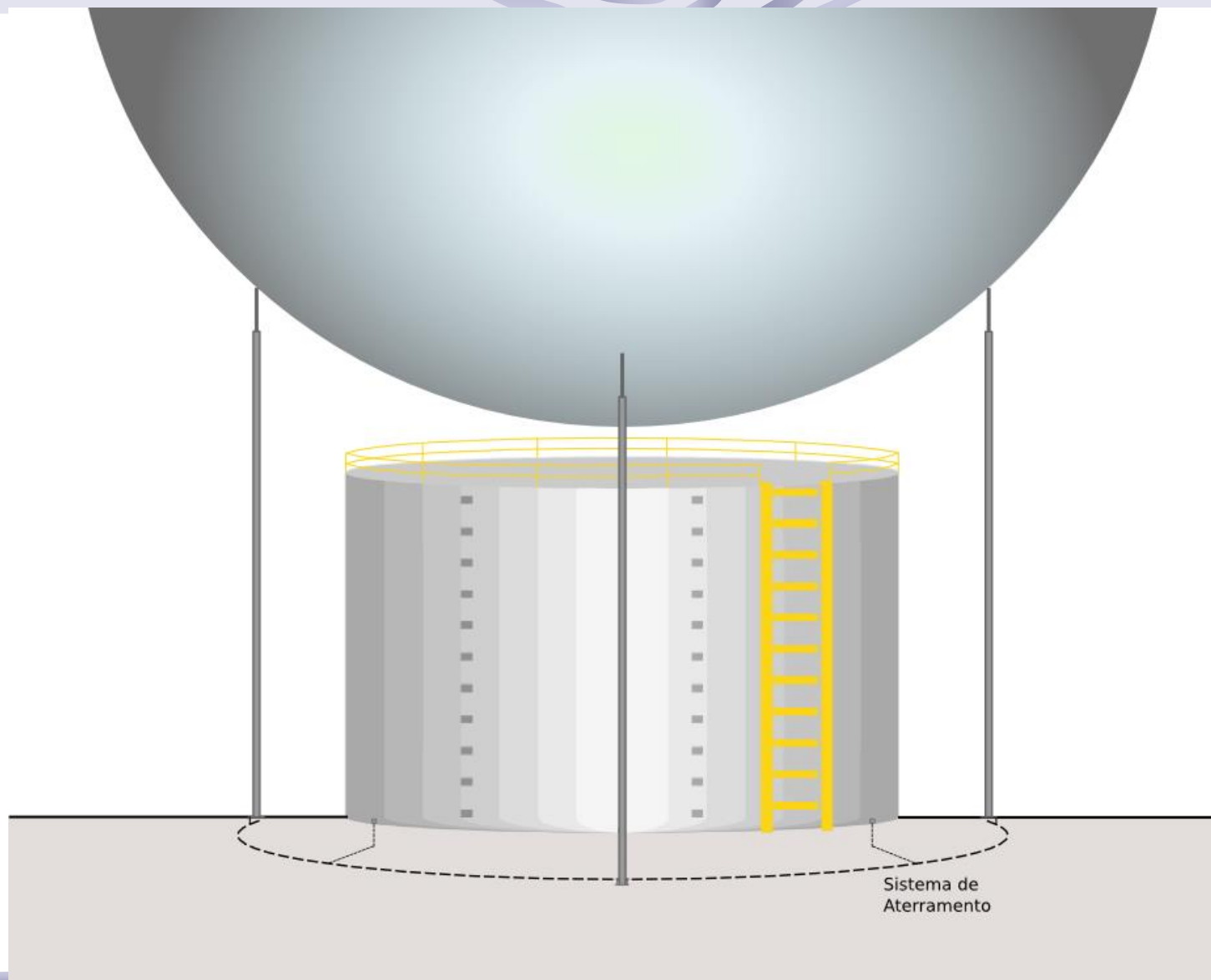


Métodos de Proteção: Subsistema de Captação

- Método do Ângulo de proteção (Franklin)
- Modelo Eletrogeométrico (Esfera Rolante ou fictícia)
- Condutores em Malha ou gaiola (Método Faraday)

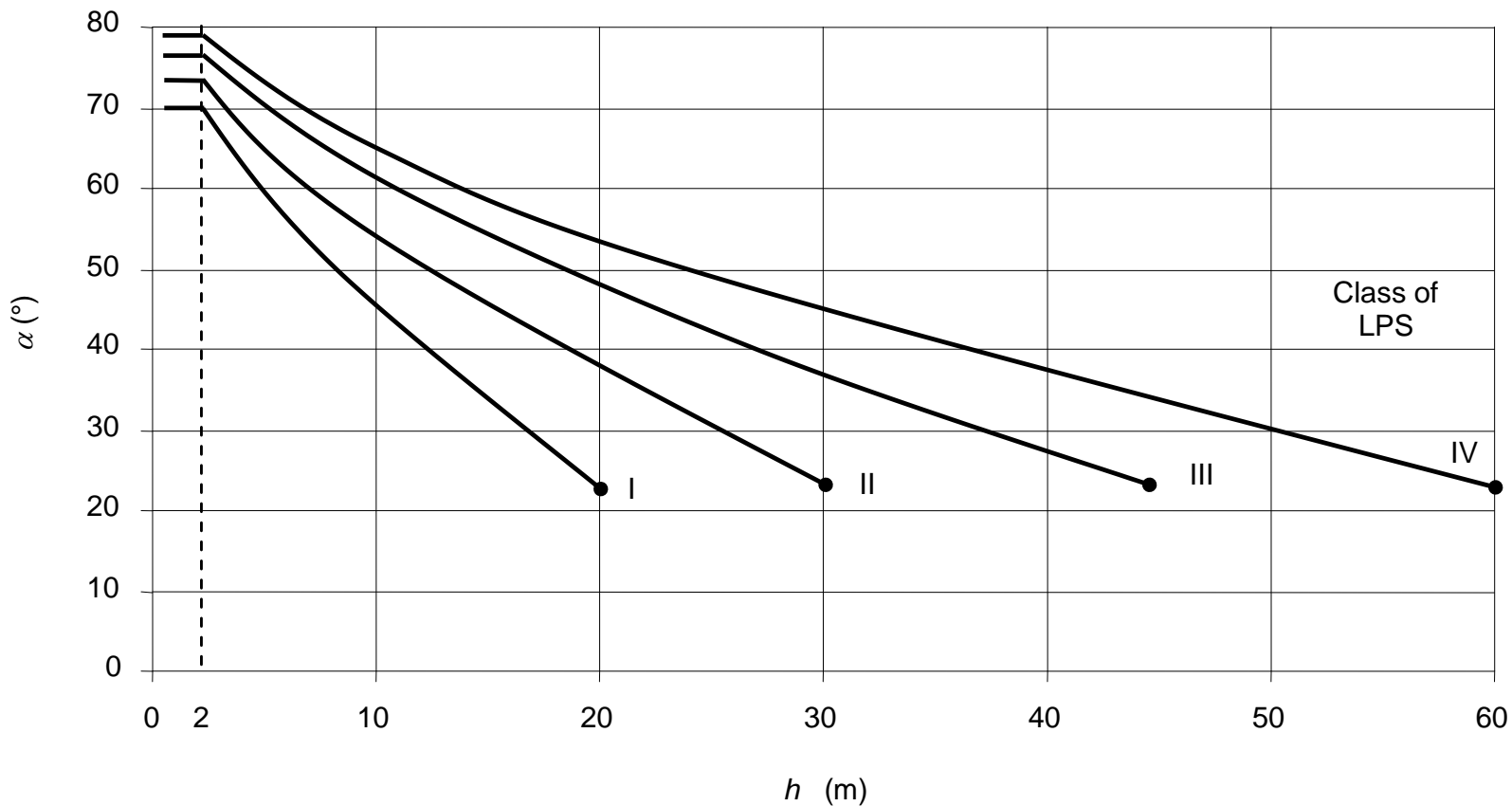
Tabela 2 – Valores máximos dos raios da esfera rolante, tamanho da malha e ângulo de proteção correspondentes a classe do SPDA

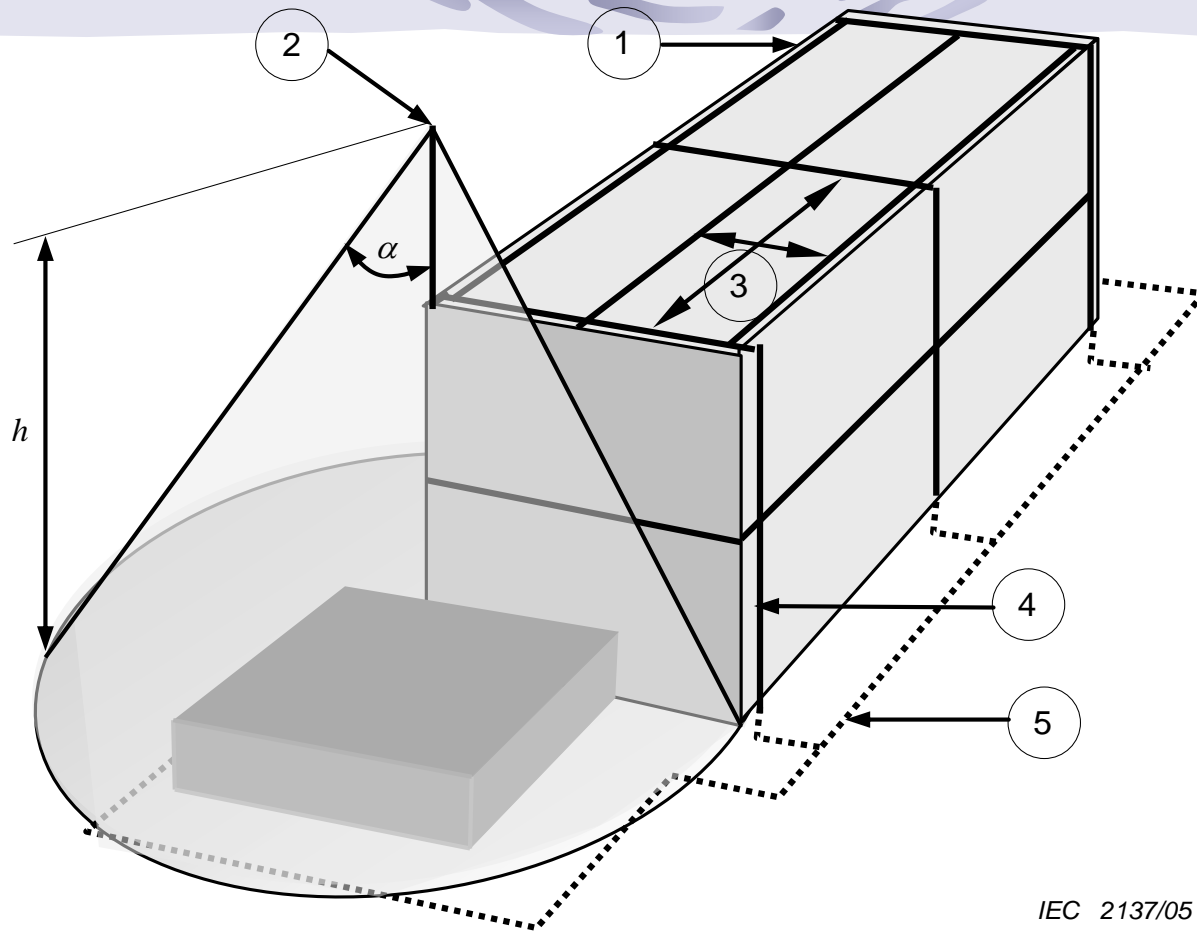
Classe do SPDA	Método de proteção		
	Raio da esfera rolante - R m	Máximo afastamento dos condutores da malha m	Ângulo de proteção α°
I	20	5 × 5	Ver Figura 1
II	30	10 × 10	
III	45	15 × 15	
IV	60	20 × 20	



MÉTODO ELETROGEOMÉTRICO

ÂNGULO DE PROTEÇÃO - NBR 5419-3:2015



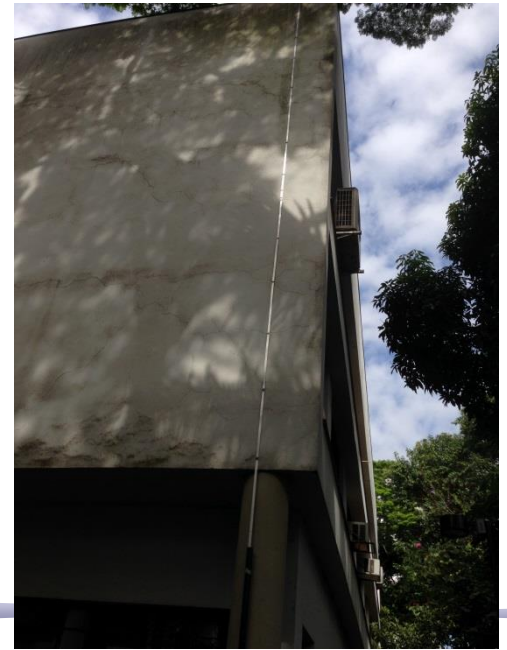


IEC 2137/05

Projeto de um subsistema de captação do SPDA, de acordo com o método das esferas rolantes, método do ângulo de proteção, método das malhas. Disposição geral dos elementos do subsistema de captação

Subsistema de descida (*down-conductor system*)

Parte de um SPDA externo que tem como objetivo conduzir a descarga atmosférica do subsistema de captação ao subsistema de aterramento.



SPDA

Condutores de descida - ABNT NBR 5419/2005

ESPAÇAMENTO MÉDIO DOS CONDUTORES DE DESCIDA NÃO NATURAIS CONFORME O NÍVEL DE PROTEÇÃO

NÍVEL DE PROTEÇÃO	ESPAÇAMENTO MÉDIO [m]
I	10
II	15
III	20
IV	25

Tabela 4 – Valores típicos de distância entre os condutores de descida e entre os anéis condutores de acordo com a classe de SPDA - NBR 5419-3:2015

Classe do SPDA	Distâncias m
I	10
II	10
III	15
IV	20

Posicionamento para um SPDA não isolado

“Para cada SPDA não isolado, o número de condutores de descida não pode ser inferior a dois, mesmo se o valor do cálculo do perímetro dividido pelo espaçamento para o nível correspondente resultar em valor inferior”.

“No posicionamento utilizar o espaçamento mais uniforme possível entre os condutores de descida ao redor do perímetro. Valores das distâncias entre os condutores de descida são dados na Tabela 4”.

É aceitável que o espaçamento dos condutores de descidas tenha no máximo 20% além dos valores da norma.

Na versão de 2015 não consta a obrigatoriedade da **proteção mecânica dos cabos** de descidas até 2,5 m do nível do solo.

Não aparece também aquela **distância fixa** de janelas e portas que estava na versão de 2005


Não está também na nova versão a necessidade de **descidas internas** para as estruturas com largura superior a 40 metros

Um condutor de descida deve ser instalado, preferencialmente, em **cada canto saliente da estrutura**, além dos demais condutores impostos pela distância de segurança calculada.



Subsistema de aterramento (*earth-termination system*)

Parte de um SPDA externo que tem como objetivo conduzir e dispersar a descarga atmosférica no solo.





“O **objetivo** é obter a menor resistência de aterramento compatível com o arranjo, a topologia e a resistividade do solo no local”

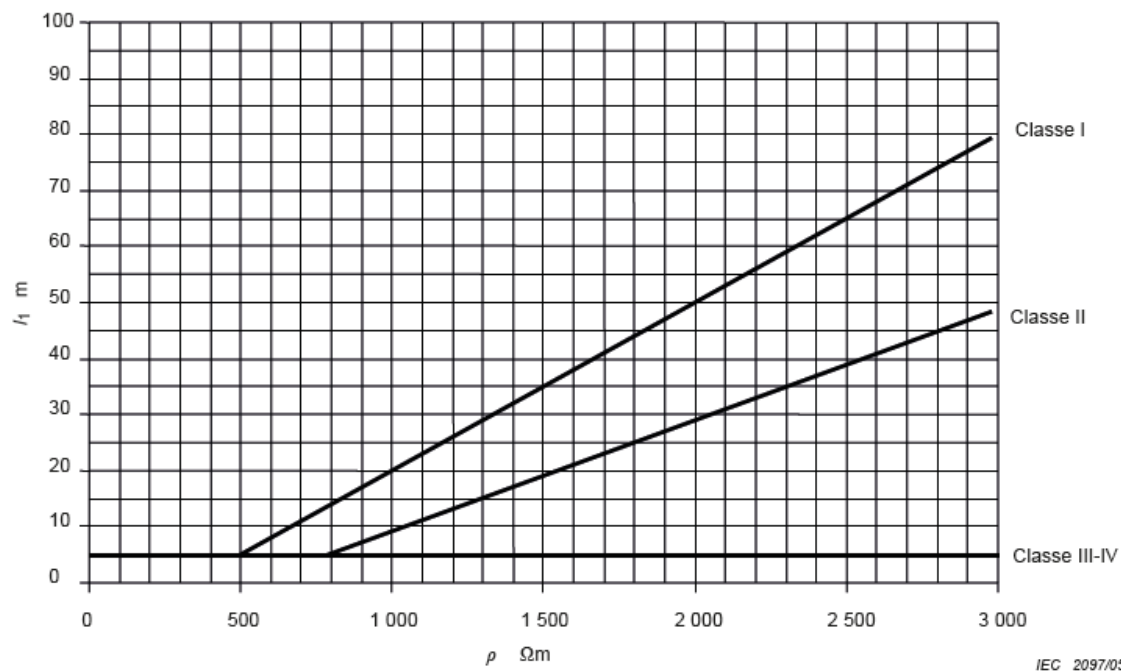
A versão 2015 da norma não menciona o valor de 10Ω .

“Sob o ponto de vista da proteção contra descargas atmosféricas, **uma única infraestrutura de aterramento é adequada** para todos os propósitos, ou seja, comum a proteção contra descargas atmosféricas, sistemas de energia elétrica e sinal (telecomunicações, TV a cabo, dados, etc)”

Para o eletrodo de aterramento em anel ou interligando a fundação descontínua, o raio médio r_e da área abrangida pelos eletrodos não pode ser inferior ao valor l_1 :

$$r_e \geq l_1 \quad (1)$$

onde l_1 é representado na Figura 3 de acordo com o SPDA classe I, II, III e IV.



NOTA 1 As classes III e IV são independentes da resistividade do solo.

NOTA 2 Para solos com resistividades maiores que 3 000 $\Omega\text{.m}$, prolongar as curvas por meio das equações:

$$l_1 = 0,03\rho - 10 \quad (\text{para classe I}) \quad (1a)$$

$$l_1 = 0,02\rho - 11 \quad (\text{para a classe II}) \quad (1b)$$

Figura 3 – Comprimento mínimo l_1 do eletrodo de aterramento de acordo com a classe do SPDA

EXEMPLO DE DIMENSIONAMENTO DE MALHA DE ATERRAMENTO

NP I

Resistividade do solo = $2000 \Omega \cdot m$

Nº descidas: 5

$l_1 = 50 \text{ m}$

$l_r = l_1 - r_e = 50 - 7,35 = 42,65 \text{ m}$

$l_v = (l_1 - r_e) / 2 = 21,32 \text{ m}$

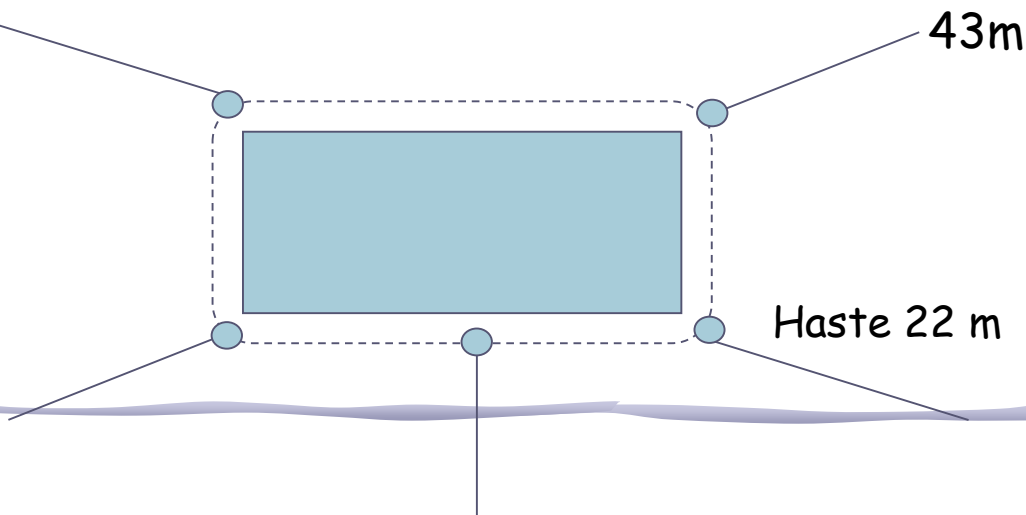
Estrutura: $8 \times 15 \text{ m}$

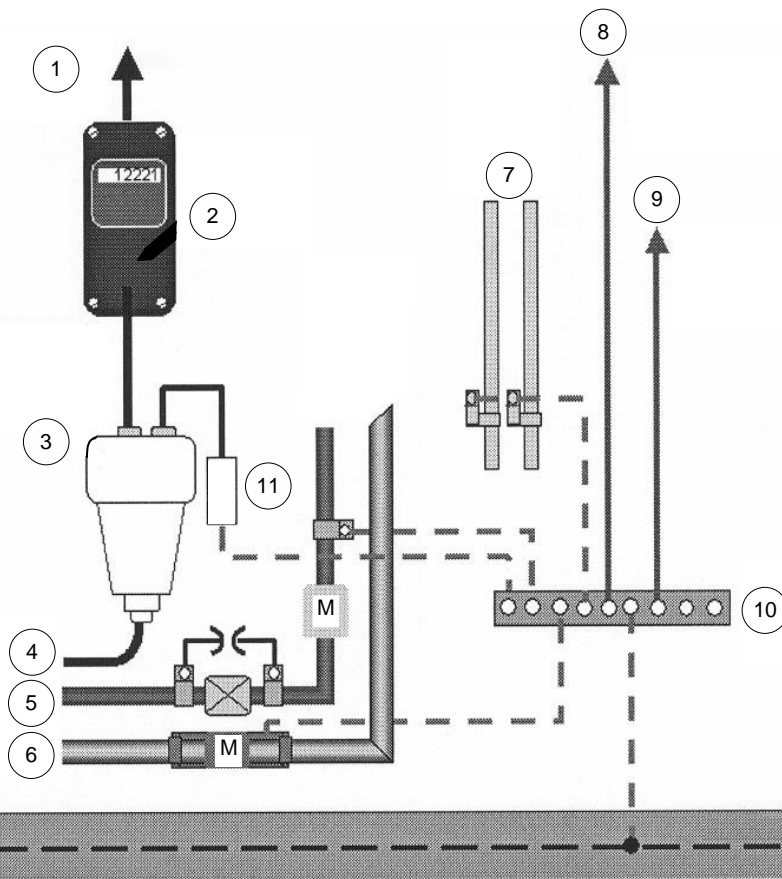
Malha: $10 \times 17 \text{ m}$

Área da Malha: 170 m^2

$$r_e = \sqrt{\frac{170}{\pi}}$$

$$r_e = 7,35 \text{ m}$$



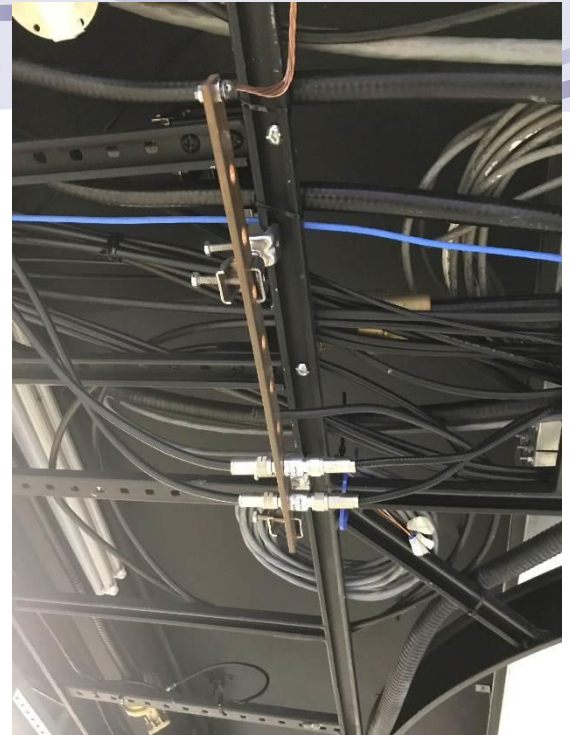
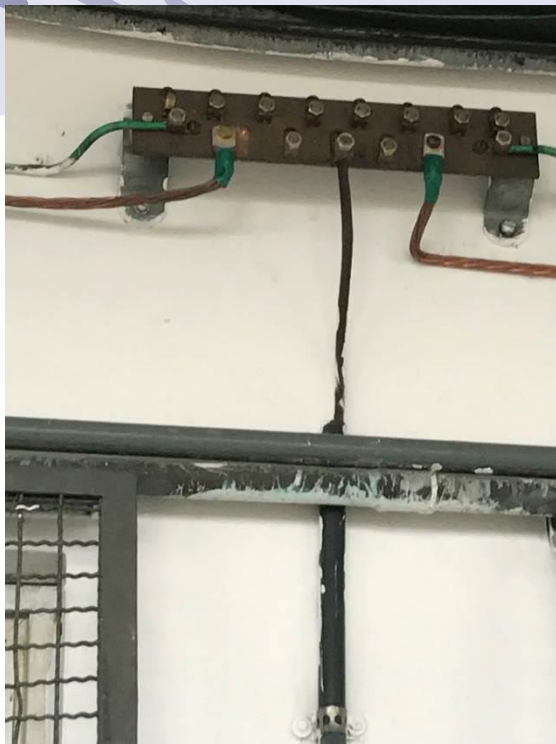
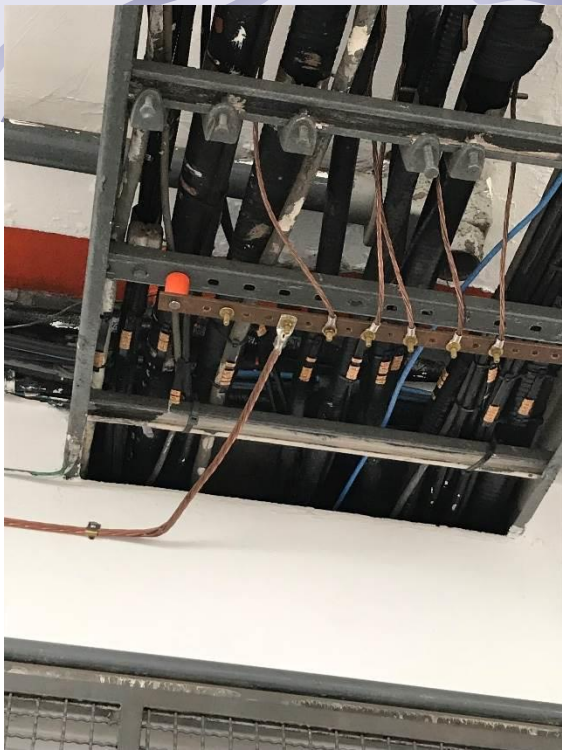


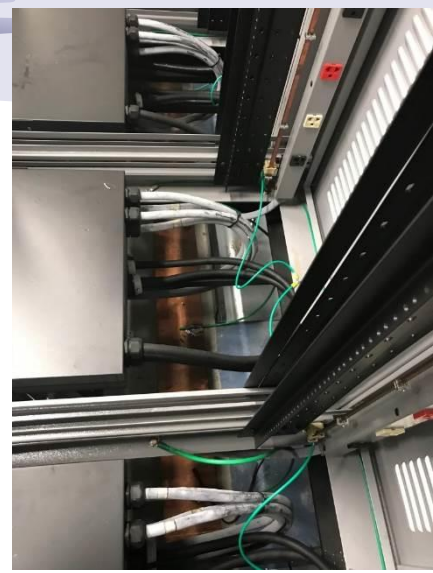
Legenda

- 1 Força - para o usuário
- 2 Medidor de energia
- 3 Conexão de energia
- 4 Cabos da concessionária
- 5 Gas
- 6 Água
- 7 Sistema de Aquecimento Central
- 8 Equipamentos eletrônicos
- 9 Blindagem do cabo da antena
- 10 BEP
- 11 DPS
- M Medidor de água

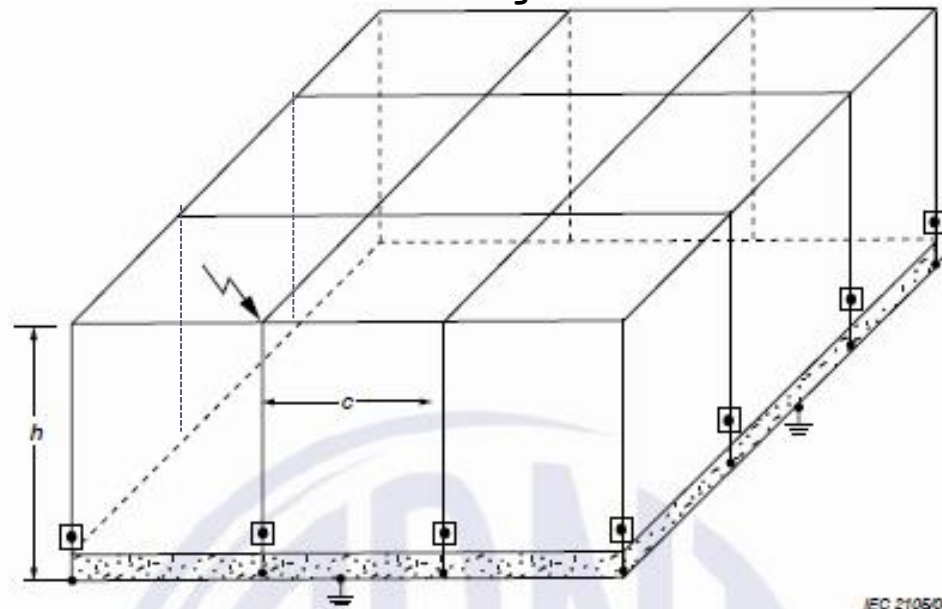
IEC 2183/05

**Exemplo de uma barra de
ligação equipotencial principal**





DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA



IEC 210505

Assim:

$$K_c = \frac{1}{2n} + 0,1 + 0,2 \times \sqrt[3]{\frac{c}{h}}$$

onde

n número total de condutores de descidas;

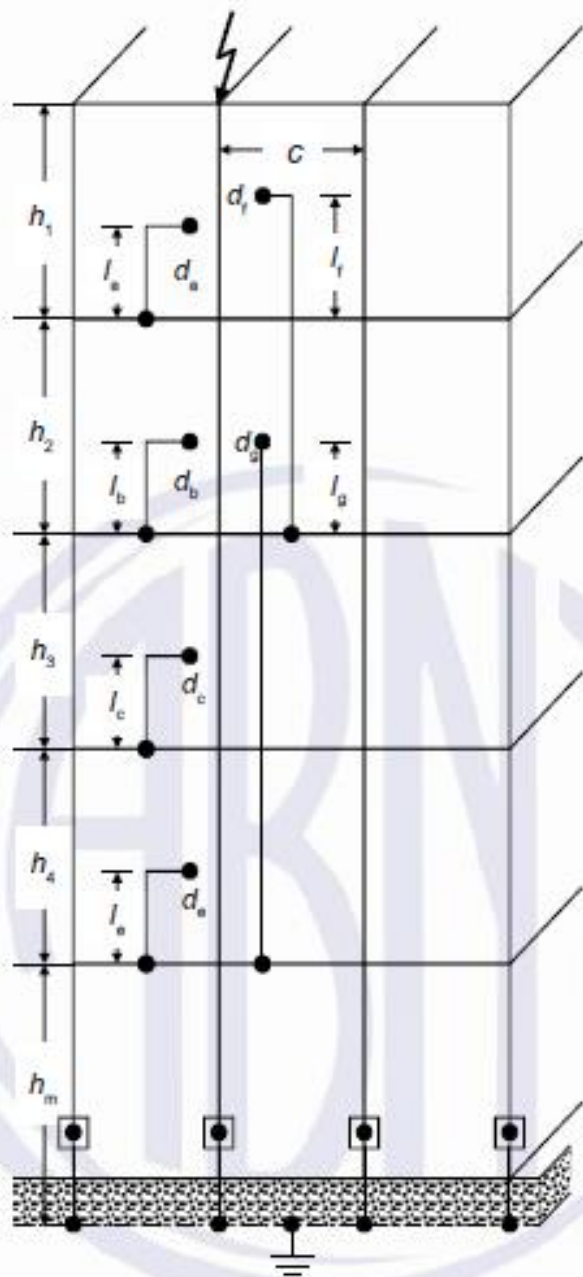
c distância ~~de um condutor de descida ao próximo condutor de descida;~~
entre

h espaçamento (ou altura) entre os condutores em anel.

NOTA 1 Para uma avaliação detalhada do valor do coeficiente k_c , ver Figura C.3.

NOTA 2 Se existirem condutores de descida internos, recomenda-se que eles sejam levados em consideração na avaliação de k_c .

Figura C.2 – Valores de coeficiente k_c no caso de um sistema de captadores em malha e sistema de aterramento em anel



IEC 2106/05

$$d_a \geq s_a = \frac{k_i}{k_m} \times k_{c1} \times l_a$$

$$d_b \geq s_b = \frac{k_i}{k_m} \times k_{c2} \times l_b$$

$$d_c \geq s_c = \frac{k_i}{k_m} \times k_{c3} \times l_c$$

$$d_e \geq s_e = \frac{k_i}{k_m} \times k_{c4} \times l_e$$

$$d_f \geq s_f = \frac{k_i}{k_m} \times (k_{c1} \times l_f + k_{c2} \times h_2)$$

$$d_g \geq s_g = \frac{k_i}{k_m} \times (k_{c2} \times l_g + k_{c3} \times h_3 + k_{c4} \times h_4)$$

$$K_{c1} = \frac{1}{2n} + 0,1 + 0,2 \times \sqrt[3]{\frac{c}{h}}$$

$$K_{c2} = \frac{1}{n} + 0,1$$

$$K_{c3} = \frac{1}{n} + 0,01$$

$$K_{c4} = \frac{1}{n}$$

$$K_{cm} = K_{c4} = \frac{1}{n}$$

n é o número total de condutores de descidas;

c é a distância **entre** ao mais próximo condutor de descida;

h é o espaçamento (ou altura) entre os condutores em anel;

m é o número total de níveis;

d é a distância ao condutor de descida mais próximo;

l é a altura acima ao ponto de **equipotencializado**

equipotencializado

Material	Configuração	Área da seção mínima mm ²		Comentários ⁴⁾
Cobre	Fita Maciça	35	50 na IEC	Espessura 1,75mm
	Arredondado Maciço ⁴⁾	35		Diâmetro 6mm
	Encordoado	35		Diâmetro de cada fio da cordoalha 2,5mm
	Arredondado Maciço ²⁾	200	Diâmetro 16mm	
Alumínio	Fita Maciça	70		Espessura 3mm
	Arredondado Maciço	70		Diâmetro 9,5mm
	Encordoado	70		Diâmetro de cada fio da cordoalha 3,5mm
	Arredondado Maciço ²⁾	200		Diâmetro 16mm
Aço cobreado IACS 30% ⁶⁾	Arredondado Maciço	50		Diâmetro 8mm
	Encordoado	50		Diâmetro de cada fio da cordoalha 3mm
Alumínio cobreado IACS 64%	Arredondado Maciço	50		Diâmetro 8mm
	Encordoado	70		Diâmetro de cada fio da cordoalha 3,6mm
Aço galvanizado a quente ¹⁾	Fita Maciça	50		Espessura mínima 2,5mm
	Arredondado Maciço	50		Diâmetro 8mm
	Encordoado	50		Diâmetro de cada fio cordoalha 1,7mm
	Arredondado Maciço ²⁾	200		Diâmetro 16mm
Aço inoxidável ³⁾	Fita Maciça	50		Espessura 2mm
	Arredondado Maciço	50		Diâmetro 8mm
	Encordoado	70		Diâmetro de cada fio cordoalha 1,7mm
	Arredondado Maciço ²⁾	200		Diâmetro 16mm

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

Material	Configuração	Dimensões Mínimas ⁶⁾		Comentários ⁶⁾
		Eletrodo cravado (Diâmetro)	Eletrodo não cravado	
Cobre	Encordado ³⁾	-	50mm ²	Diâmetro de cada fio cordoalha 3mm
	Arredondado Maciço ³⁾	-	50mm ²	Diâmetro 8mm
	Fita Maciça ³⁾	-	50mm ²	Espessura 2 mm
	Arredondado Maciço	15mm	-	
	Tubo	20mm	-	Espessura da parede 2mm
Aço galvanizado à quente	Arredondado Maciço ^{1) 2)}	16mm	Diâmetro 10mm	-
	Tubo ^{1) 2)}	25mm	-	Espessura da parede 2mm
	Fita Maciça ¹⁾	-	90mm ²	Espessura 3mm
	Encordado	-	70mm ²	-
Aço cobreado	Arredondado Maciço ⁴⁾ Encordado ⁷⁾	12,7mm	70mm ²	Diâmetro de cada fio da cordoalha 3,45mm
Aço inoxidável ⁵⁾	Arredondado Maciço Fita Maciça	15mm	Diâmetro 10 mm 100 mm ²	Espessura min.2 mm

ANEXO R

Atestado de conformidade das instalações elétricas

Classificação (uso) da edificação:	Idade do imóvel:
Endereço:	
Bairro:	Cidade:
Pessoa de contato:	CEP:
	Fone: ()

O responsável pelo fornecimento deste atestado deve preencher todos os campos da tabela a seguir.

“C” = CONFORME / “NA” = NÃO APLICÁVEL

Item da IT 41	Requisito para inspeção visual	C	NA
6.1	Condições de instalação dos condutores isolados, cabos unipolares e cabos multipolares.		
6.2	Os circuitos elétricos devem possuir proteção contra sobrecorrentes (disjuntores ou fusíveis).		
6.3	As partes vivas estão isoladas e/ou protegidas por barreiras ou invólucros.		
6.4	Todo circuito deve dispor de condutor de proteção “fio-terra” e todas as massas da instalação estão ligadas a condutores de proteção (salvo as exceções).		
6.5	Todas as tomadas de corrente fixas devem ser do tipo com polo de aterramento (2P + T ou 3P+T).		
6.6	Existência de dispositivo diferencial residual (DR) para proteção contra choques elétricos (salvo as exceções do item 6.6).		
6.7	Quando houver possibilidade dos componentes da instalação elétrica representarem perigo de incêndio para os materiais adjacentes, deverá haver a devida proteção.		
6.8	Os quadros de distribuição devem ser instalados em locais de fácil acesso.		
	Os quadros de distribuição devem ser providos de identificação e sinalização do lado externo, de forma legível e não facilmente removível.		
	Os componentes dos quadros devem ser identificados de tal forma que a correspondência entre componentes e respectivos circuitos possa ser prontamente reconhecida, de forma legível e não facilmente removível.		
6.9	Sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA).		
7.1.2	Os quadros, circuitos e linhas dos sistemas de segurança contra incêndio devem ser independentes dos circuitos comuns.		
7.1.3 a 7.1.5	As fontes de energia, os quadros, os circuitos e as linhas elétricas que alimentam equipamentos de segurança destinados ao combate e supressão de incêndio, à ventilação, à pressurização e ao controle de fumaça devem estar devidamente protegidos com material resistente ao fogo ou enclausurados em ambientes resistentes ao fogo.		
7.1.6	Sala do motorizador e circuitos elétricos de segurança por ele alimentados estão em conformidade com o item 7.1.6.		
7.1.9	Circuitos de corrente alternada estão separados dos circuitos de corrente contínua.		
8.1 e 8.3	ART específica do sistema elétrico (projeto, execução, inspeção, manutenção – conforme o caso).		
Obs.			

Avaliação geral das instalações elétricas:

Atesto, nesta data, que o sistema elétrico da edificação (incluindo o SPDA) foi inspecionado e verificado conforme as prescrições da NBR 5410/04 (capítulo “Verificação final”) e da NBR 5419/05, e encontra-se em conformidade, estando o proprietário e/ou responsável pelo uso ciente das responsabilidades constantes do item 2.3.2 desta IT.

Data da inspeção:

Eng. Resp:
Título profissional:
CREA Nº:

Nome:
Proprietário ou Responsável pelo uso:

(obrigatório anexar ART que inclua a emissão deste atestado)

*NR – 10: Portaria n.º 598, de 07/12/2004 (D.O.U. de 08/12/2004 – Seção 1)
Ementas: Portaria n.º 126, de 03/06/2005 (D.O.U. de 06/06/2005 – Seção 1)*

NORMA REGULAMENTADORA Nº 10

SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE

10.2.4 Os estabelecimentos com carga instalada superior a 75 kW devem constituir e manter o Prontuário de Instalações Elétricas, contendo, além do disposto no subitem 10.2.3, no mínimo: (210.004-5/I=4)

a) conjunto de procedimentos e instruções técnicas e administrativas de segurança e saúde, implantadas e relacionadas a esta NR e descrição das medidas de controle existentes; (210.005-3/I=3)

b) documentação das inspeções e medições do sistema de proteção contra descargas atmosféricas e aterramentos elétricos; (210.006-1/I=2)

c) especificação dos equipamentos de proteção coletiva e individual e o ferramental, aplicáveis conforme determina esta NR; (210.007-0/I=2)



Universidade de São Paulo
B R A S I L



Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas

ABNT NBR 5419/2015

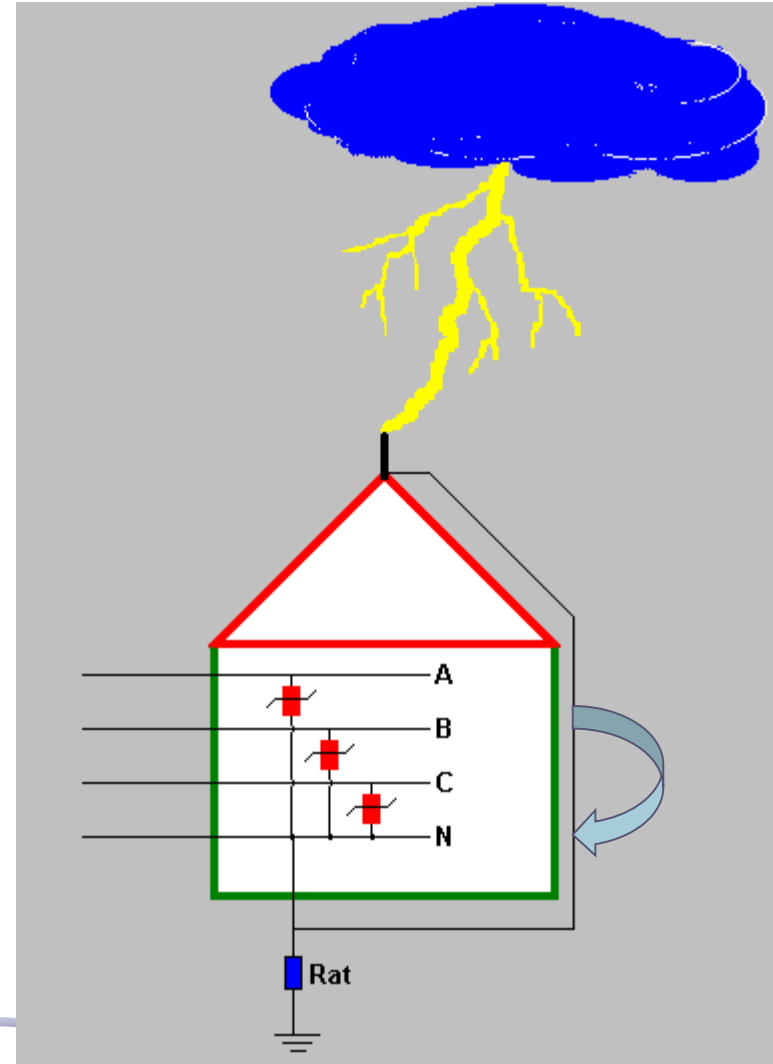
**PARTE 4: Sistemas elétricos
e eletrônicos na estrutura**

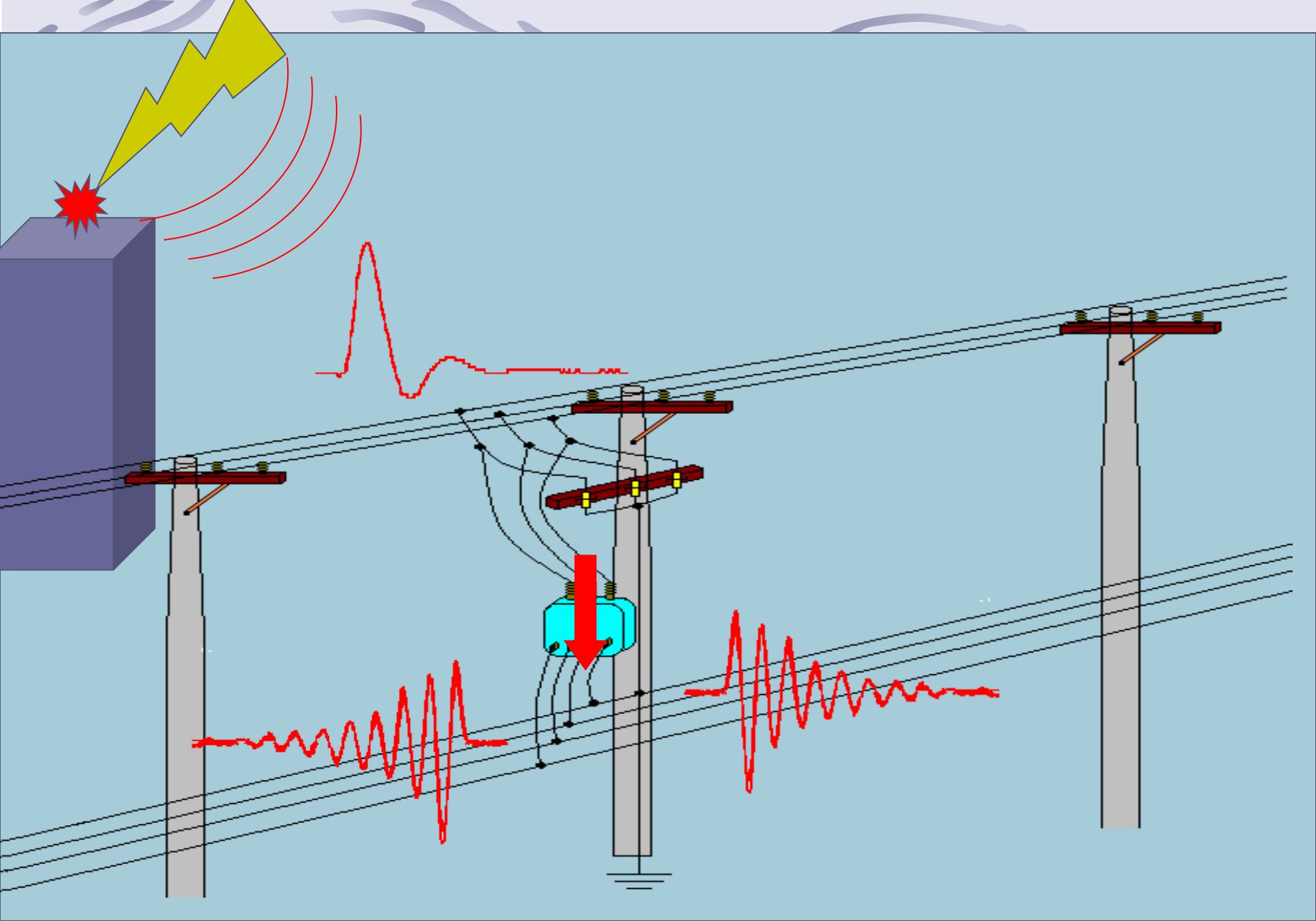


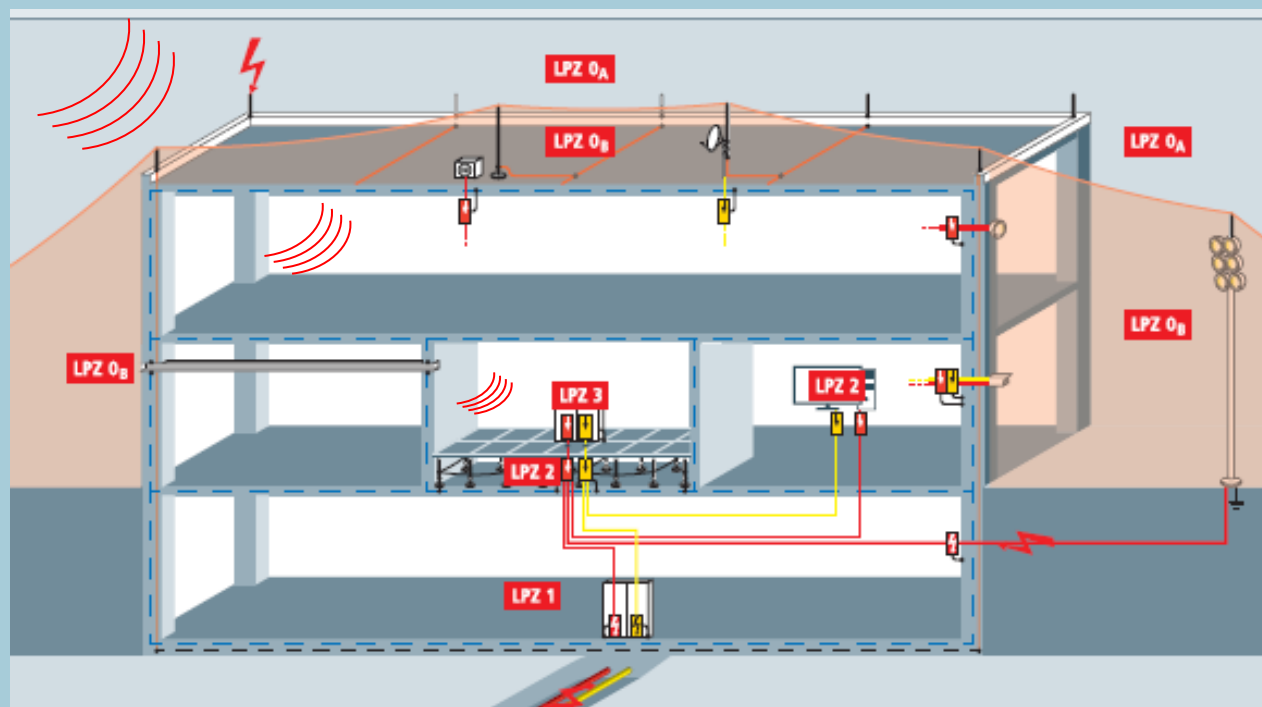
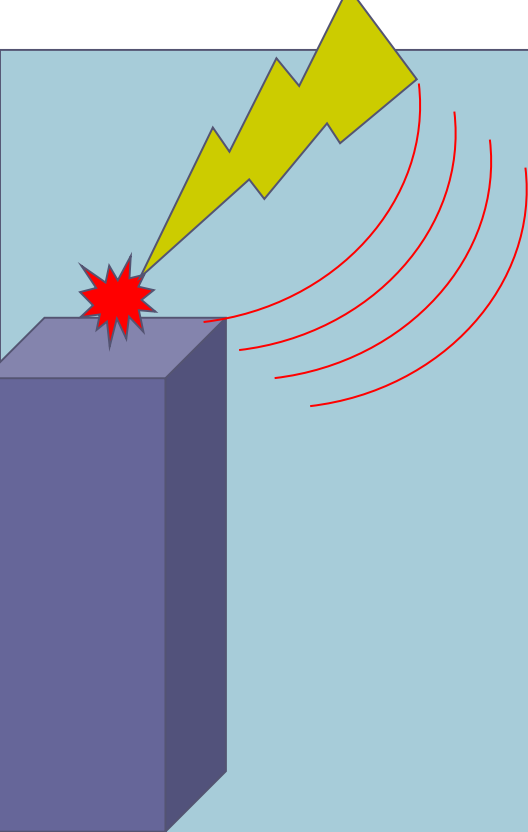
IEE USP

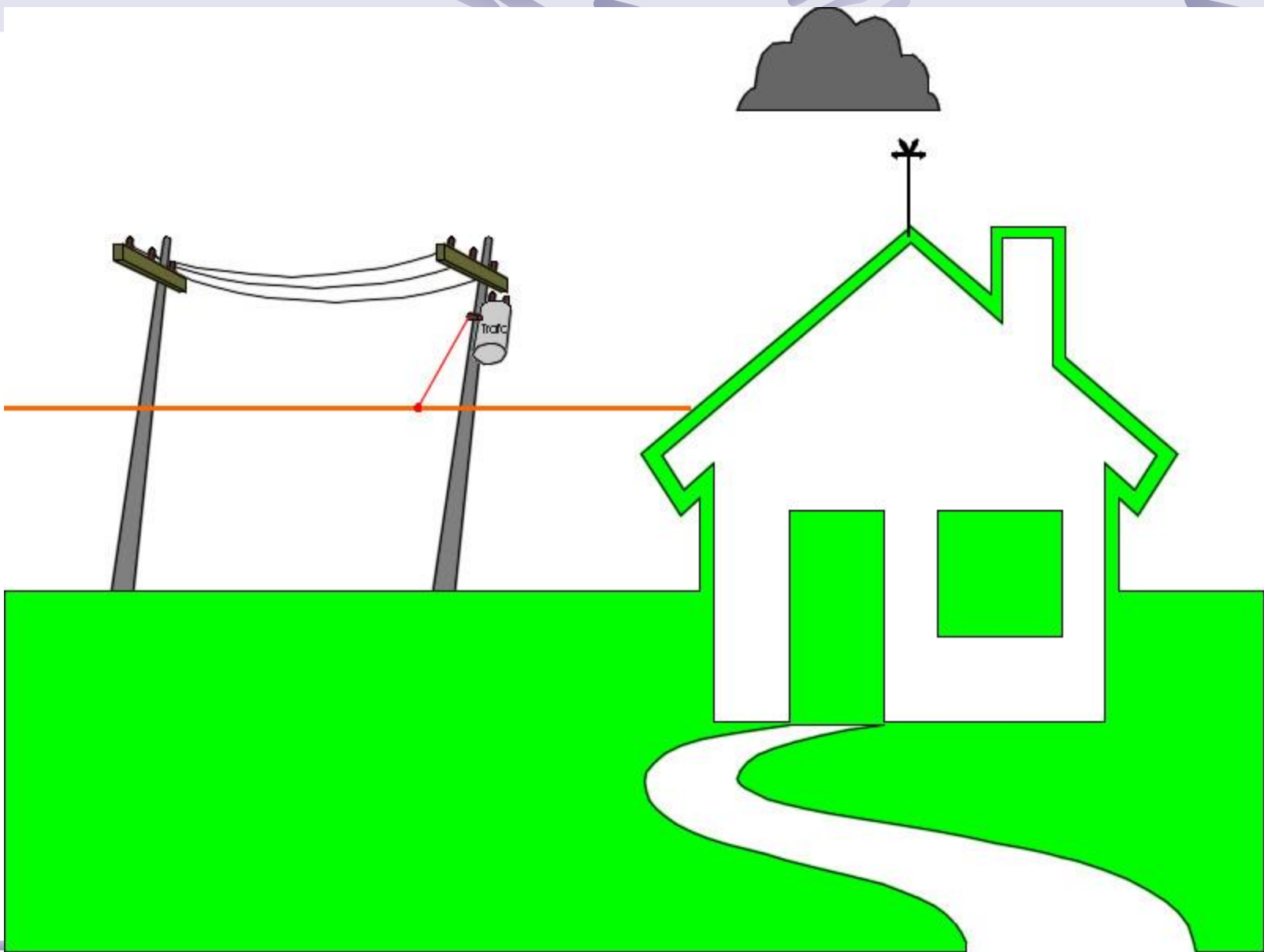
INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

DESCARGAS DIRETAS EM EDIFICAÇÕES

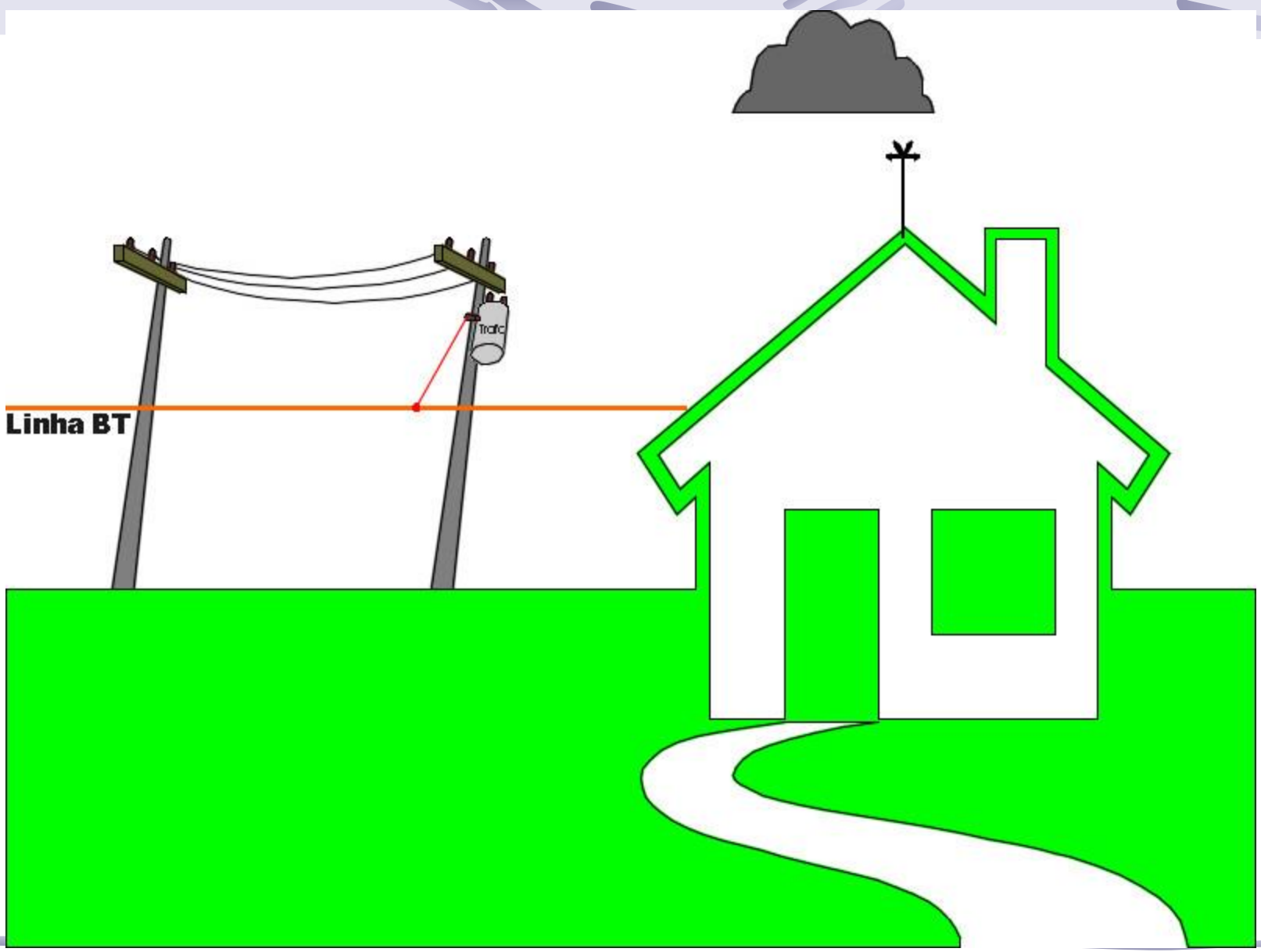




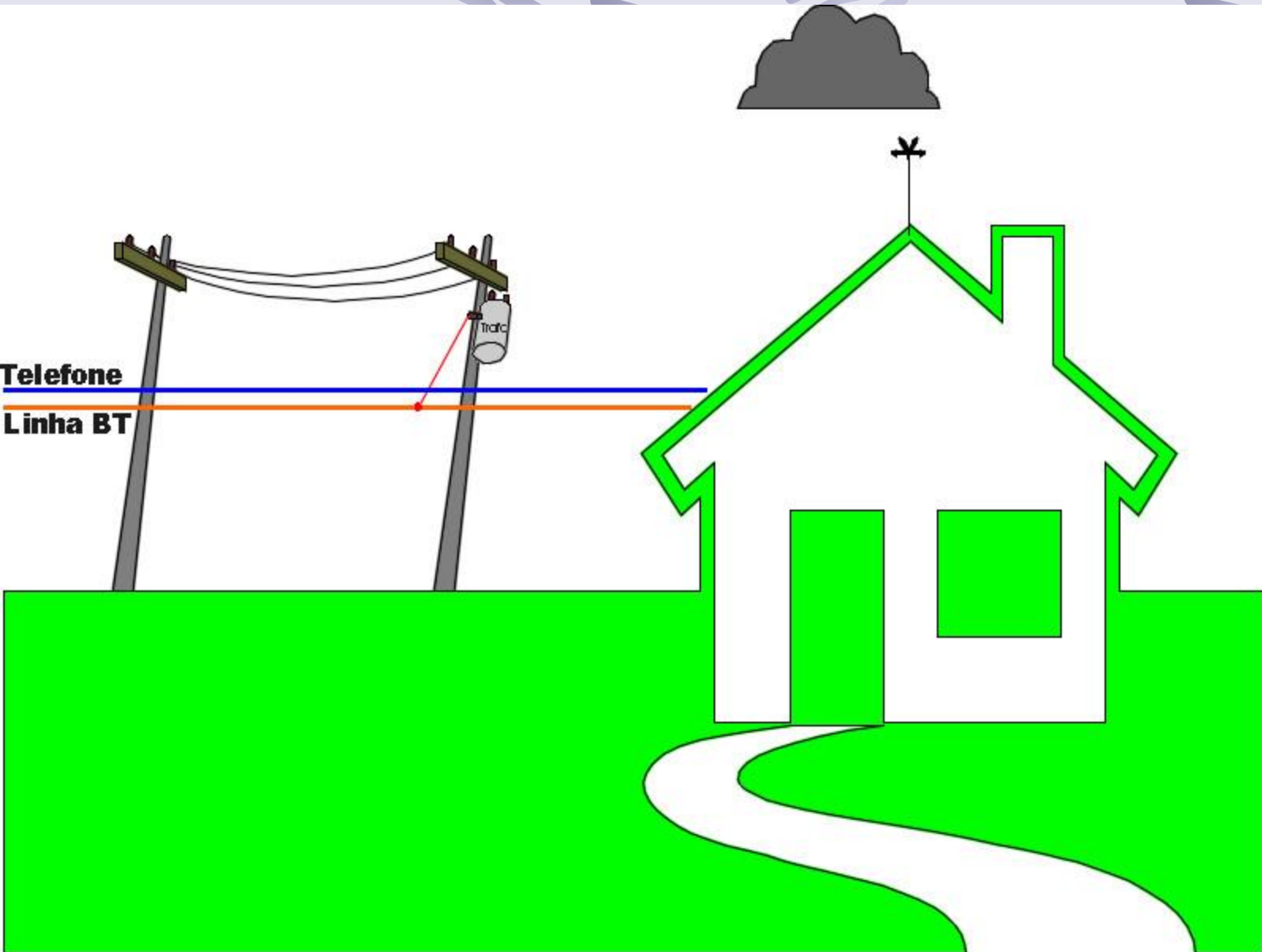




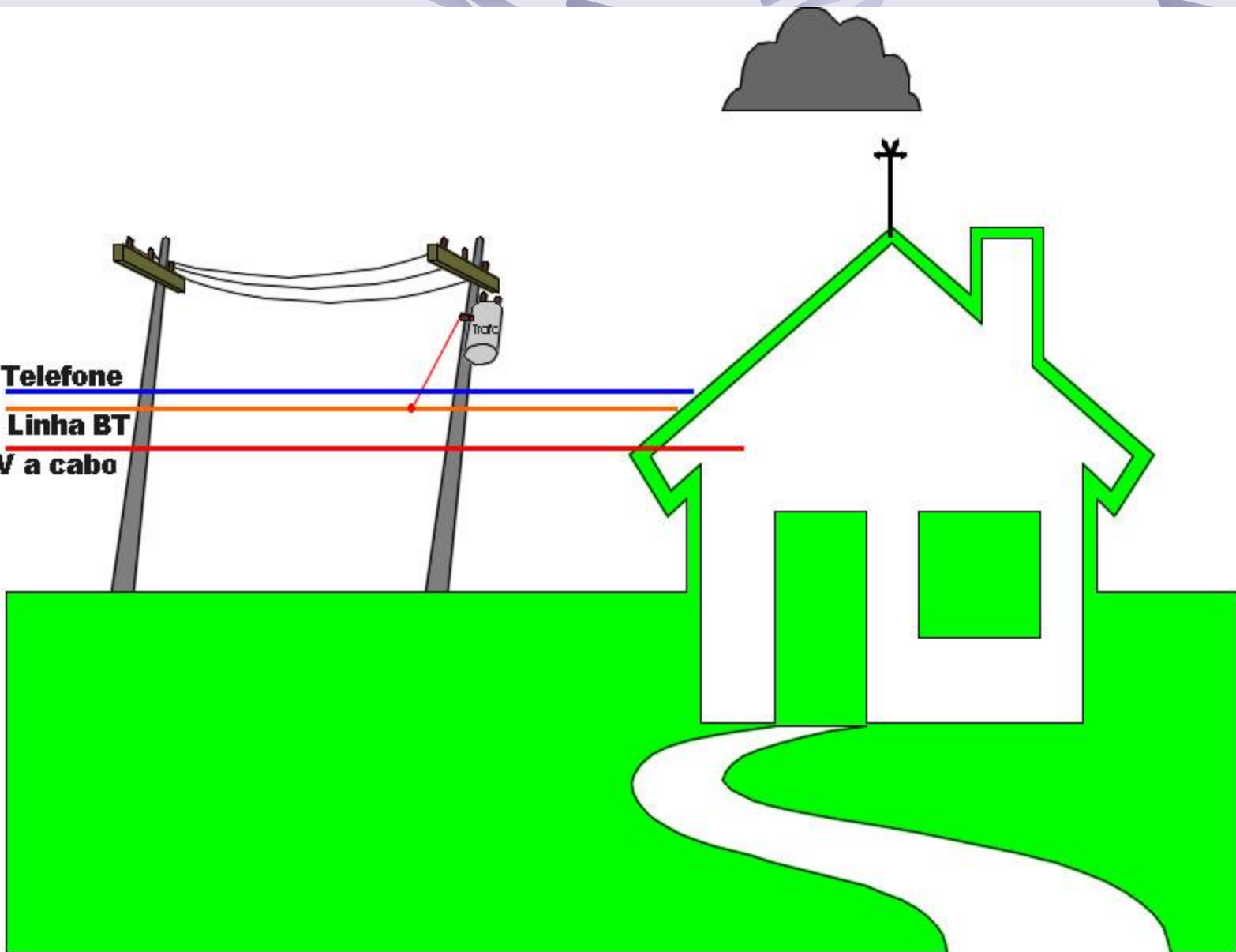
Linha BT

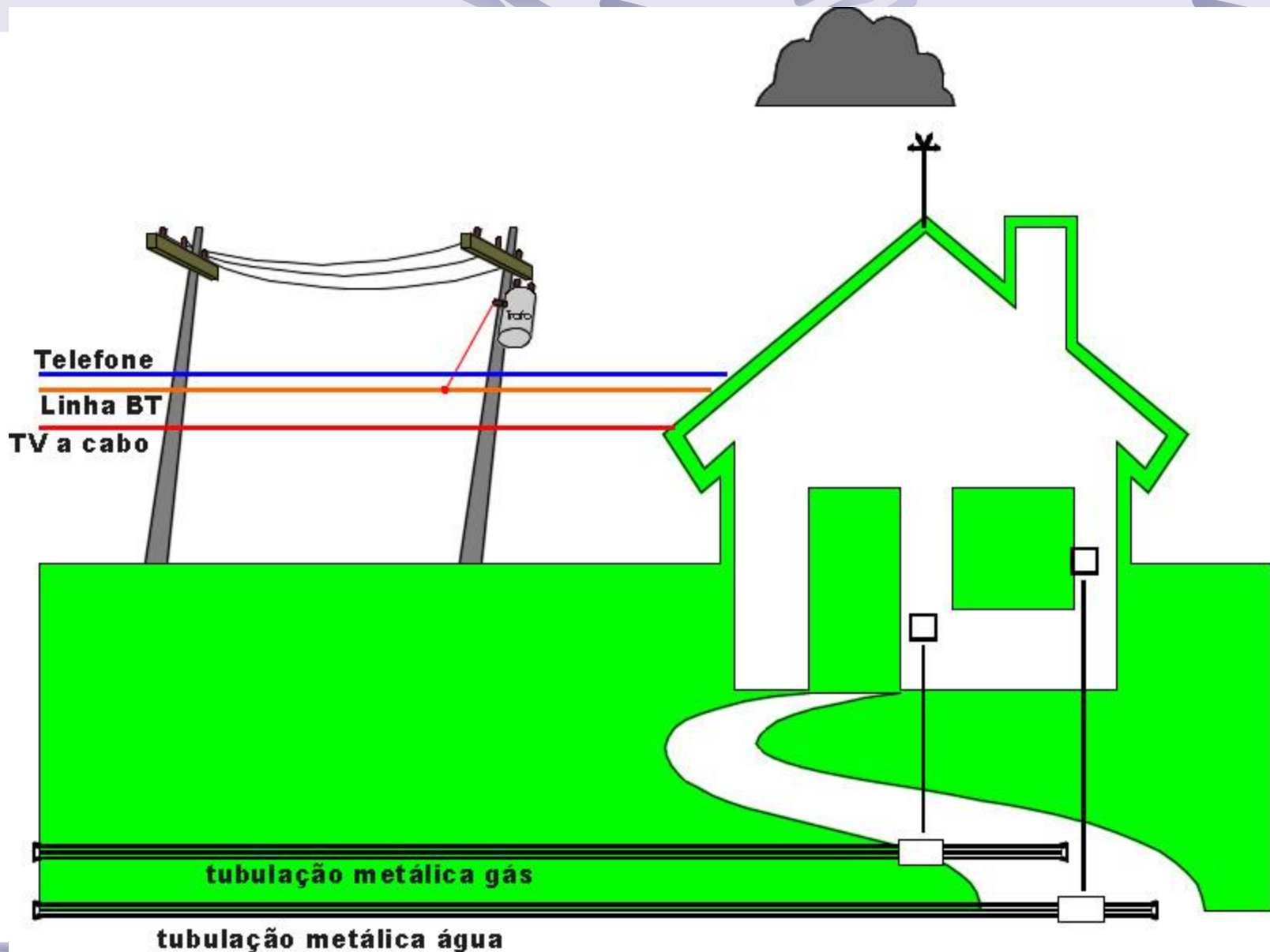


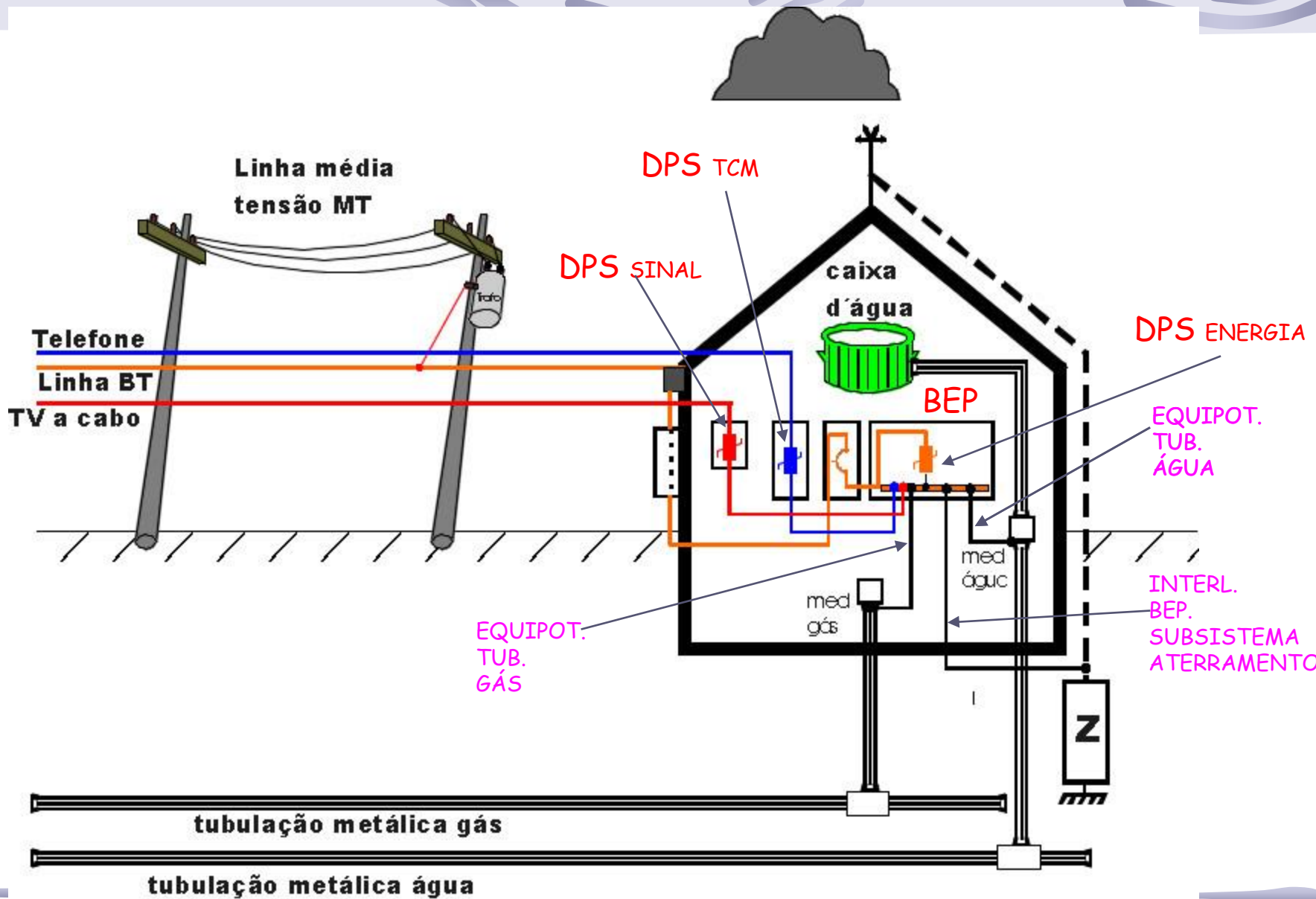
Telefone
Linha BT

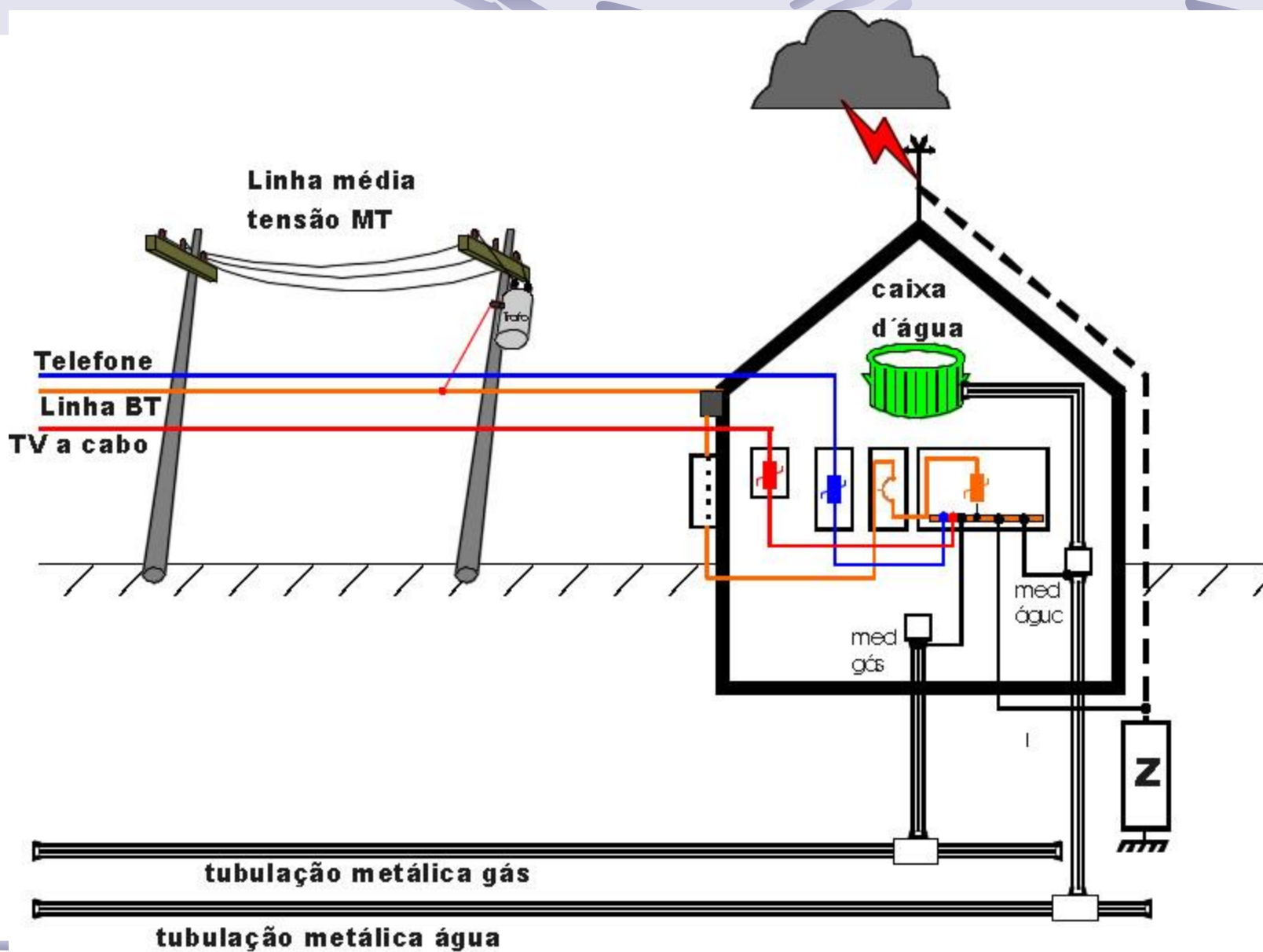


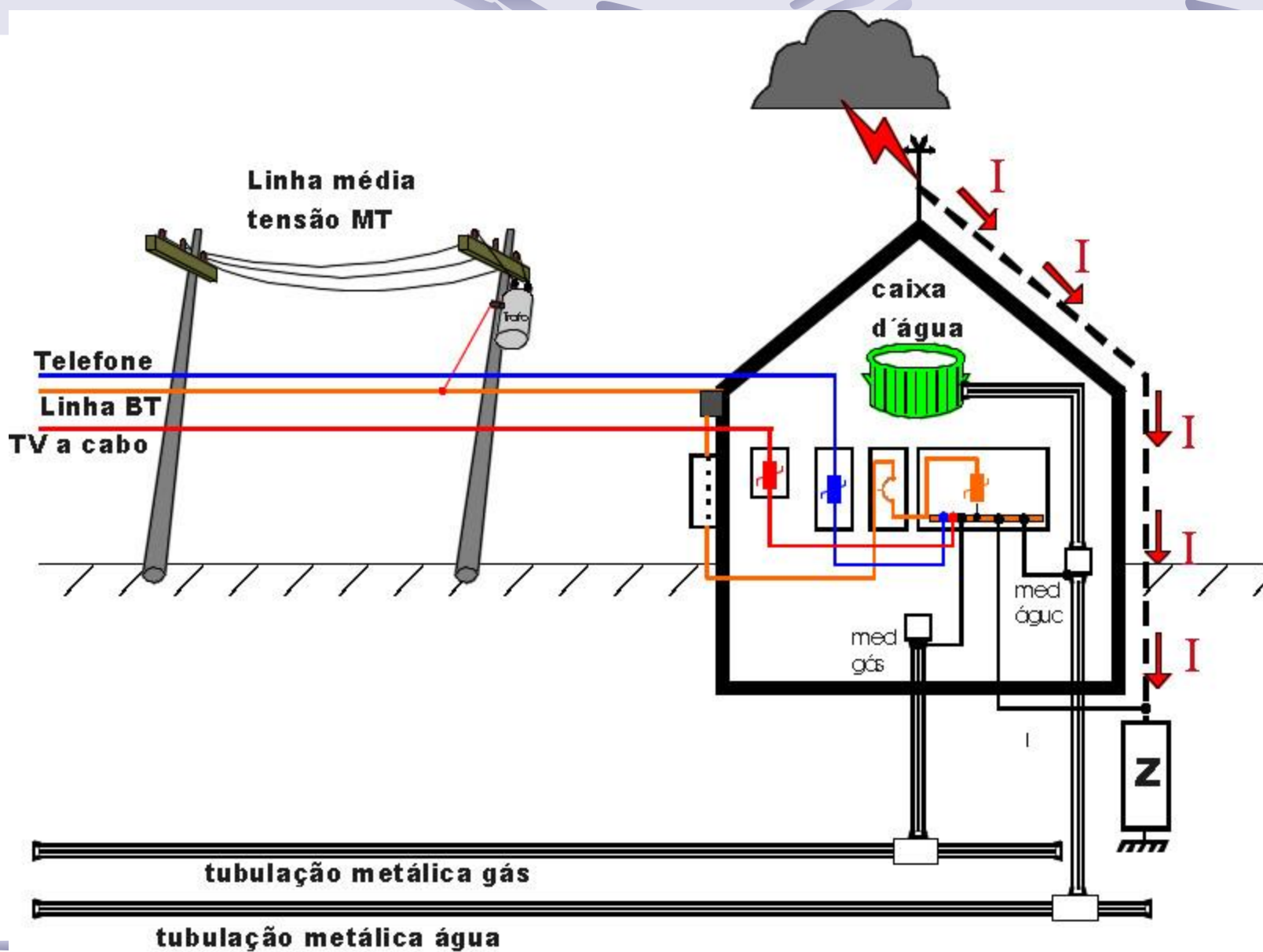
Telefone
Linha BT
TV a cabo

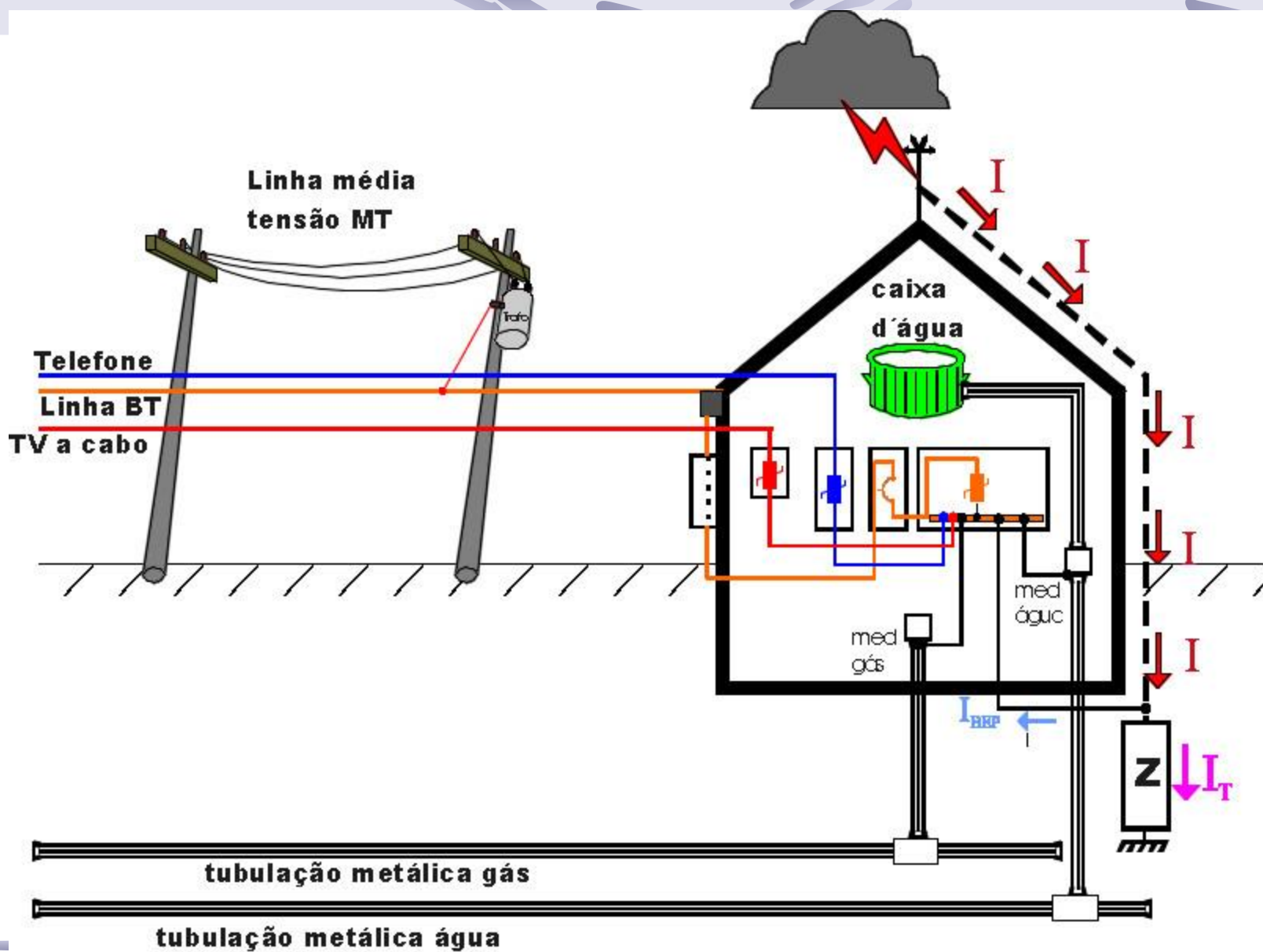


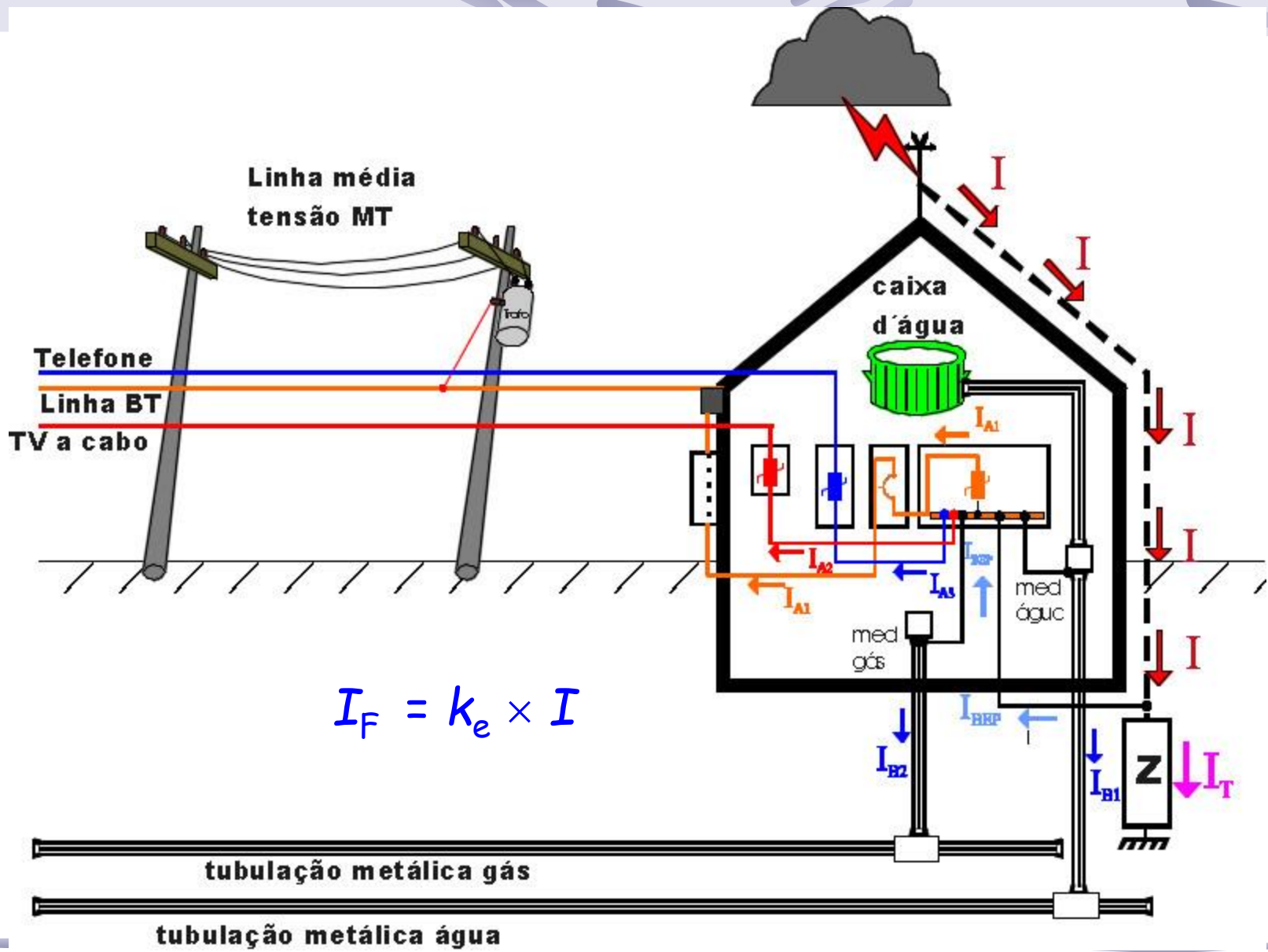




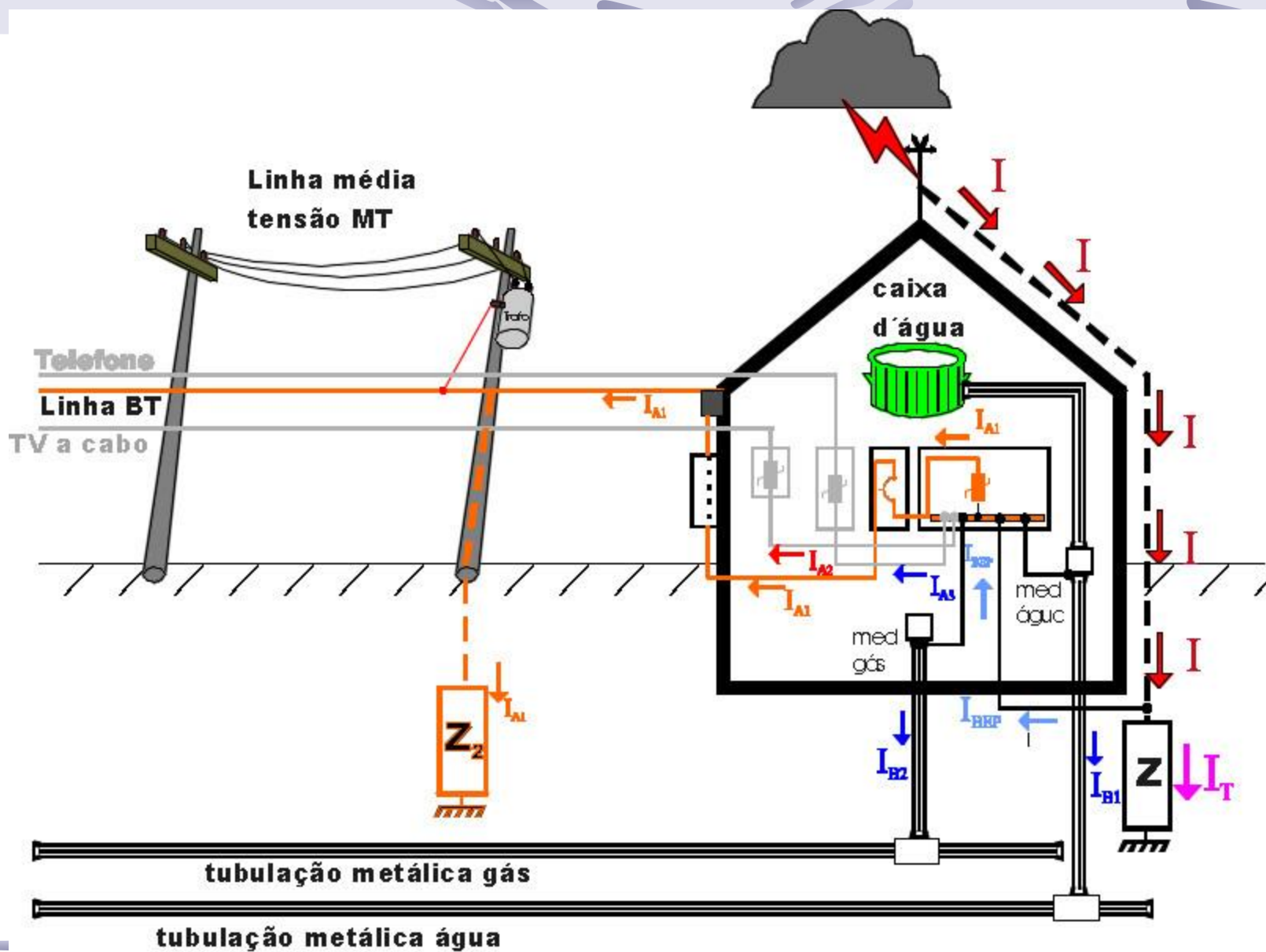




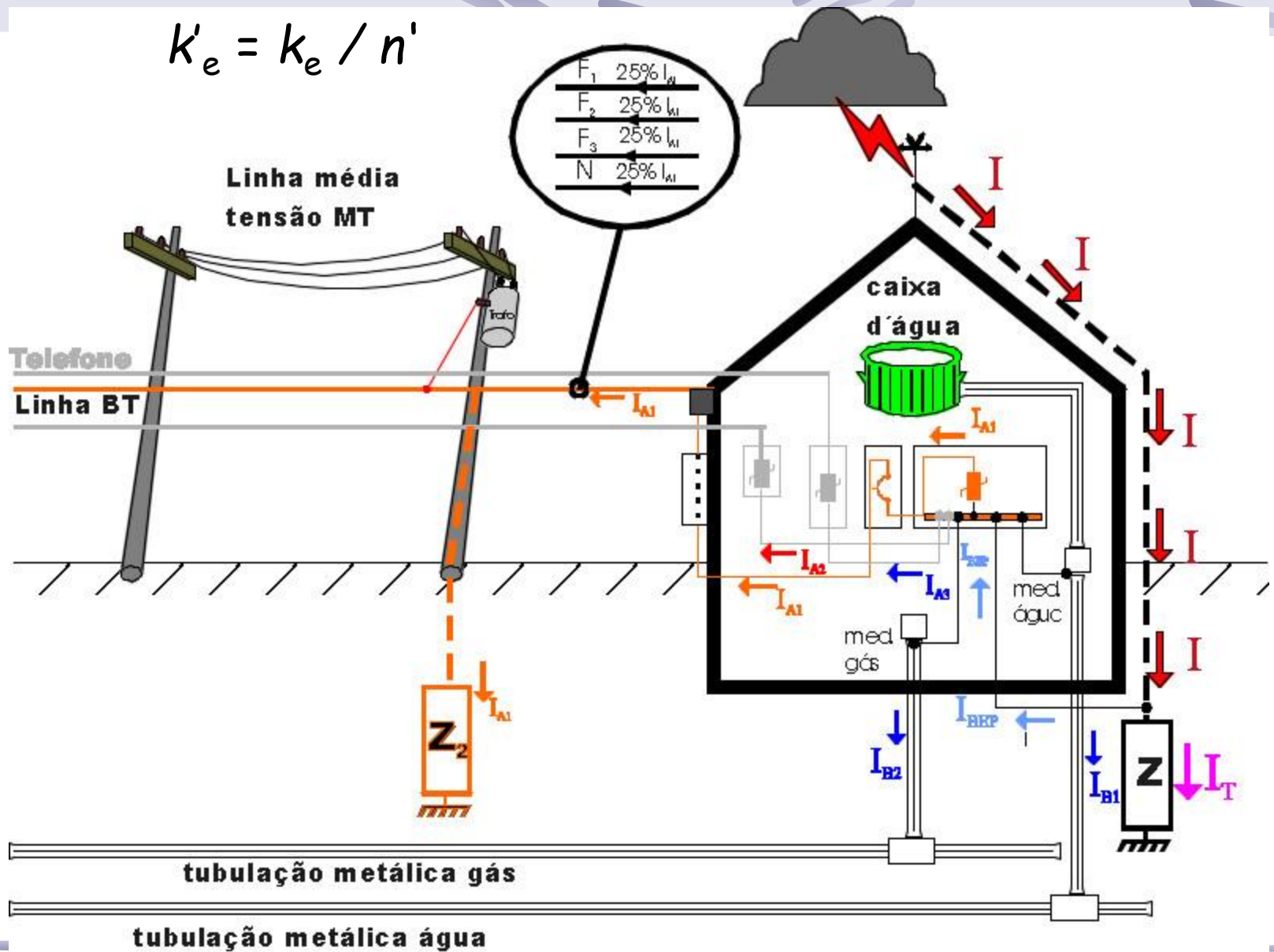


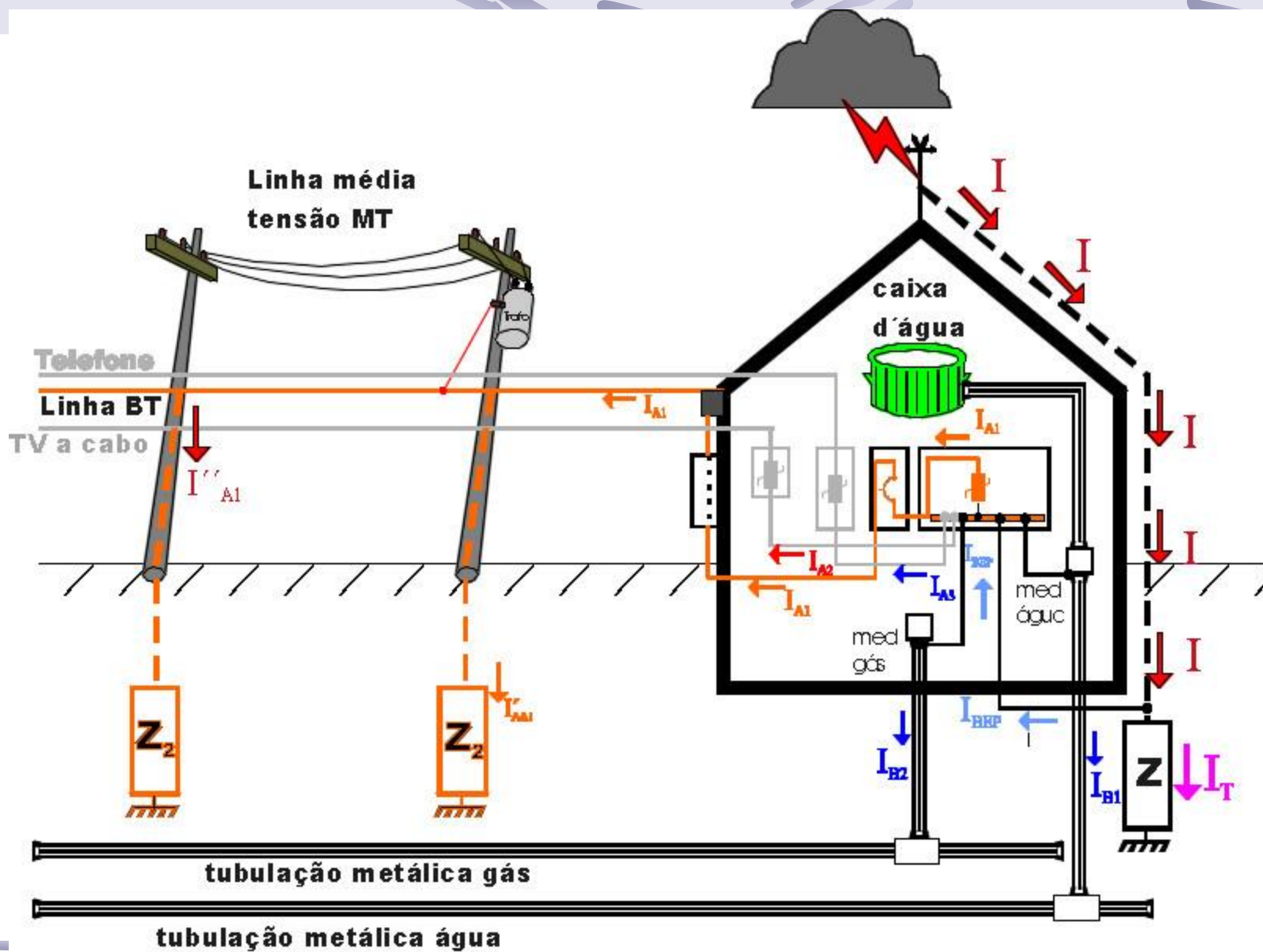


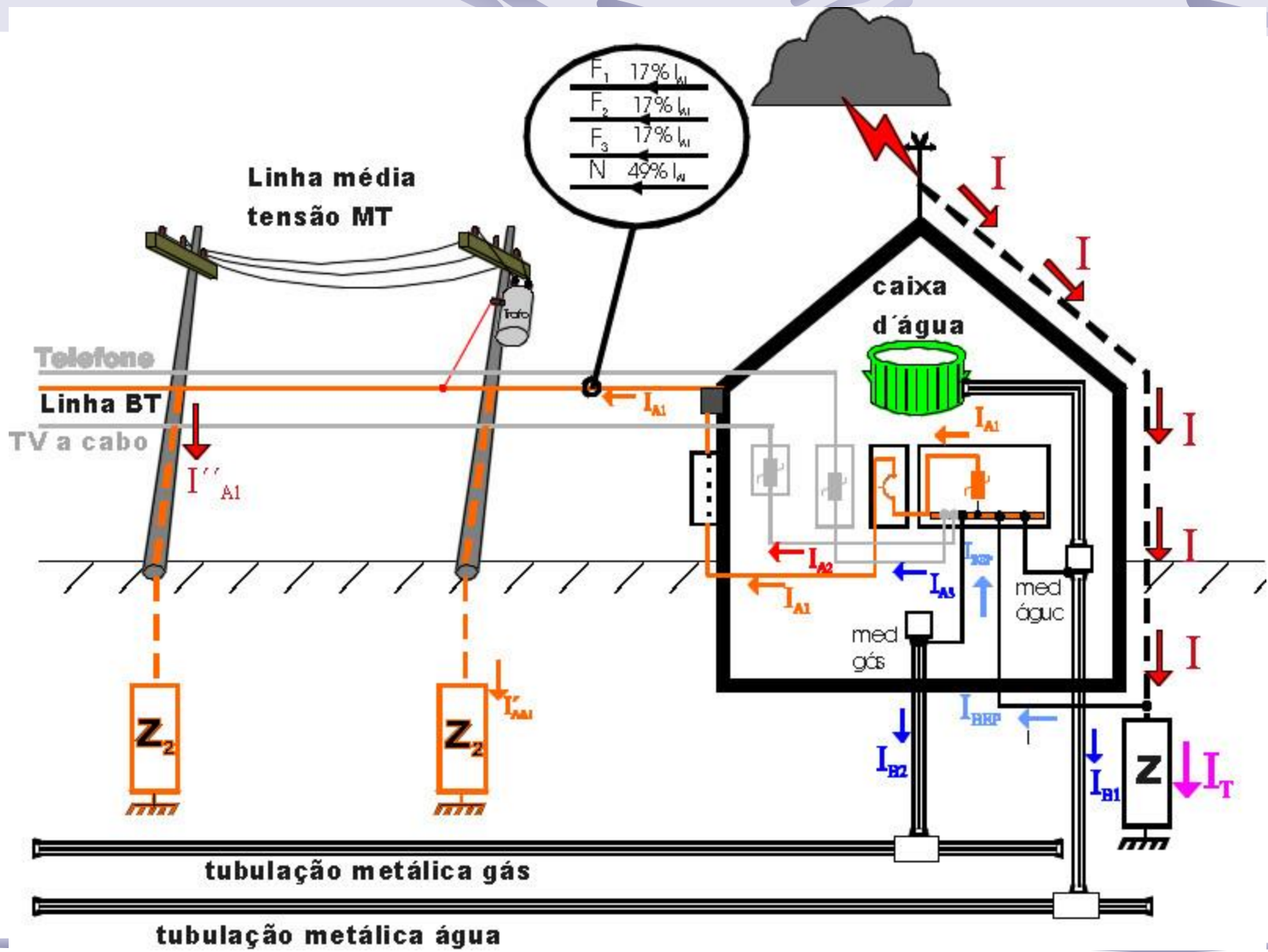
$$I_F = k_e \times I$$

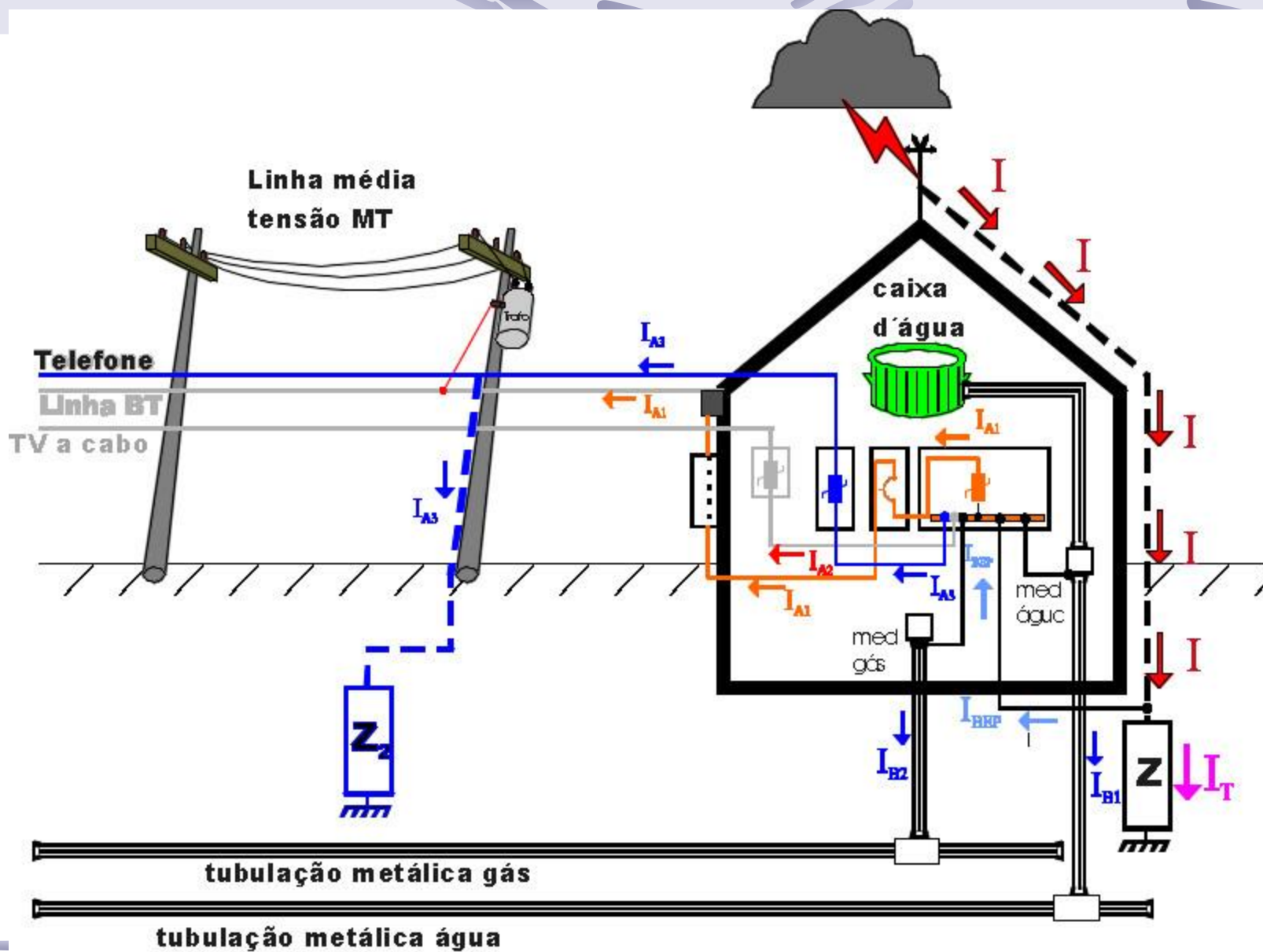


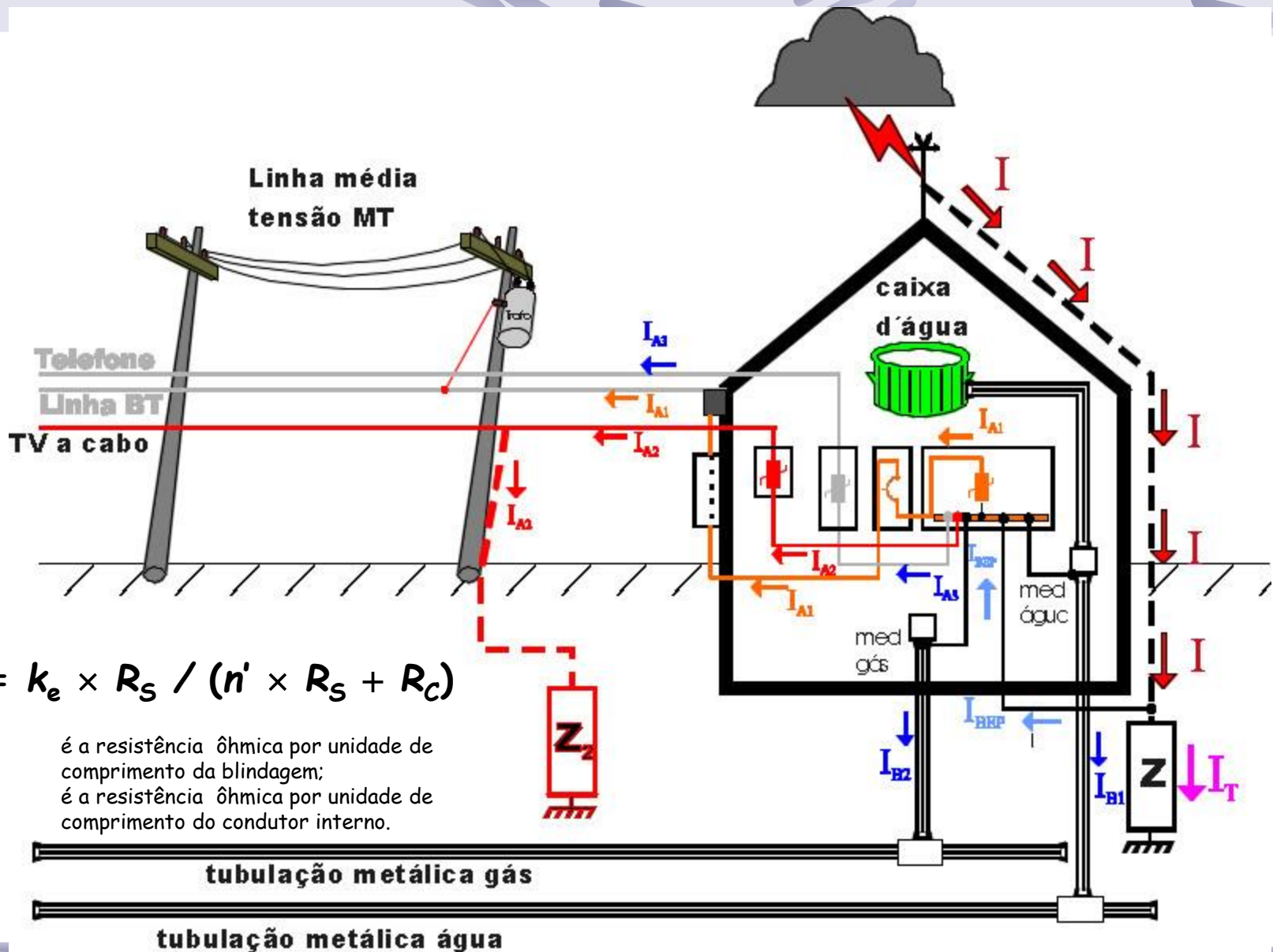
$$K'_e = k_e / n'$$









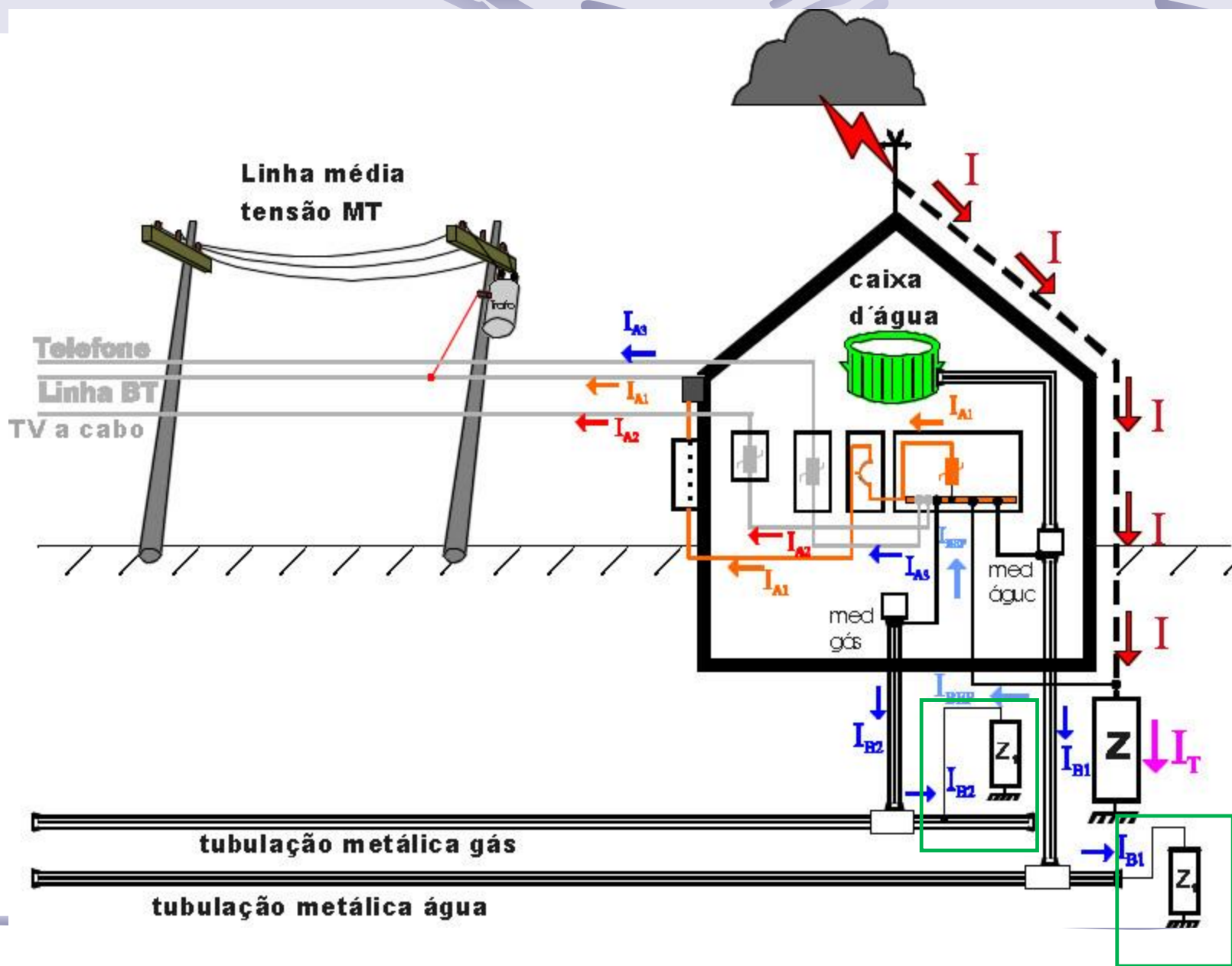


$$k'_e = k_e \times R_s / (n' \times R_s + R_c)$$

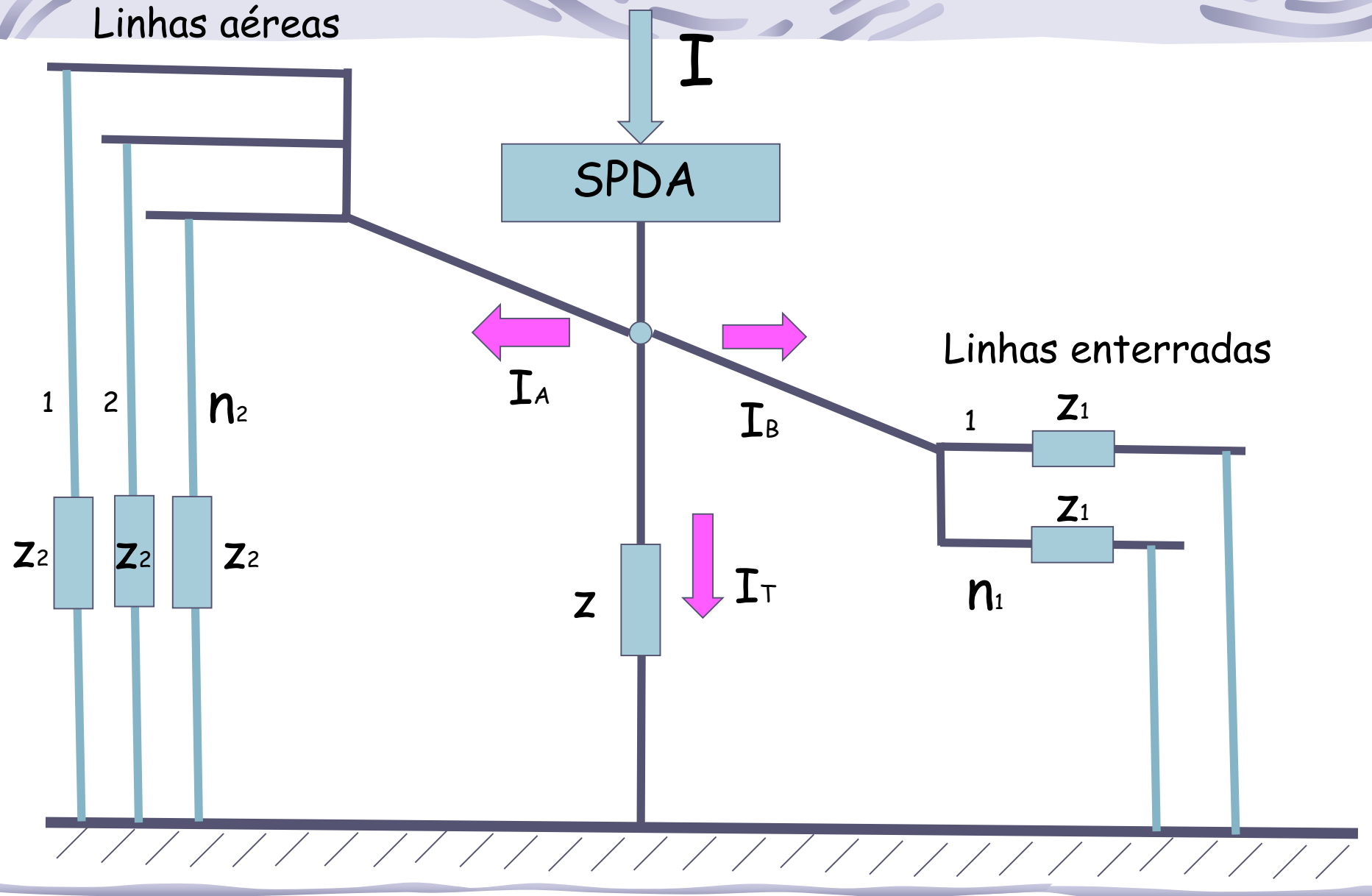
R_s é a resistência ôhmica por unidade de comprimento da blindagem;
 R_c é a resistência ôhmica por unidade de comprimento do condutor interno.

tubulação metálica gás

tubulação metálica água



Linhas aéreas



SPDA

Linhas enterradas

1 2 n_2

z_2 z_2 z_2

z I_T

1 z_1 z_1 n_1

Para instalação aérea:

Para instalação enterrada:

$$k_e = \frac{Z}{Z_1 + Z \times (n_1 + n_2 \times \frac{Z_1}{Z_2})}$$

$$k_e = \frac{Z}{Z_2 + Z \times (n_2 + n_1 \times \frac{Z_2}{Z_1})}$$

onde

Z é a impedância convencional de aterramento do sistema de aterramento;

Z_1 é a impedância convencional de aterramento das partes externas ou linhas externas (Tabela E.1) instaladas enterradas;

Z_2 é a resistência de terra do arranjo de aterramento que conecta a linha aérea à terra.

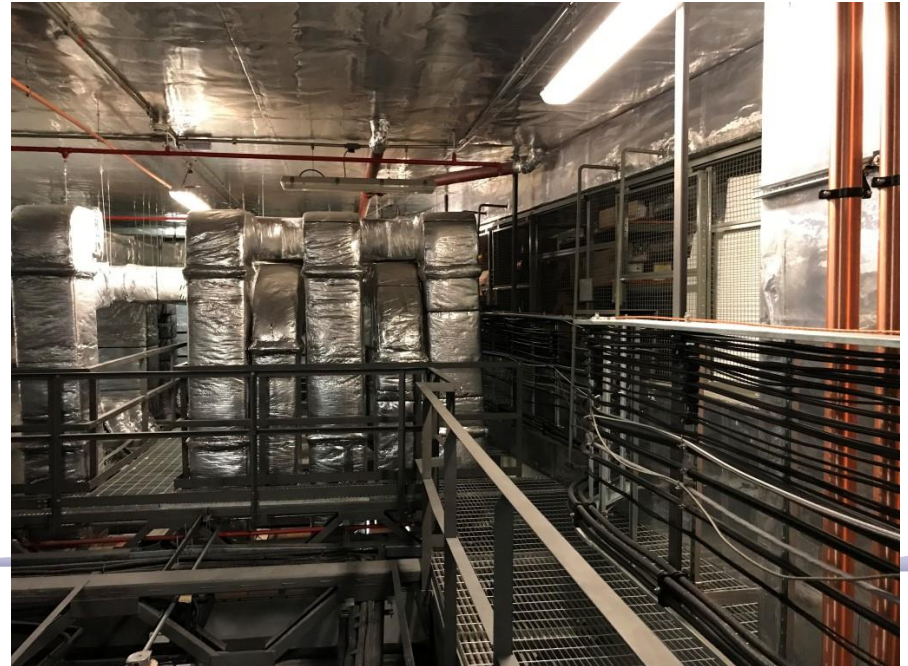
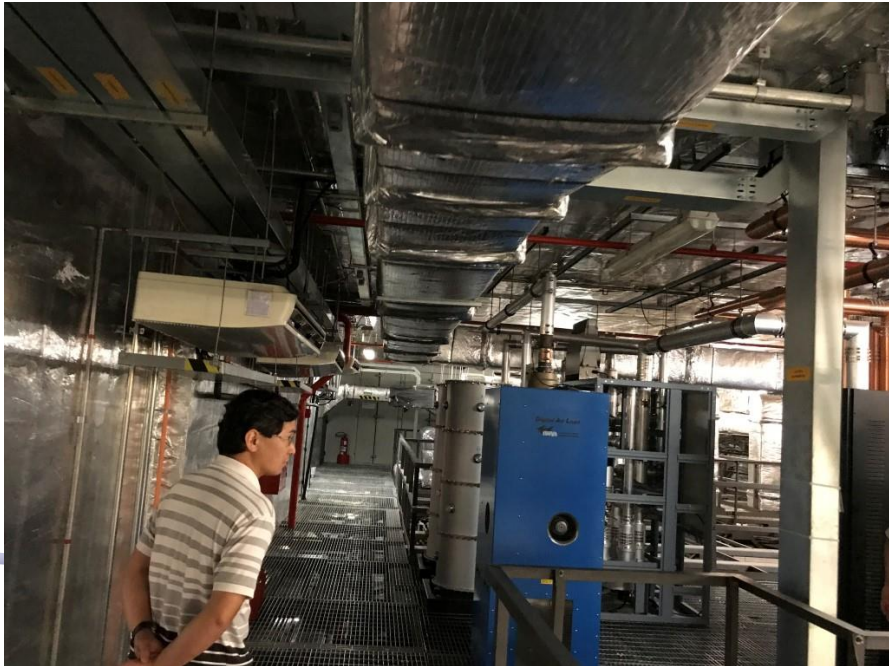
Se a resistência de terra do ponto de aterramento não for conhecida, o valor de Z_1 pode ser utilizado (observando, na Tabela E.1, a resistividade do solo no ponto de aterramento).

Coordenação de DPSs (coordinated SPD system)

DPS adequadamente selecionados, coordenados e instalados para formar um conjunto que visa reduzir falhas dos sistemas internos

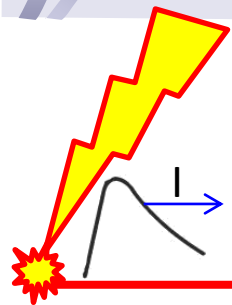
Blindagem magnética (*magnetic shield*)

Tela metálica, em forma de malha ou contínua que envolve a estrutura a ser protegida, ou parte dela, utilizada para reduzir falhas dos sistemas eletro-eletrônicos.

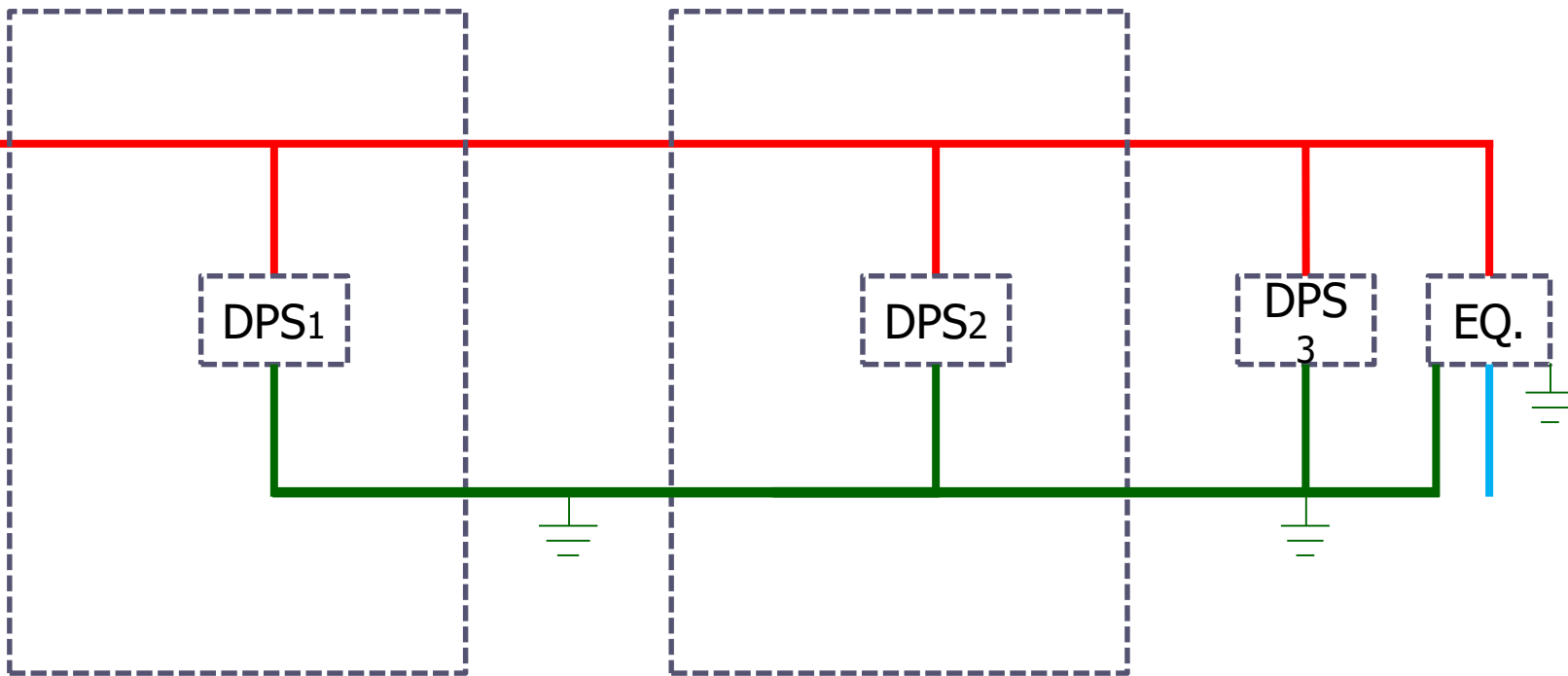


Coordenação de DPSs (coordinated SPD system)

DPS adequadamente selecionados, coordenados e instalados para formar um conjunto que visa reduzir falhas dos sistemas internos

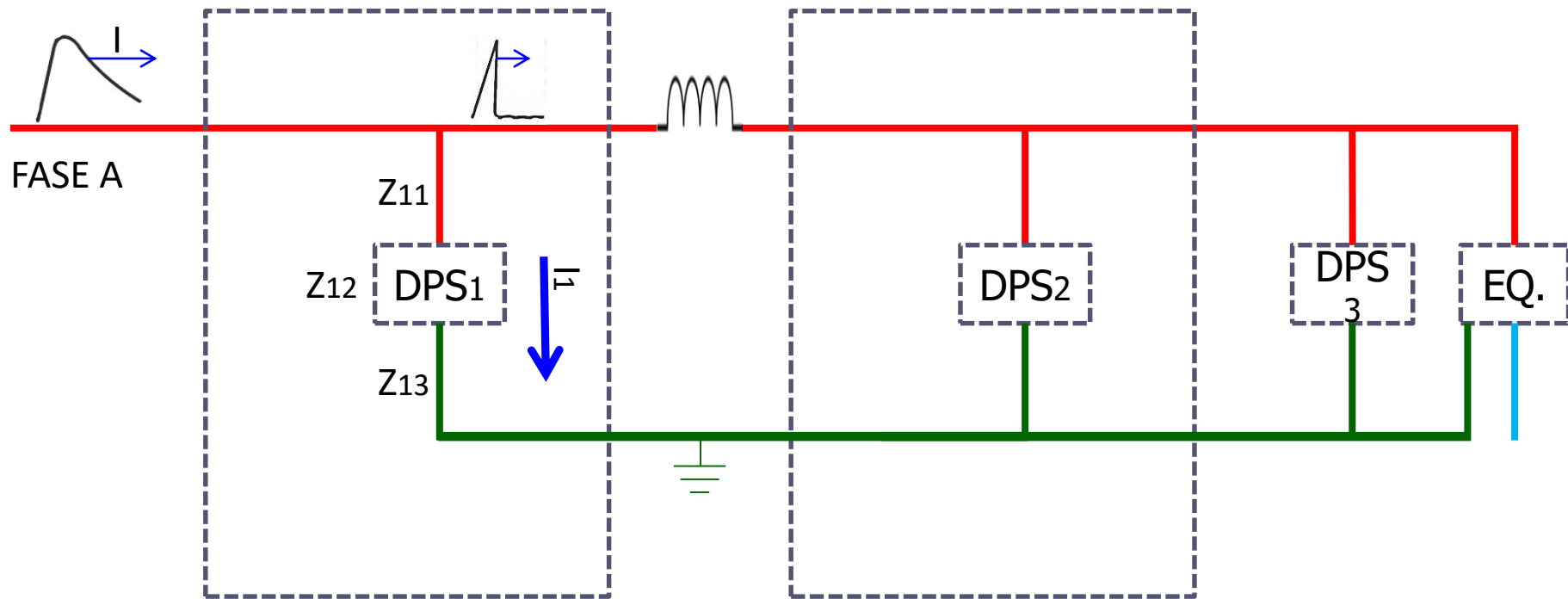


FASE A



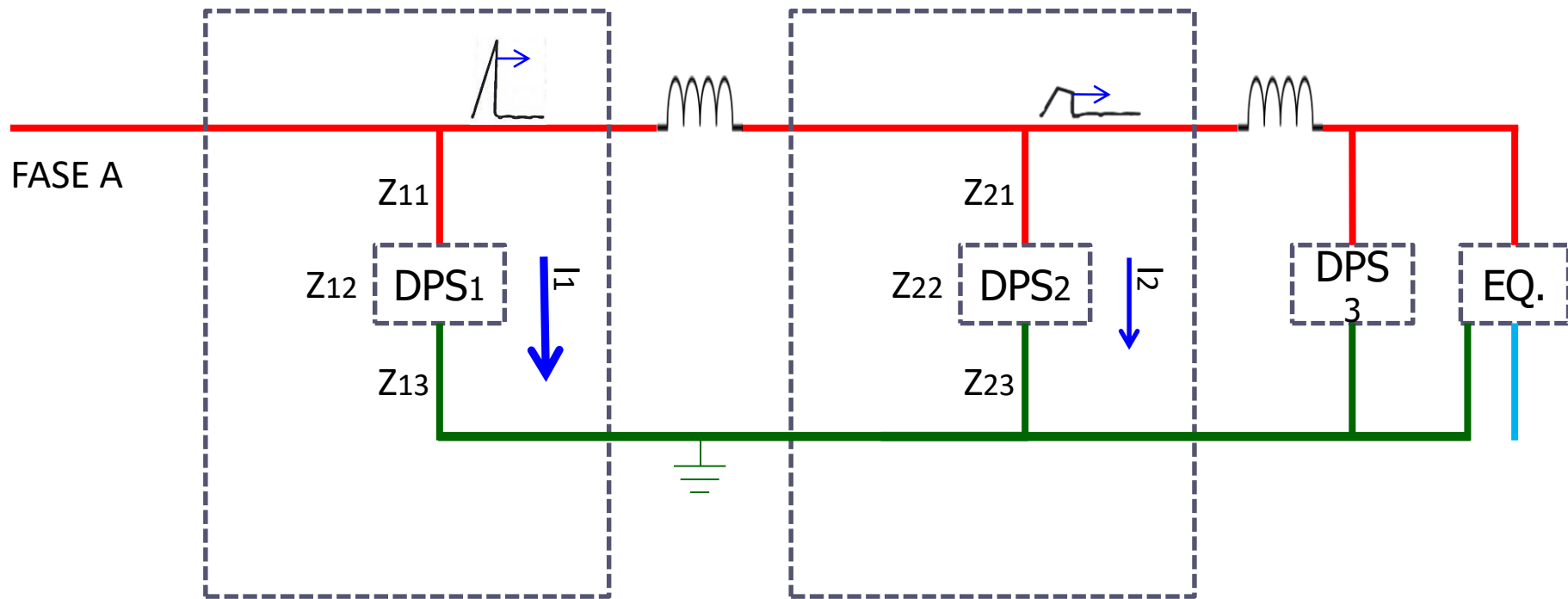
QUADRO DE
DISTRIBUIÇÃO
PRINCIPAL (BEP)

QUADRO
SECUNDÁRIO



QUADRO DE
DISTRIBUIÇÃO
PRINCIPAL (BEP)

QUADRO
SECUNDÁRIO



FASE A

Z_{11}

Z_{12}

Z_{13}

DPS1



Z_{21}

Z_{22}

Z_{23}

DPS2



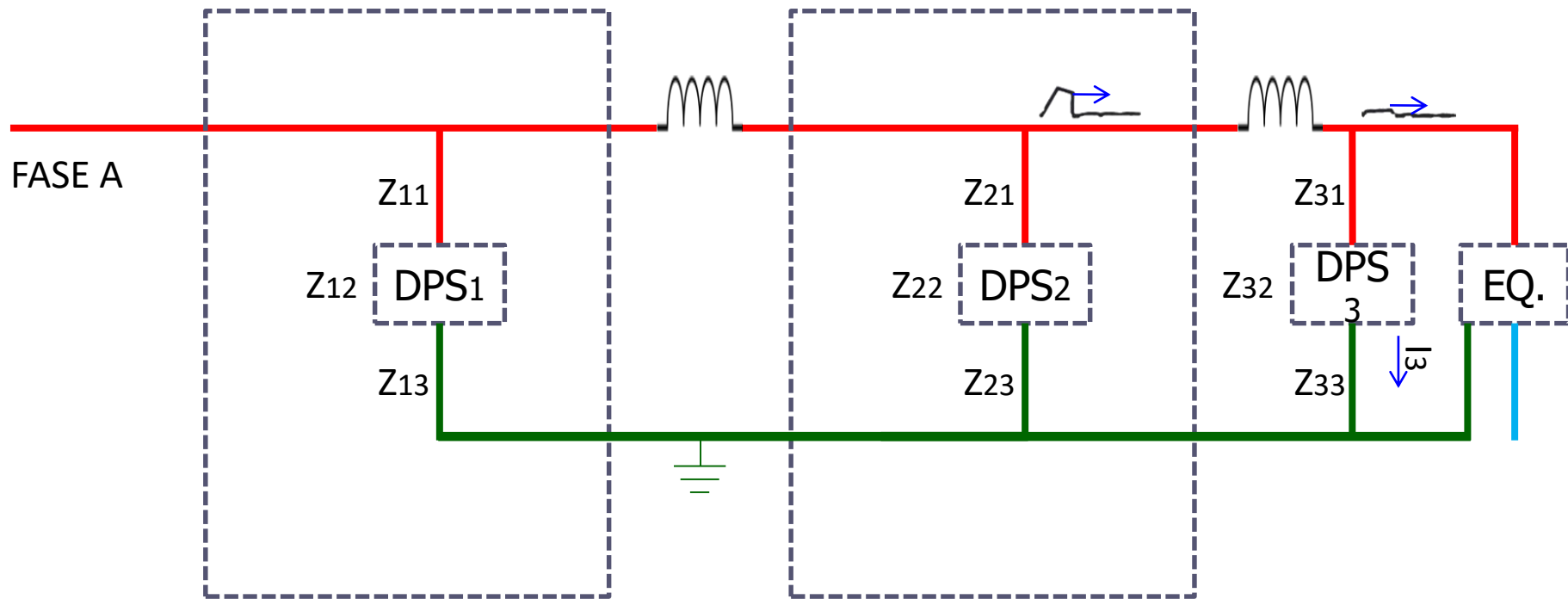
DPS

3

EQ.

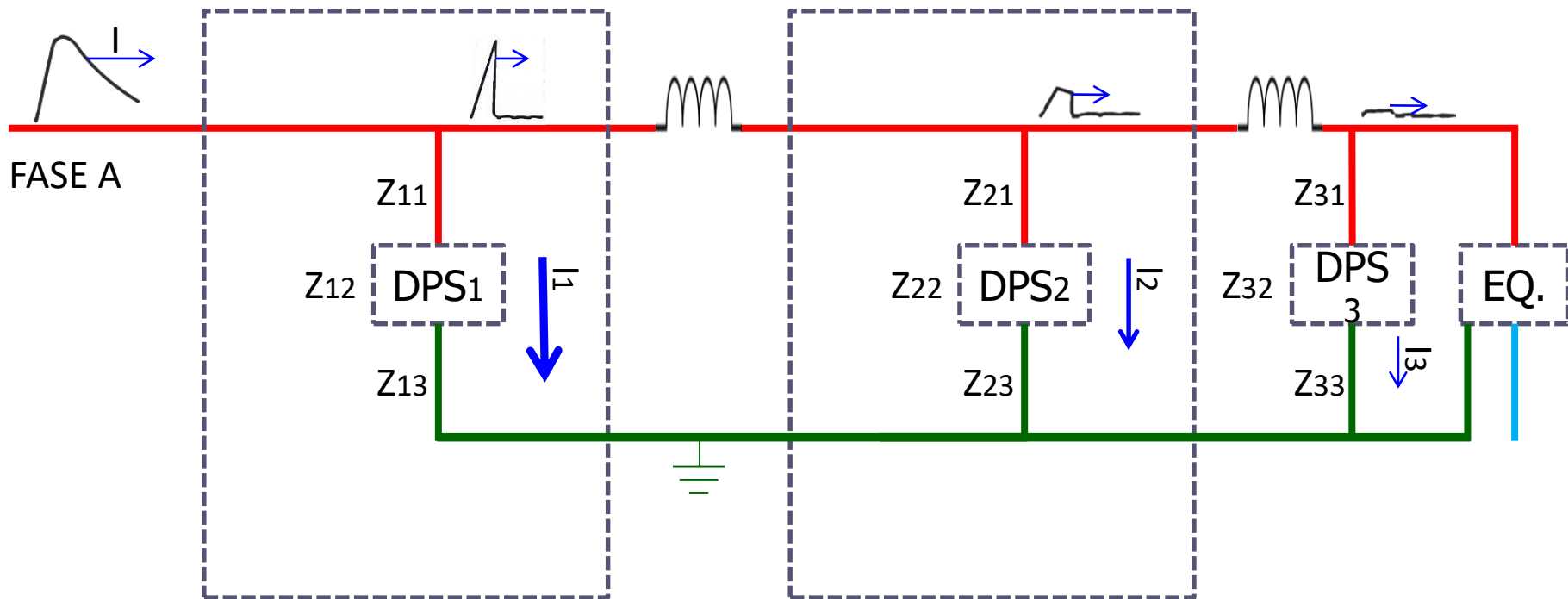
QUADRO DE
DISTRIBUIÇÃO
PRINCIPAL (BEP)

QUADRO
SECUNDÁRIO



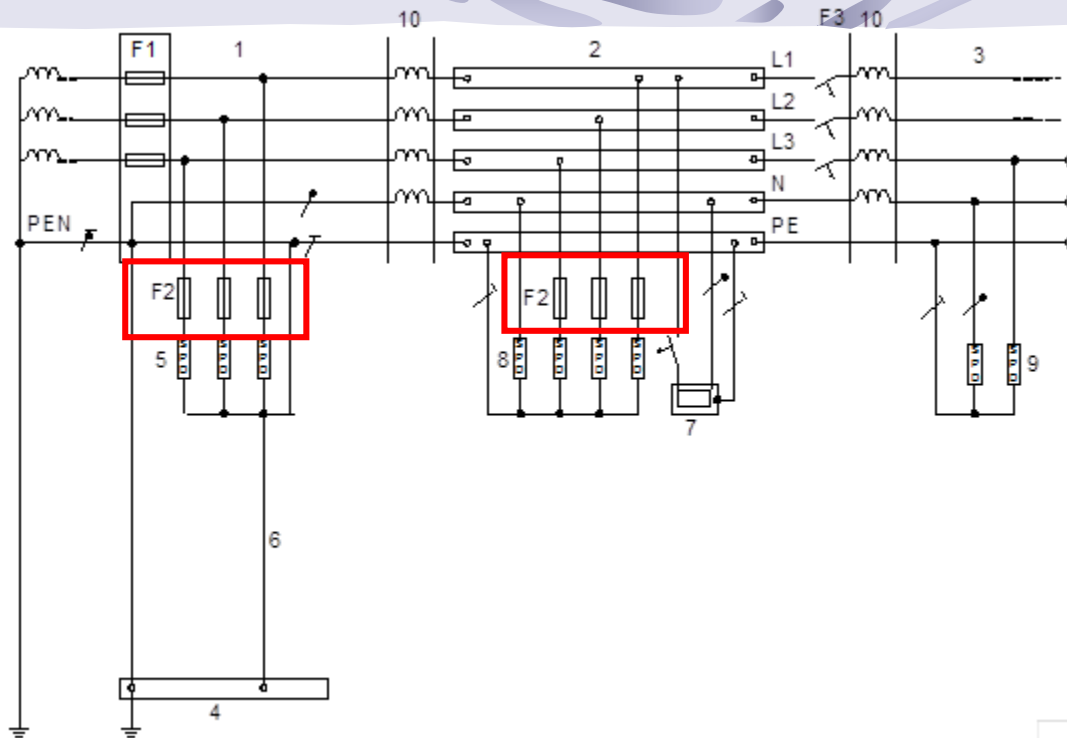
QUADRO DE
DISTRIBUIÇÃO
PRINCIPAL (BEP)

QUADRO
SECUNDÁRIO



QUADRO DE
DISTRIBUIÇÃO
PRINCIPAL (BEP)

QUADRO
SECUNDÁRIO



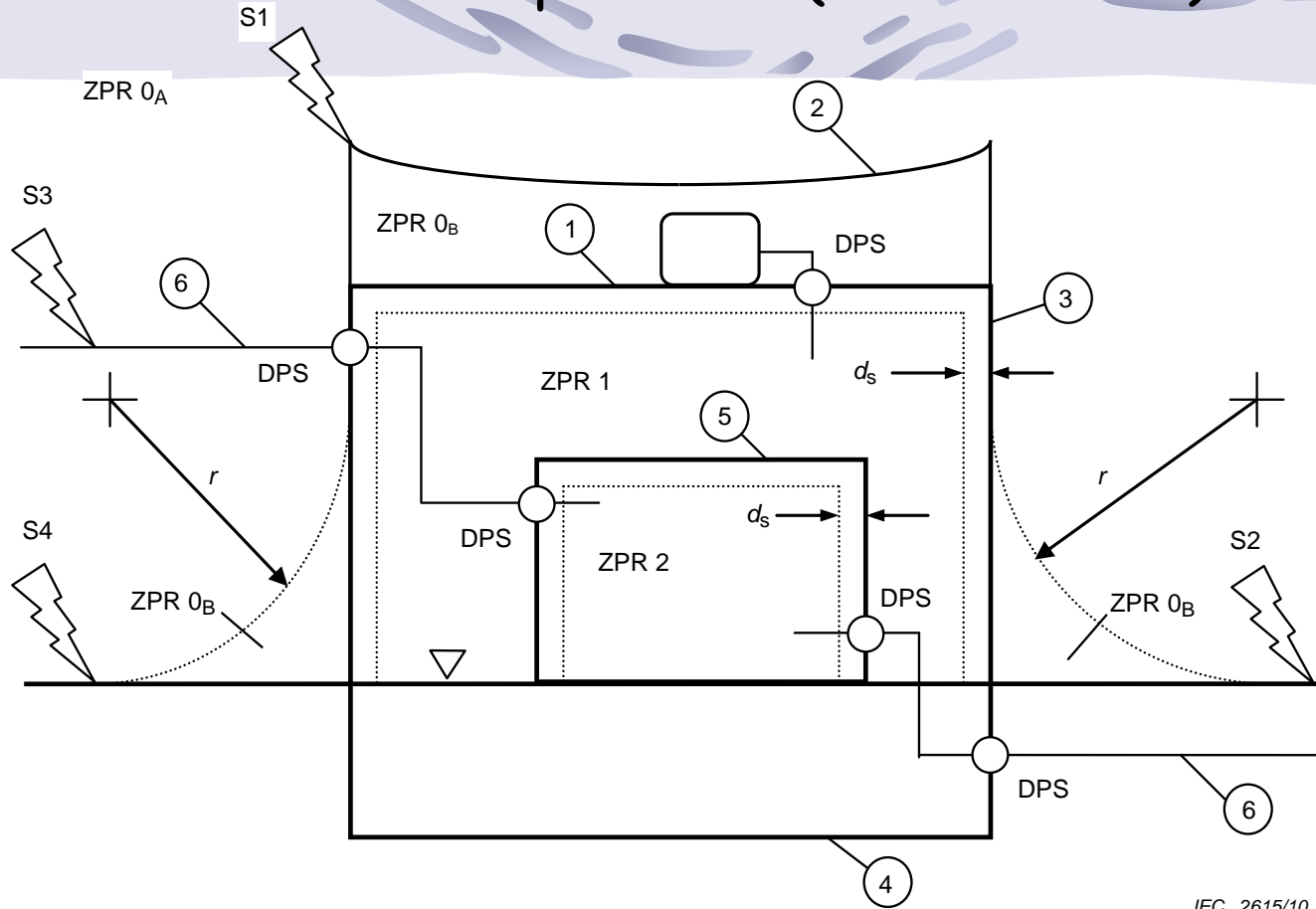
IEC 2812/10

Legenda

- | | |
|---|---|
| 1 origem da instalação | 7 equipamento fixo protegido |
| 2 quadro de distribuição | 8 dispositivo de proteção contra surtos, ensaiado como classe 2 |
| 3 tomada | 9 dispositivo de proteção contra surtos, ensaiado como classe 2 ou classe 3 |
| 4 terminal ou barra de equipotencialização principal | 10 elemento de desacoplamento ou comprimento da linha |
| 5 dispositivos de proteção contra surto, ensaiado como classe 1 ou 2 | F1, F2, F3 dispositivos de proteção contra sobrecorrentes |
| 6 conexões de aterramento (condutor de aterramento) do dispositivo de proteção contra surto | |

Figura D.1 - Exemplo de instalação de DPS classe 1, classe 2 e classe 3.

ZPR definidas por MPS (NBR 5419-4)

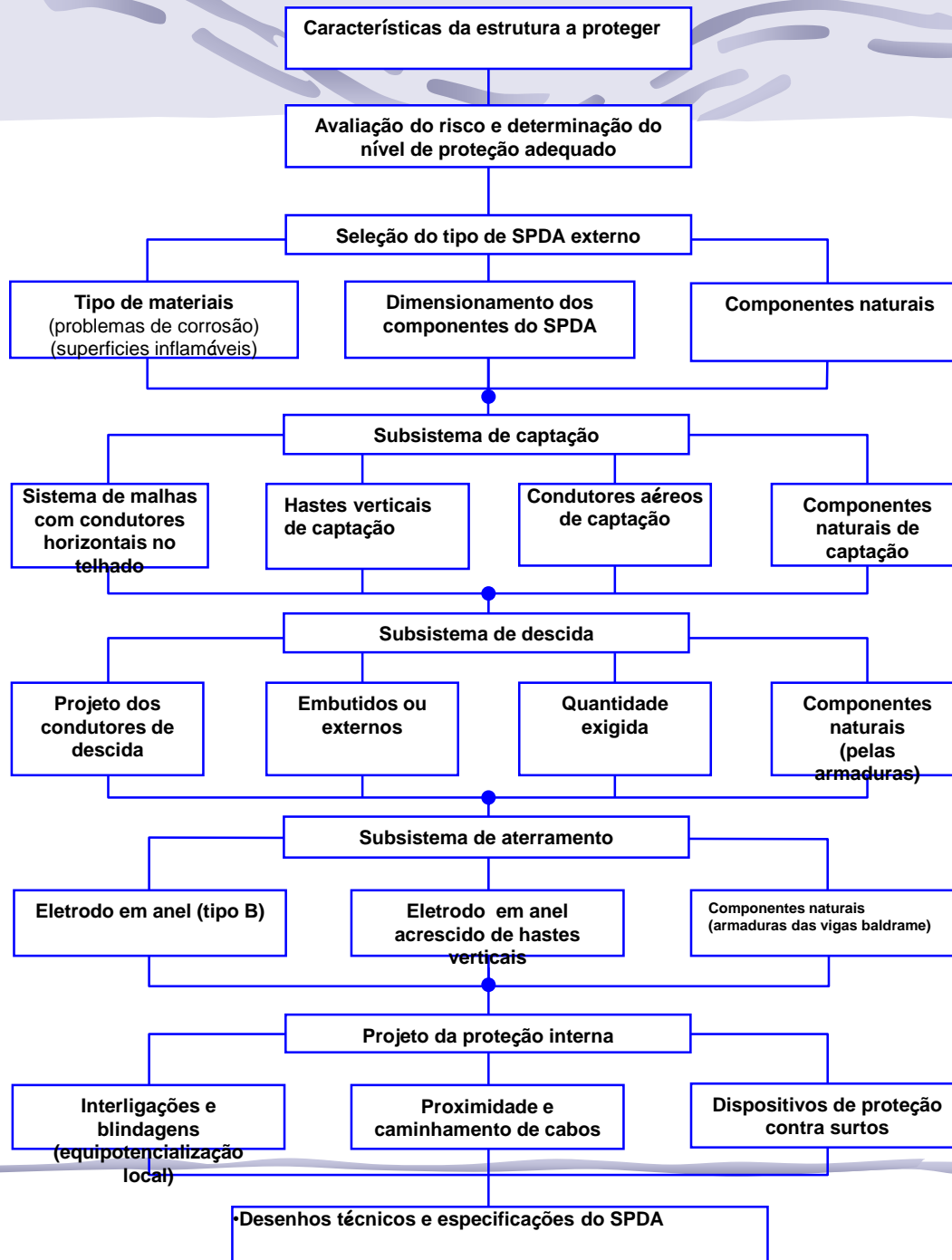


IEC 2615/10

1	Estrutura (blindagem da ZPR 1)	S1	Descarga na estrutura
2	Subsistema de captação	S2	Descarga perto da estrutura
3	Subsistema de descida	S3	Descarga em linhas ou tubulações que adentram na estrutura
4	Subsistema de aterramento	S4	Descarga perto de linhas ou tubulações que adentram na estrutura
5	Recinto (blindagem da ZPR 2)	r	Raio da esfera rolante
6	Linhas e tubulações que adentram na estrutura	d_s	Distância de segurança contra campo magnético muito elevado

PROJETO

SPDA

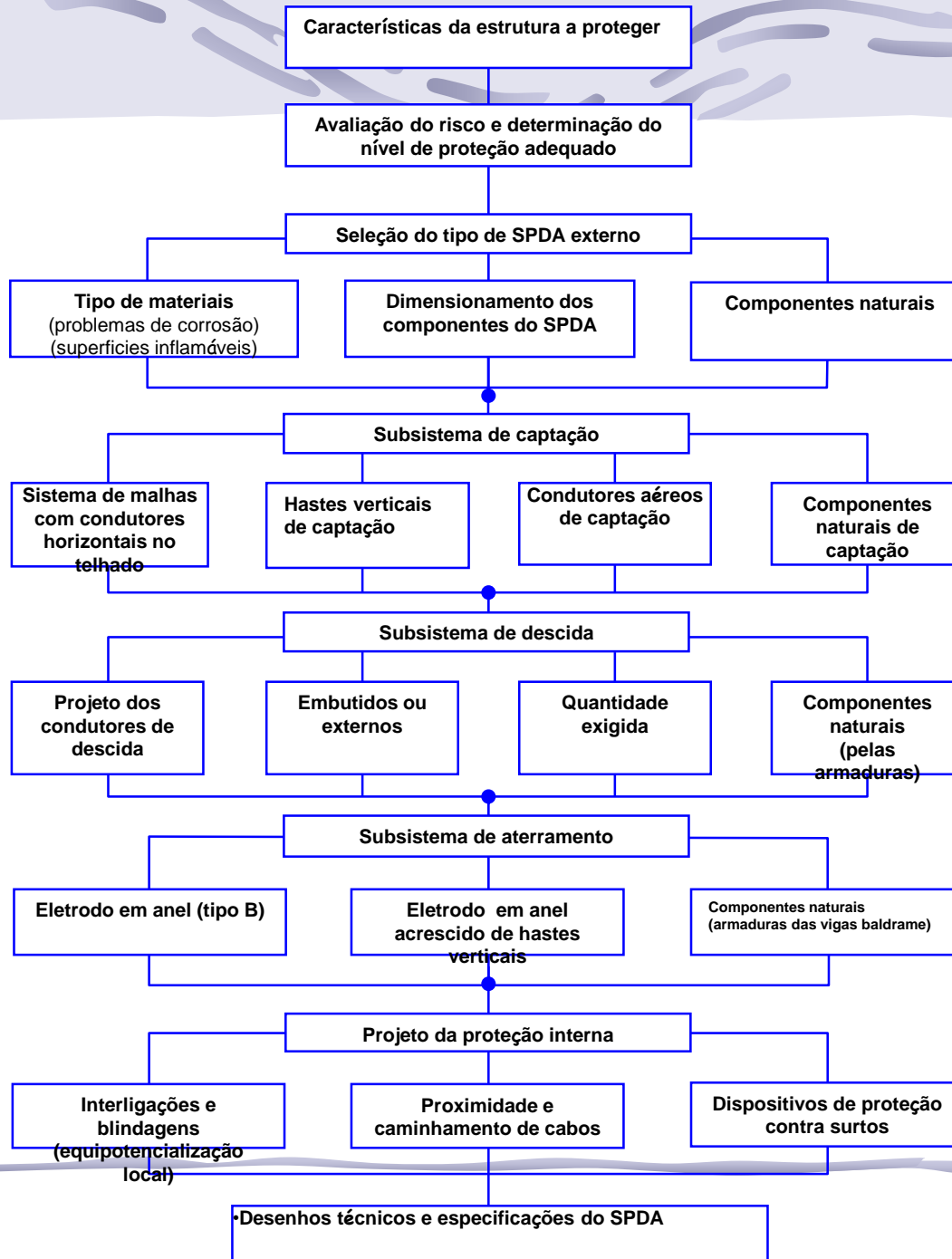


RESULTADO DA ANÁLISE DE RISCO

CONSIDERANDO CASO 1:

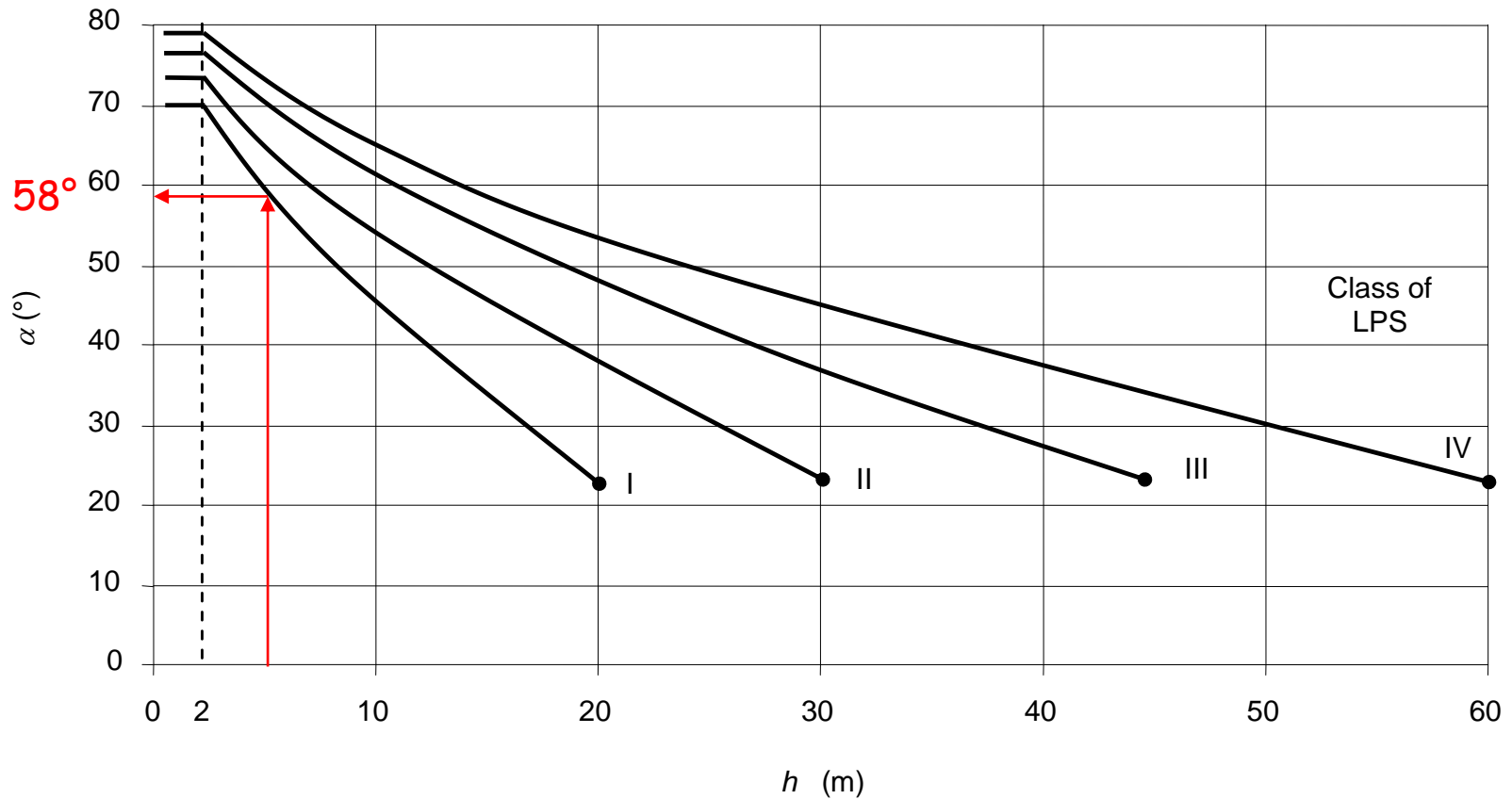
- INSTALAR NA ZONA 2:
 - SPDA N.P I
 - ALARME AUTOMÁTICO DE INCÊNDIO
 - SIST. COORD. DPS N.P II (ENERGIA)
 - SIST. COORD. DPS N.P II (TCM)

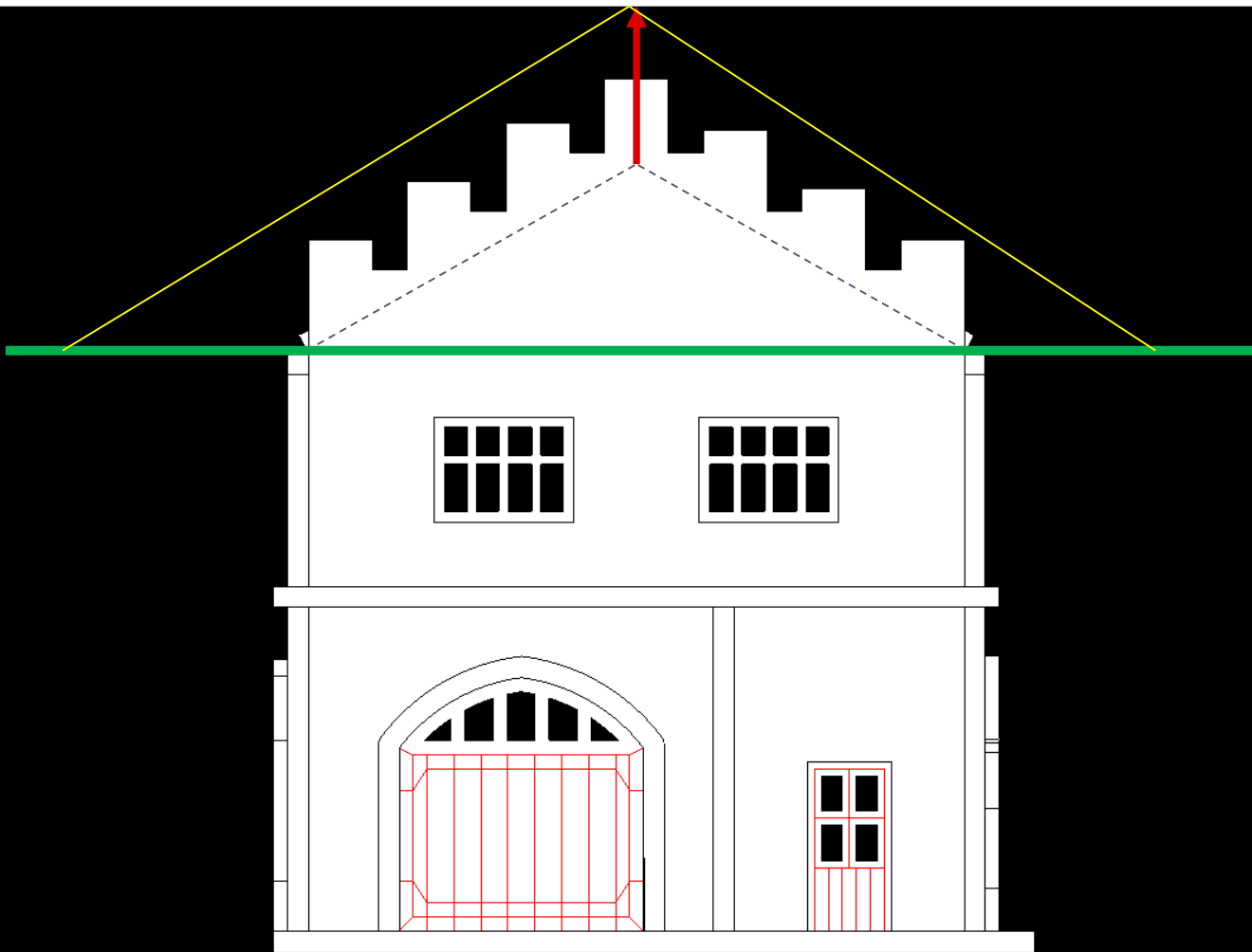
CAPTAÇÃO



METODO DE FRANKLIN:

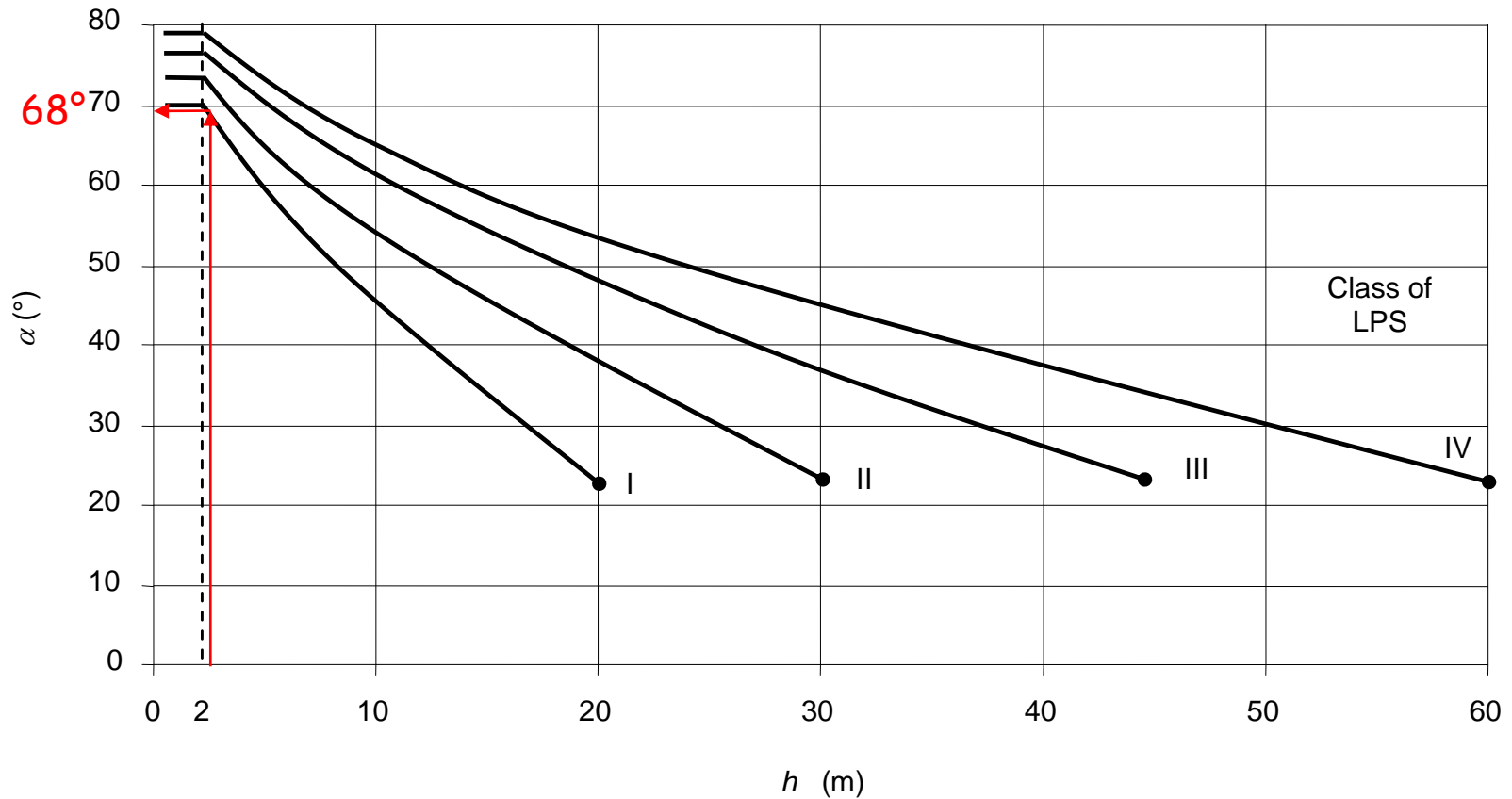
Hastes de 2,5 m: Ponta até o plano de referencia: 5,5 m

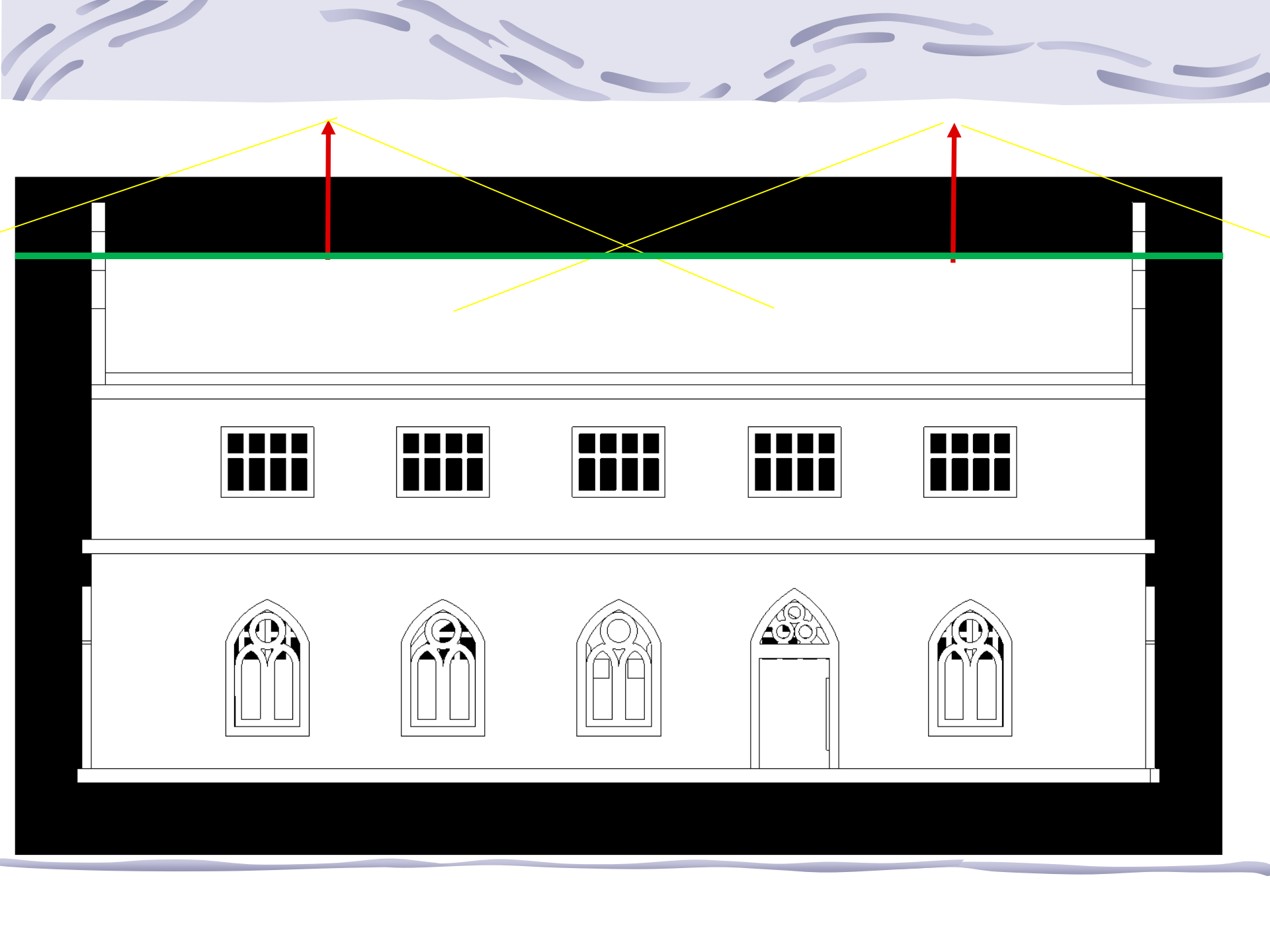




METODO DE FRANKLIN:

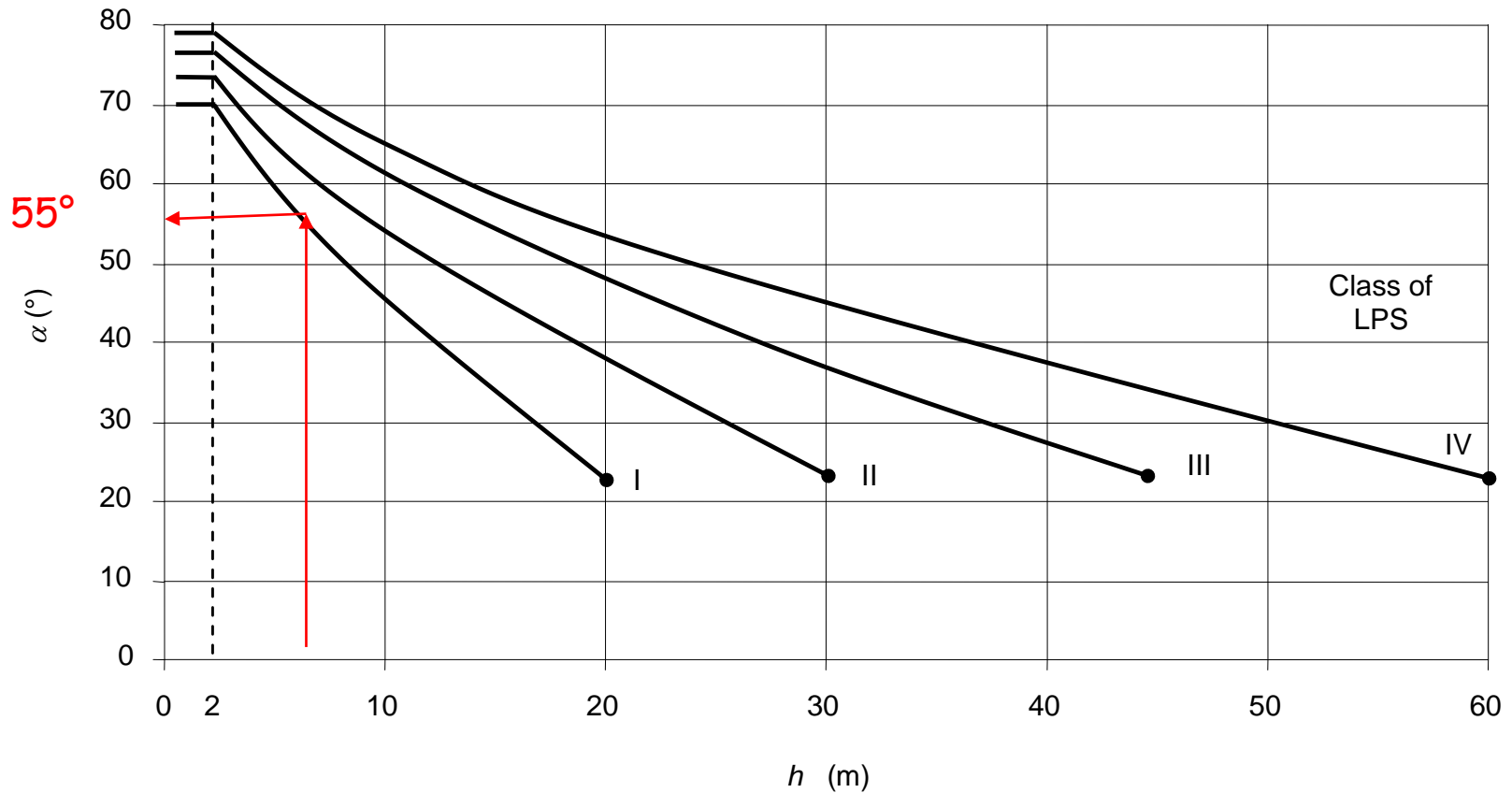
Hastes de 2,5 m: Ponta até o plano de referencia: 2,5 m

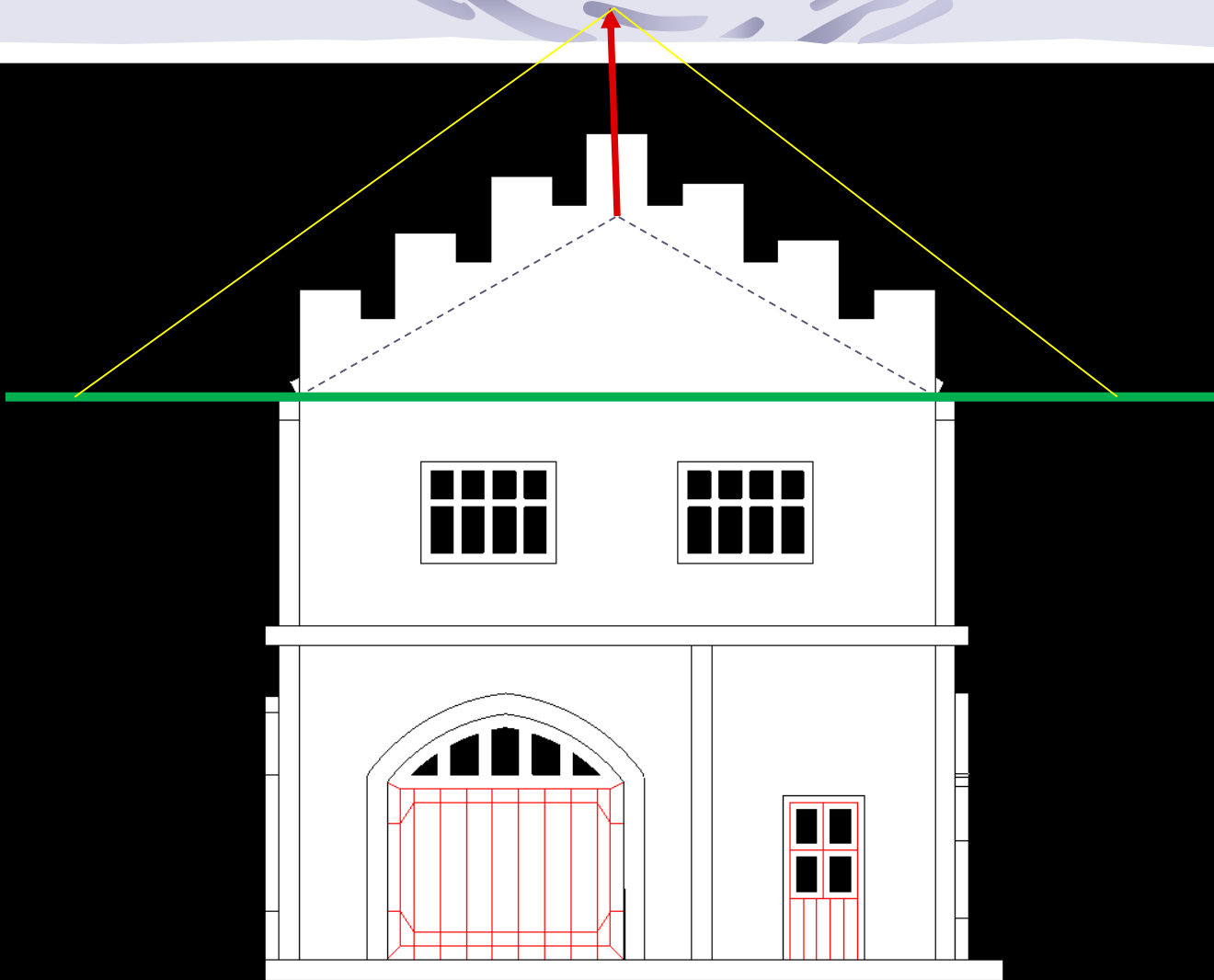




METODO DE FRANKLIN:

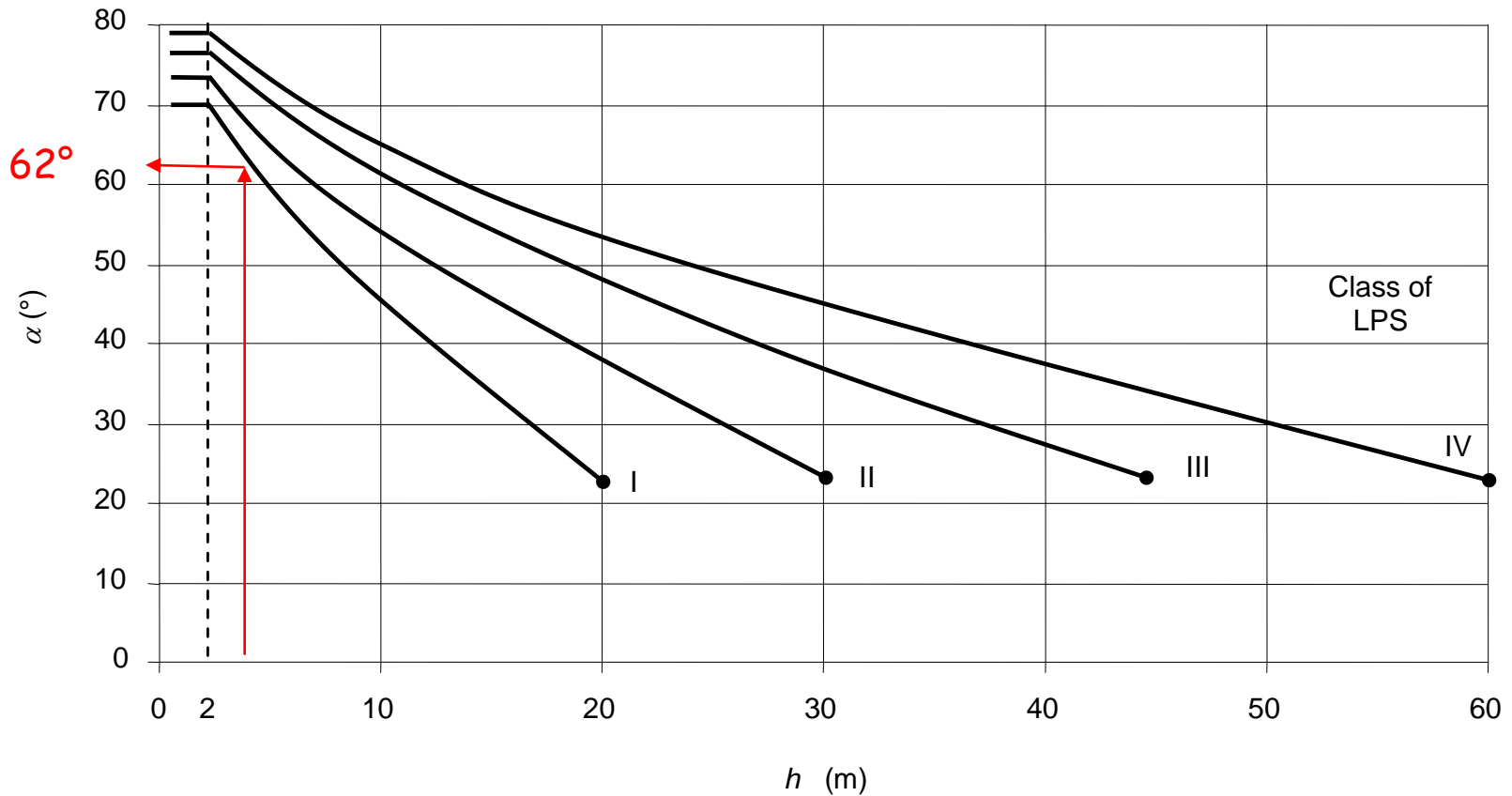
Hastes de 3,5 m: Ponta até o plano de referencia: 6,5 m

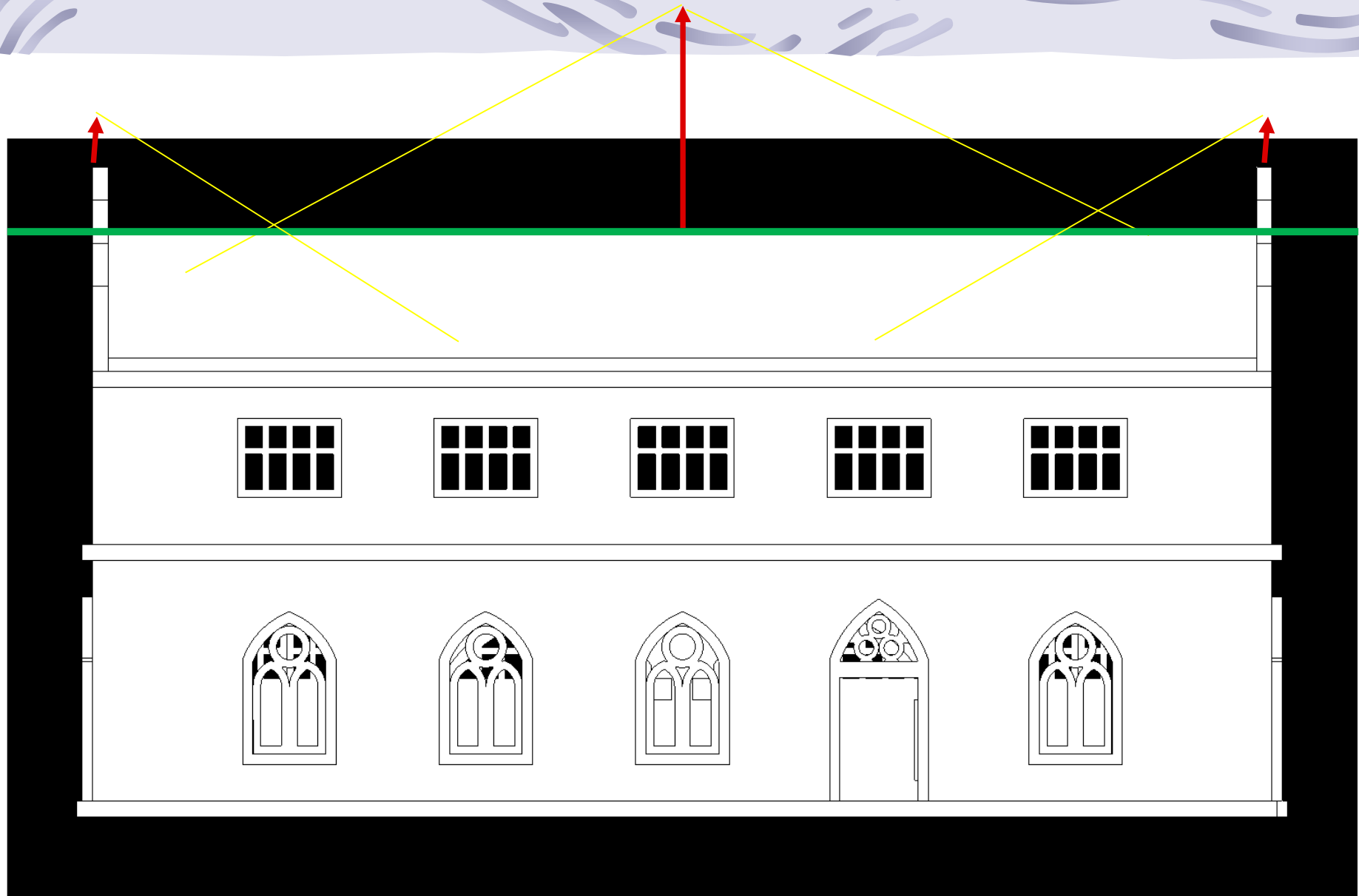




METODO DE FRANKLIN:

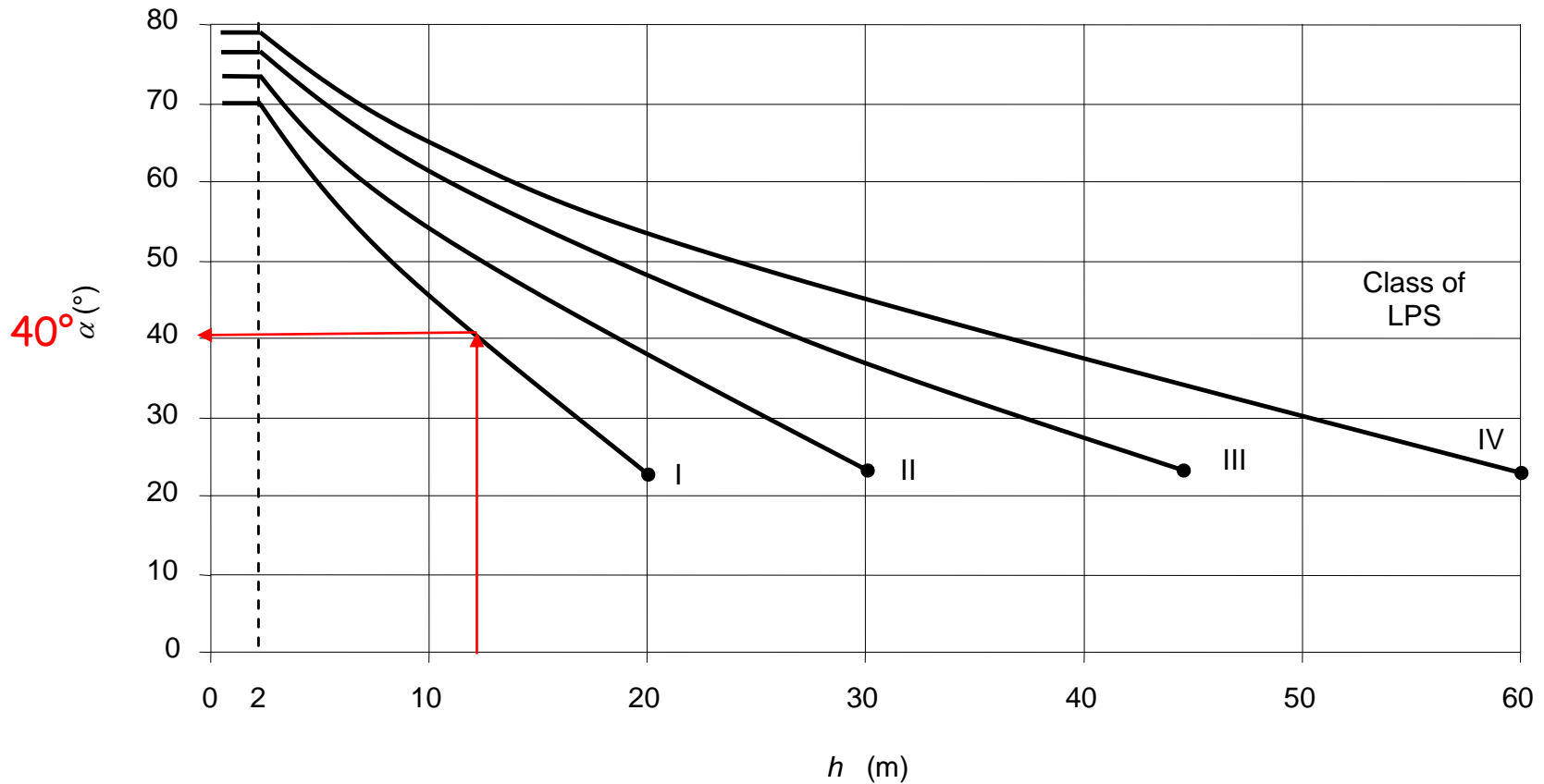
Hastes de 3,5 m: Ponta até o plano de referencia: 3,5 m

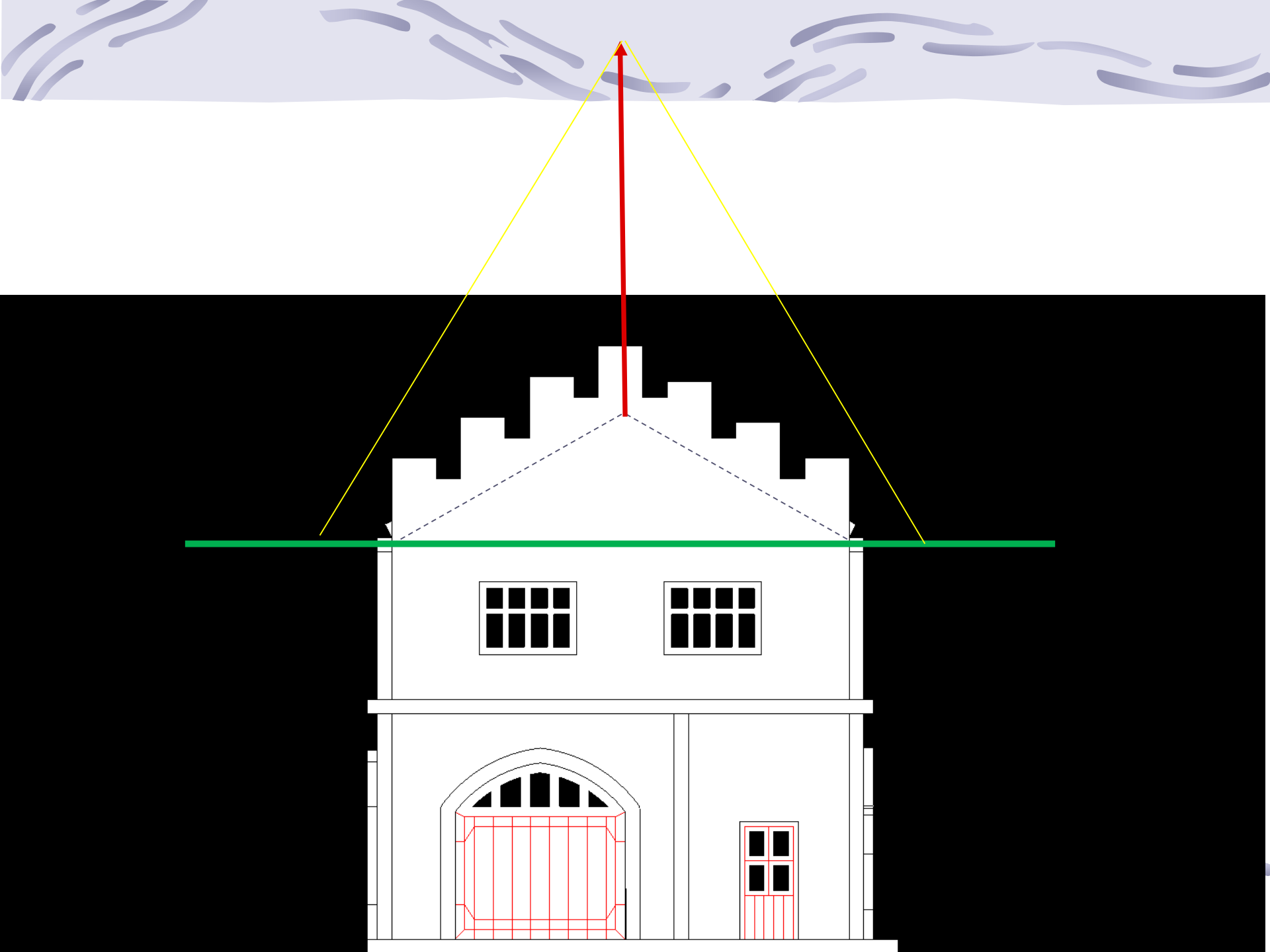




METODO DE FRANKLIN:

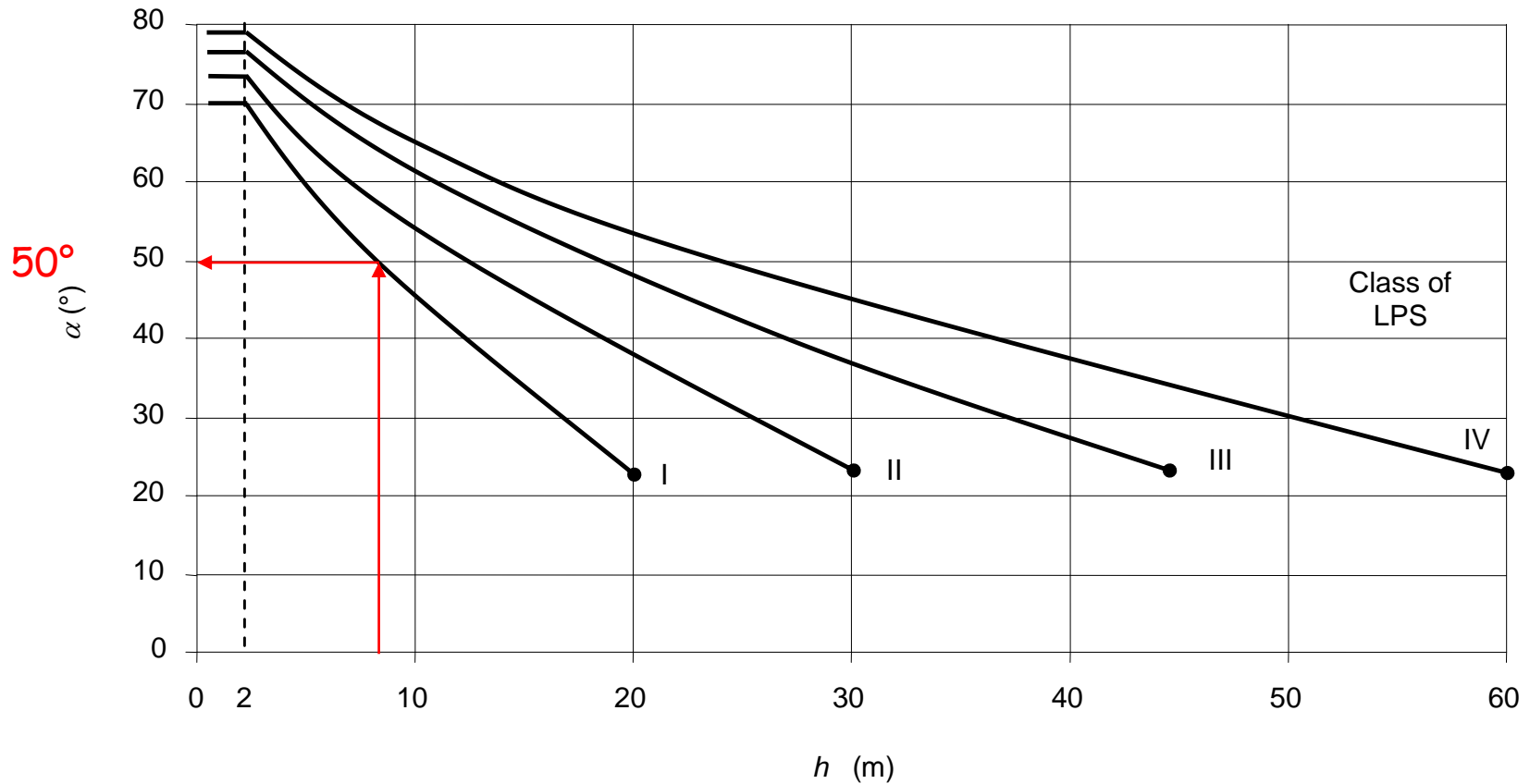
Hastes de 8,5 m: Ponta até o plano de referencia: 11,5 m

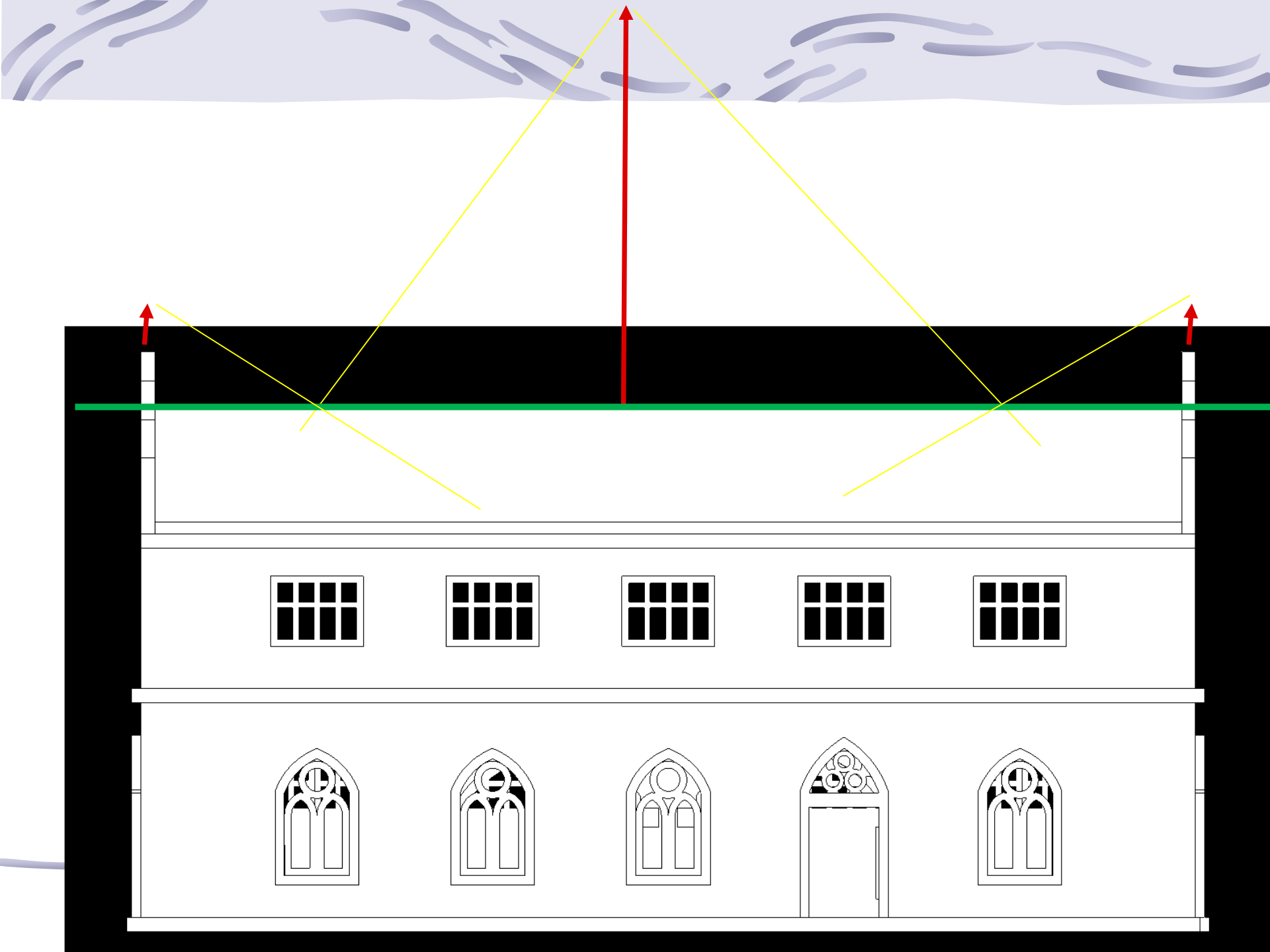




METODO DE FRANKLIN:

Hastes de 8,5 m: Ponta até o plano de referencia: 8,5 m

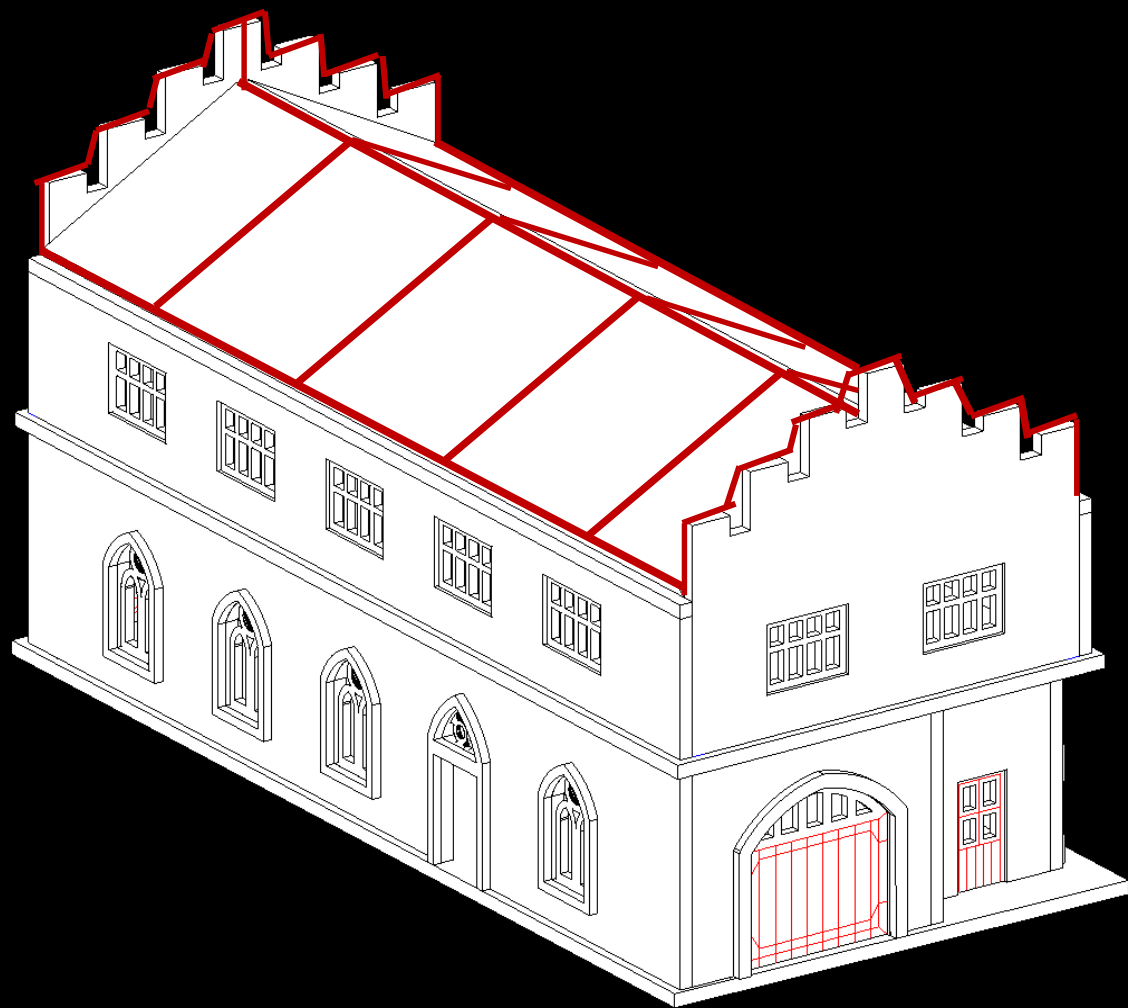




METODO DE FARADAY:

CLASSE DO SPDA (NÍVEL DE PROTEÇÃO): I

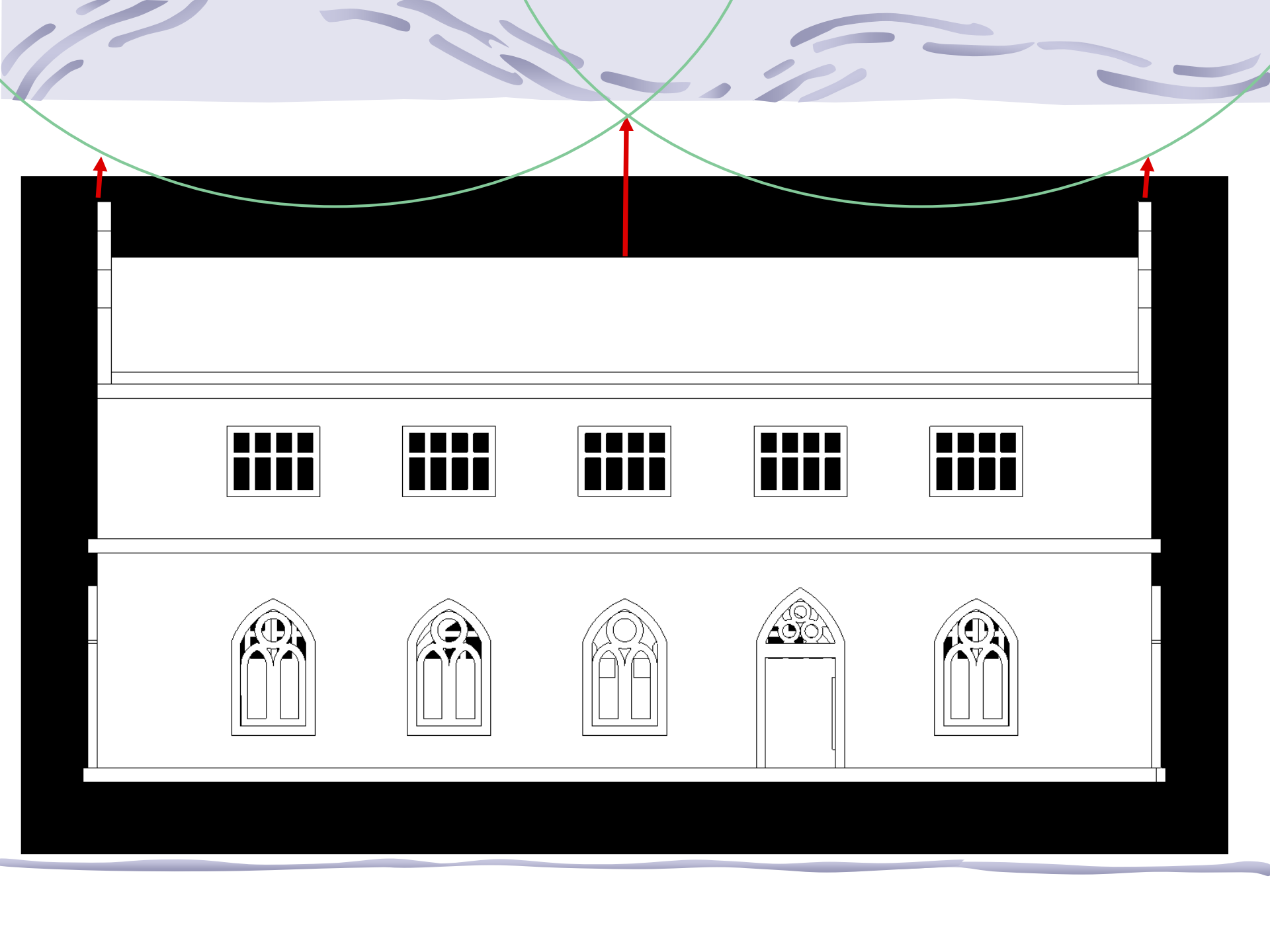
MÁXIMO AFASTAMENTO: 5 x 5 m

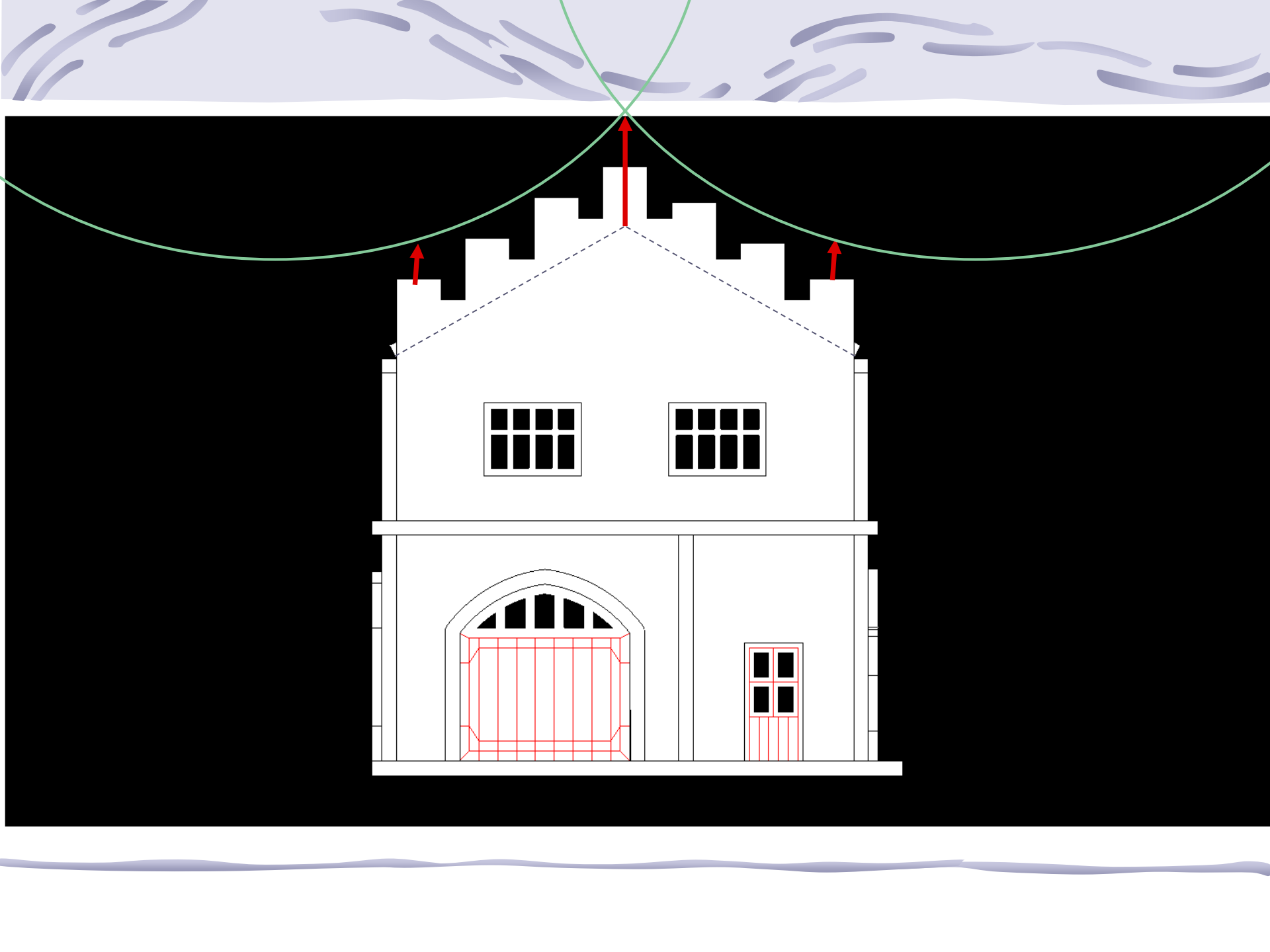


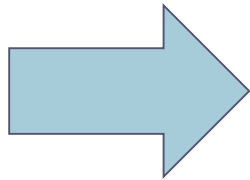
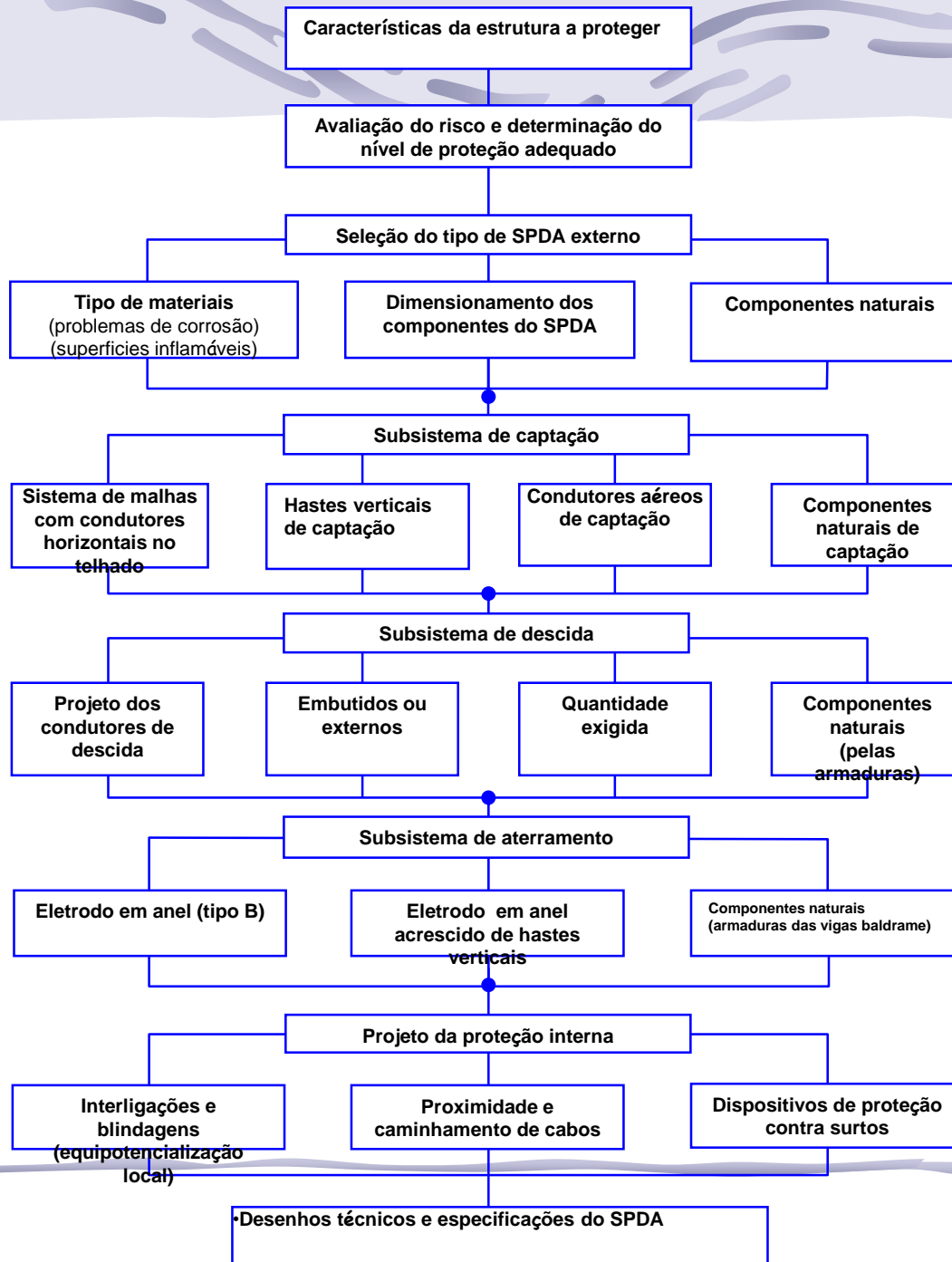
METODO ELETROGEOMÉTRICO:

CLASSE DO SPDA (NÍVEL DE PROTEÇÃO): I

RAIO DA ESFERA ROLANTE: 20 m



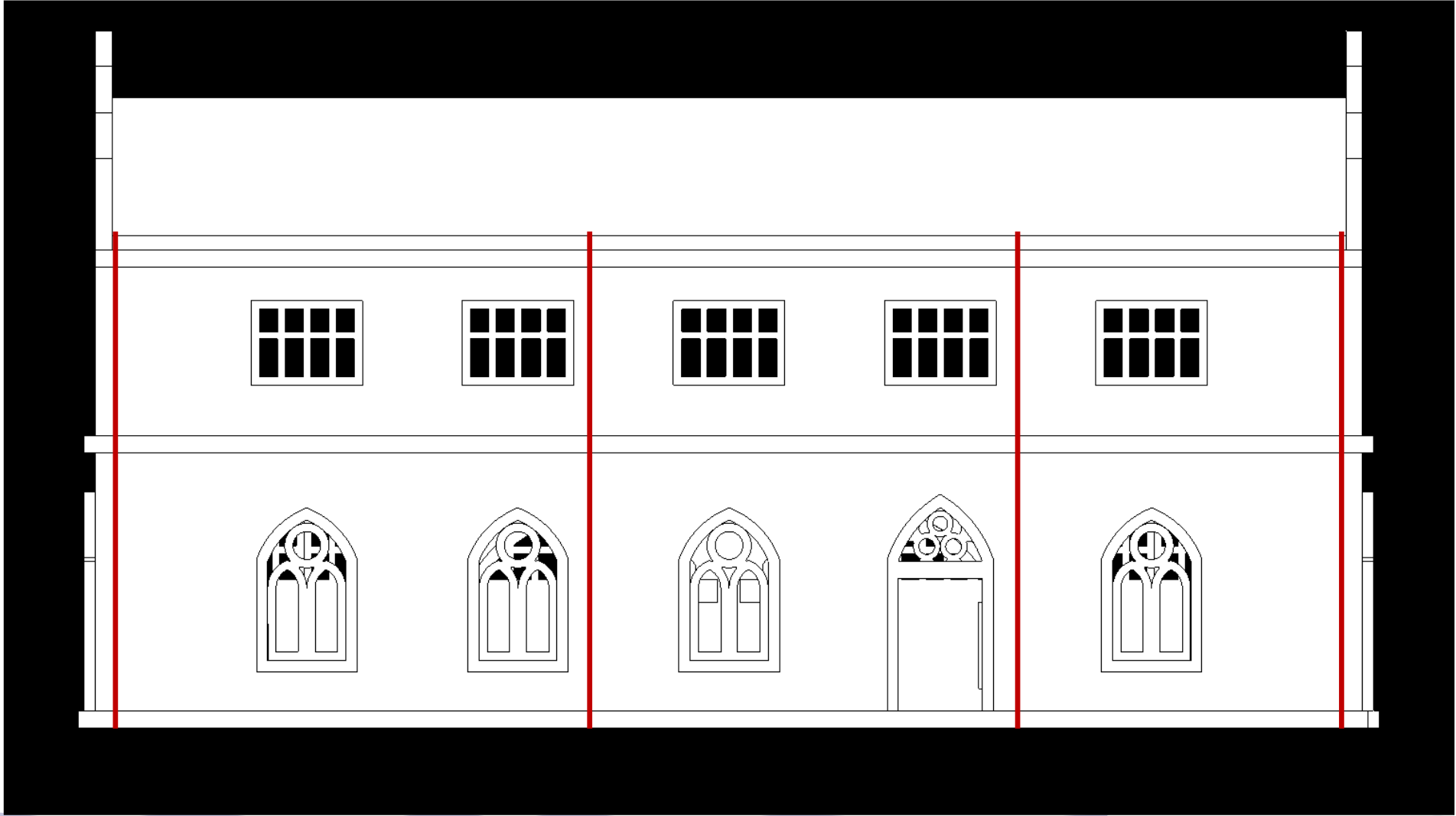


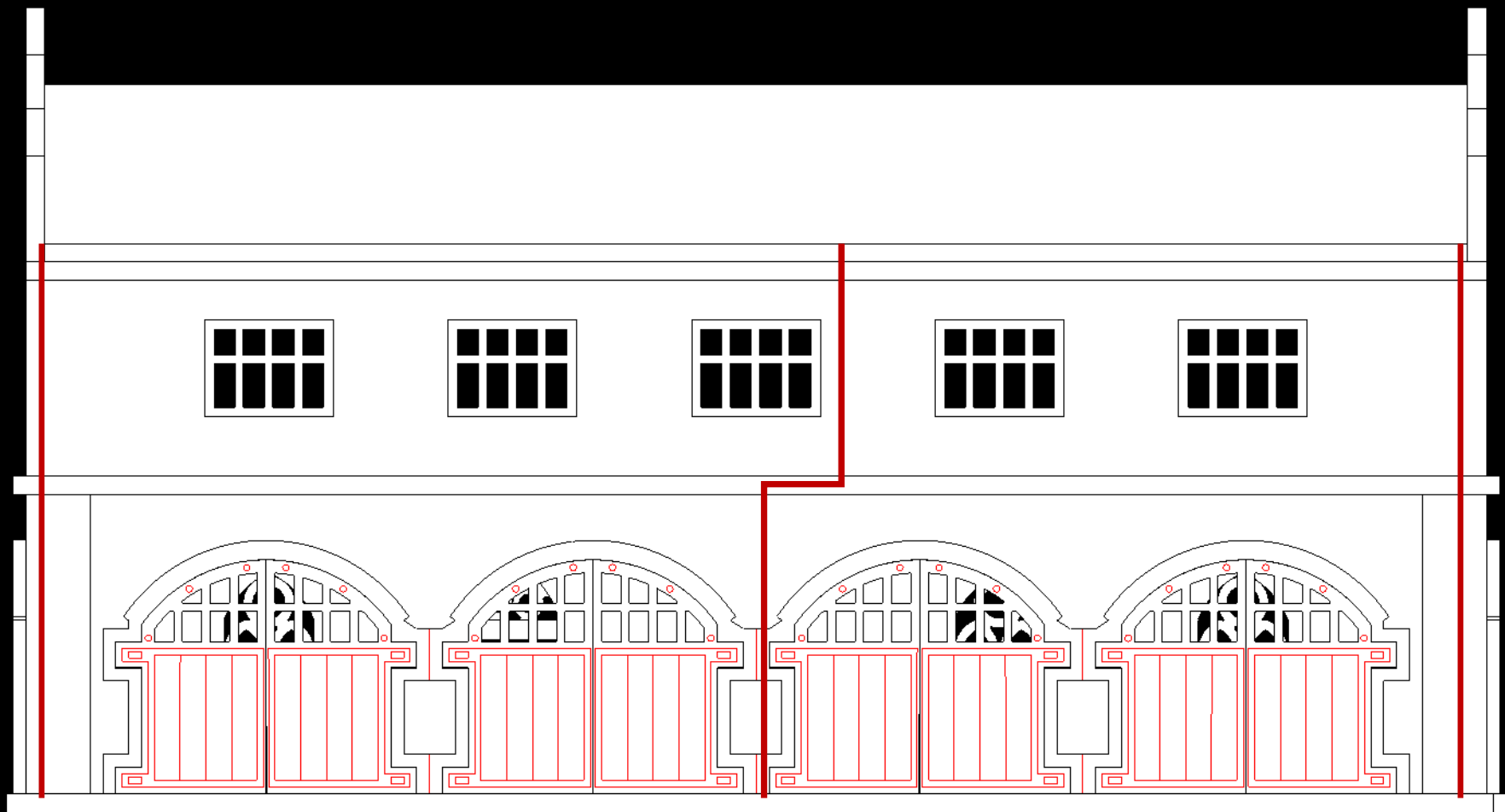


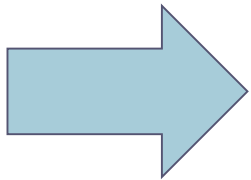
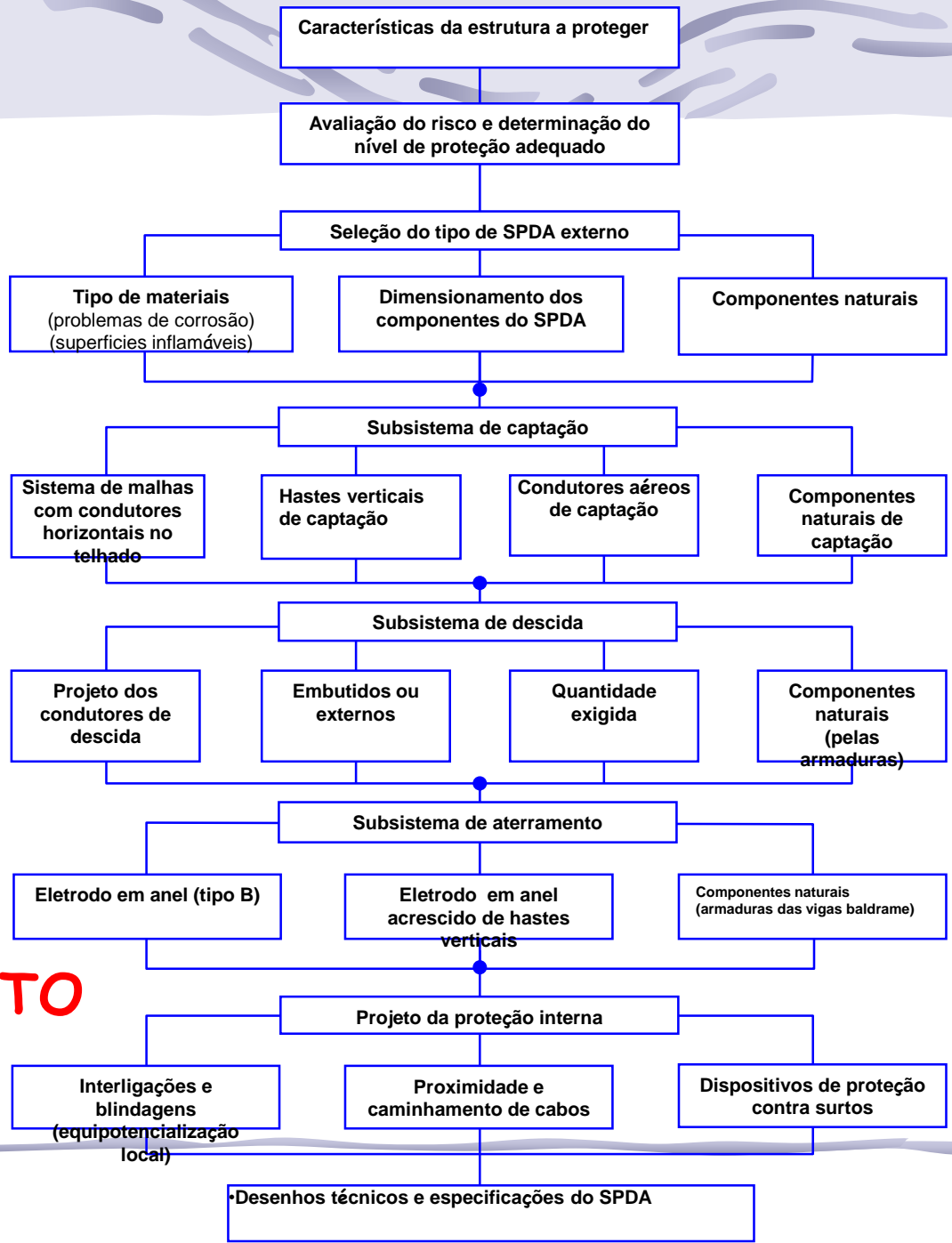
DESCIDAS

PERÍMETRO DA ESTRUTURA: 66,6 m

Nº DE DESCIDAS: $6,6 = 7$ DESCIDAS







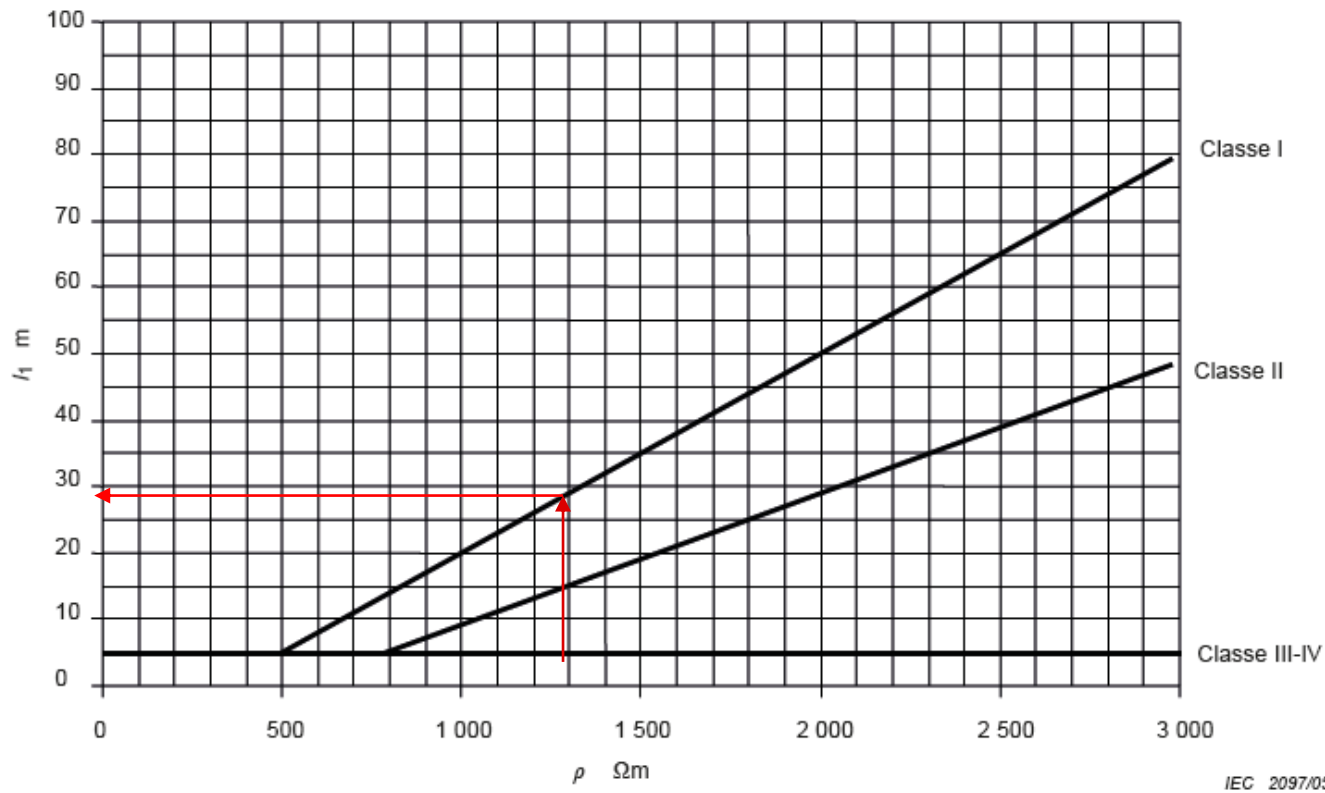
ATERRAMENTO

ANEL DE ATERRAMENTO: 12 x 25,3 m

Área do anel: 303,6 m²

Raio médio: 9,83 m

Resistividade do solo: 1293 Ω .m



NOTA 1 As classes III e IV são independentes da resistividade do solo.

NOTA 2 Para solos com resistividades maiores que 3 000 Ωm , prolongar as curvas por meio das equações:

$$l_1 = 0,03\rho - 10 \text{ (para classe I)} \quad (1a)$$

$$l_1 = 0,02\rho - 11 \text{ (para a classe II)} \quad (1b)$$

Figura 3 – Comprimento mínimo l_1 do eletrodo de aterramento de acordo com a classe do SPDA

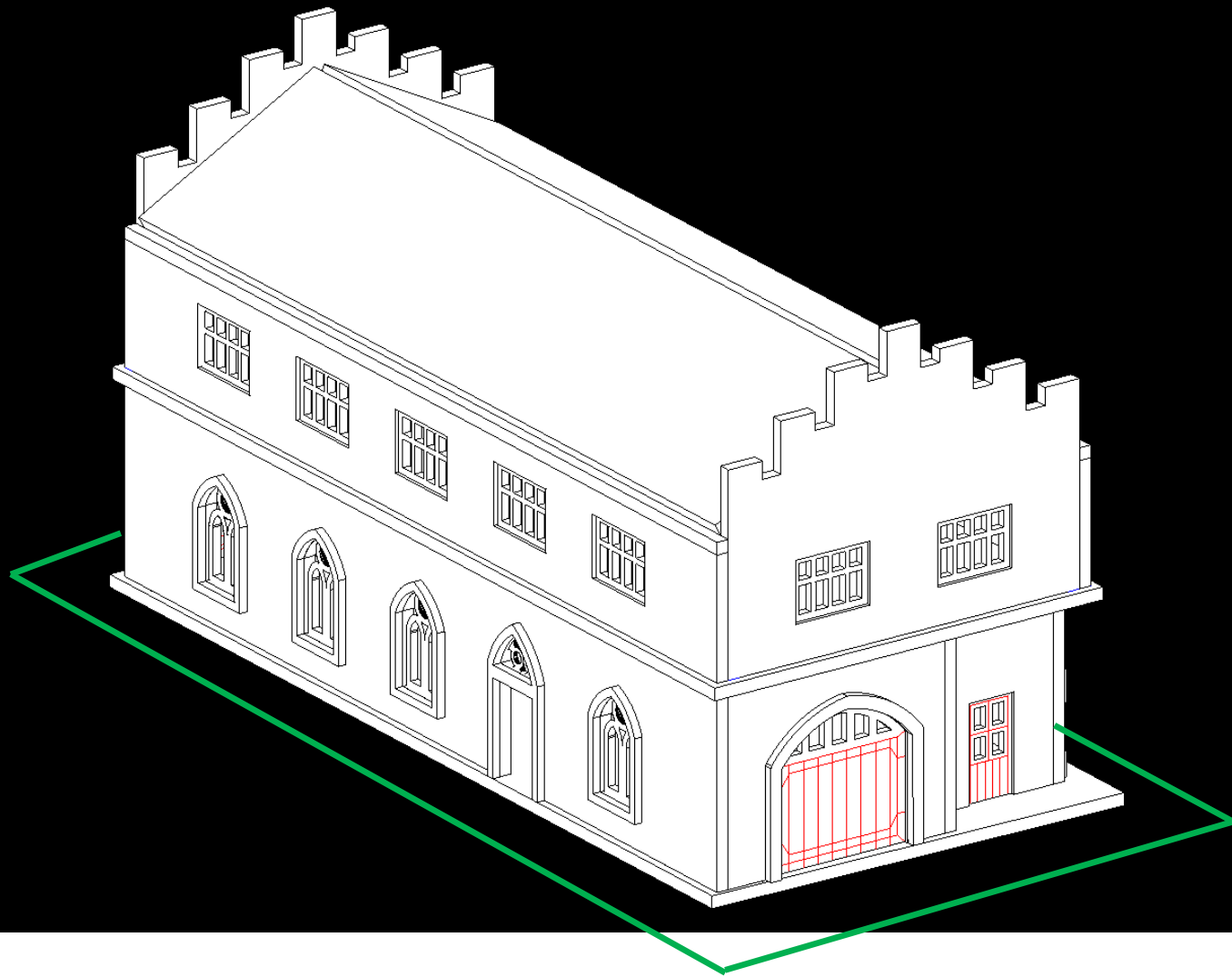
$$l_1 = 28 \text{ m}$$

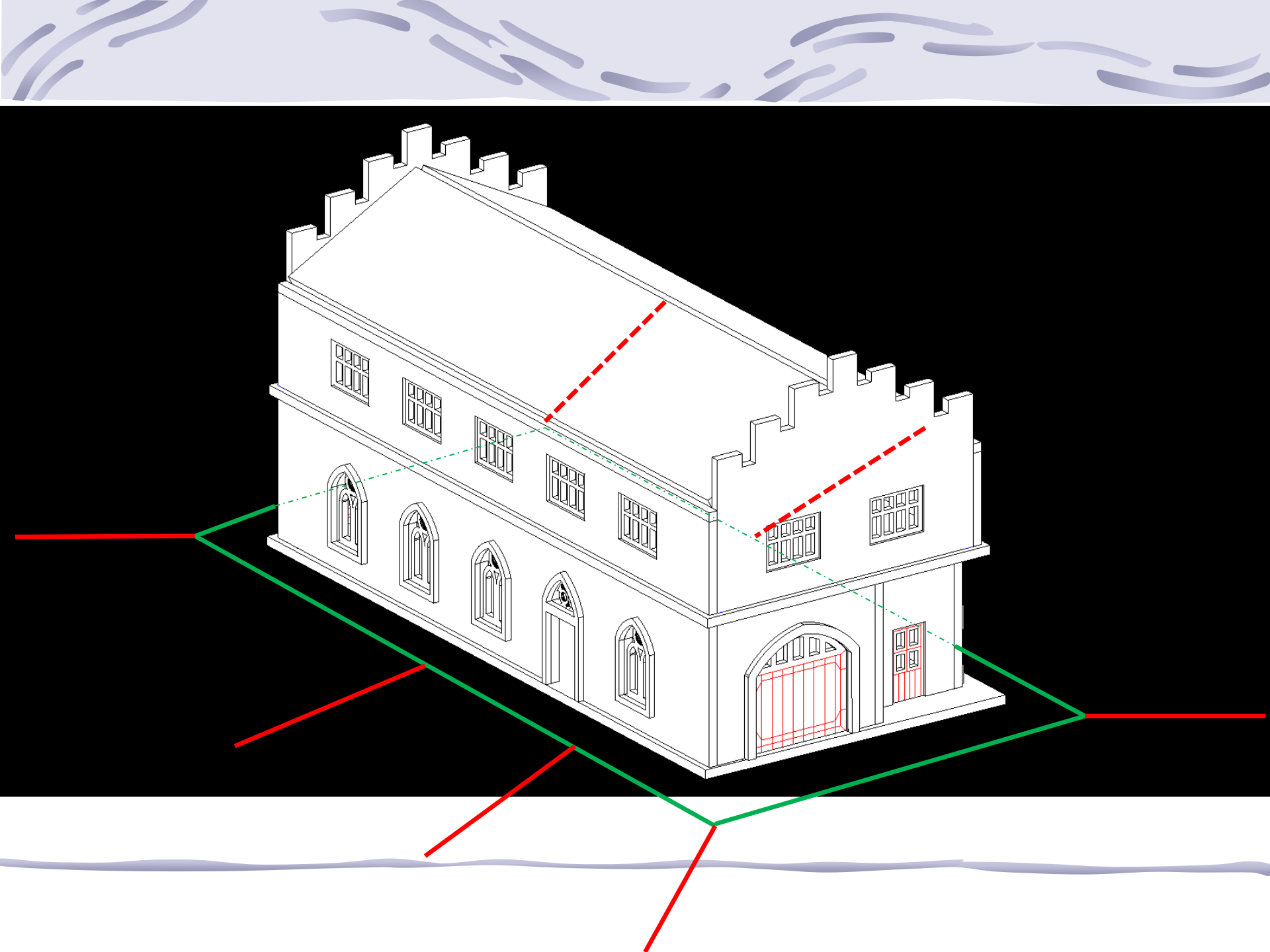
Daí:

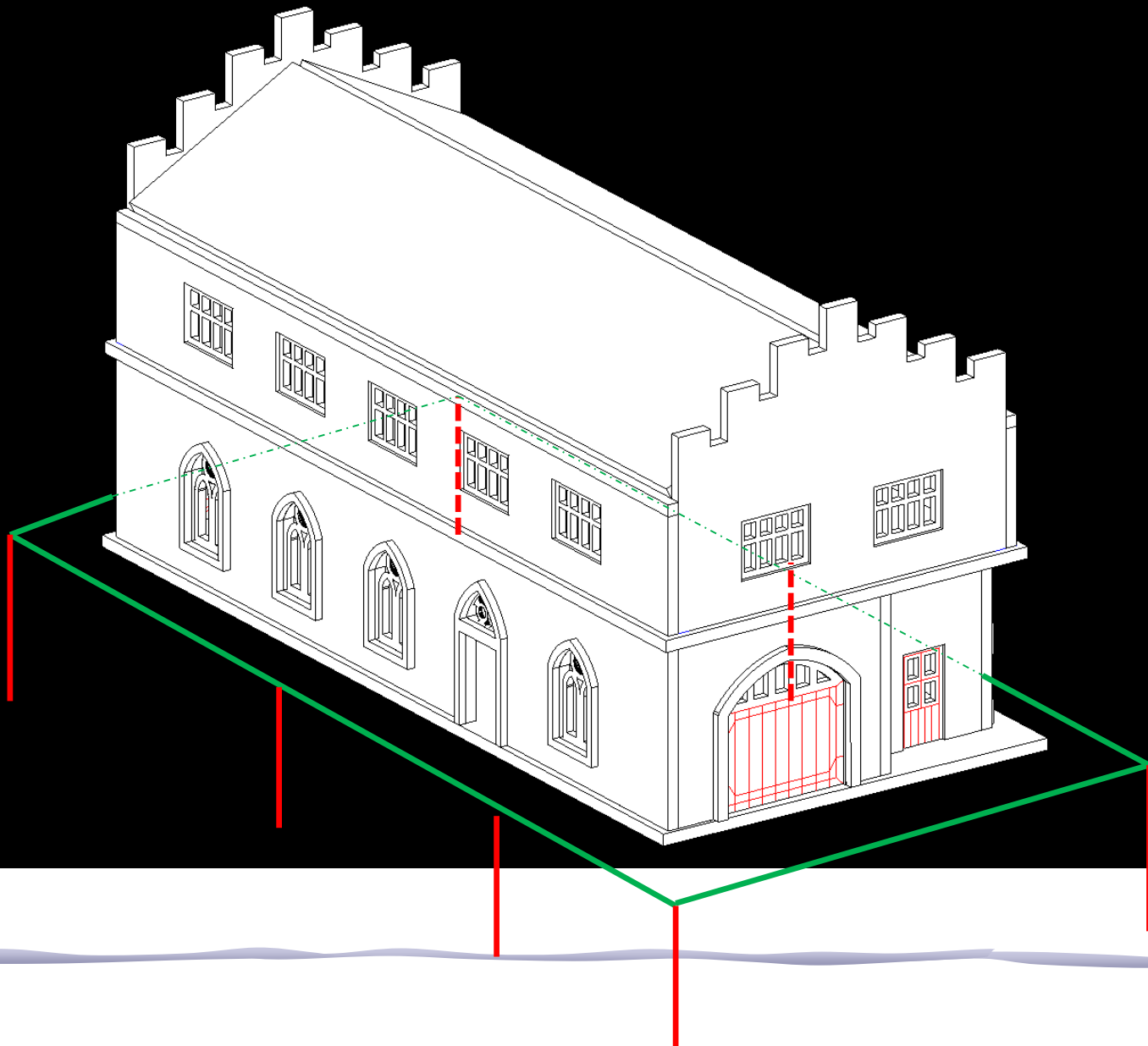
$$l_r = l_1 - r_e = 28 - 9,8 = 18,2 \text{ m}$$

Ou:

$$l_v = (l_1 - r_e) / 2 = 18,2 / 2 = 9,1 \text{ m}$$



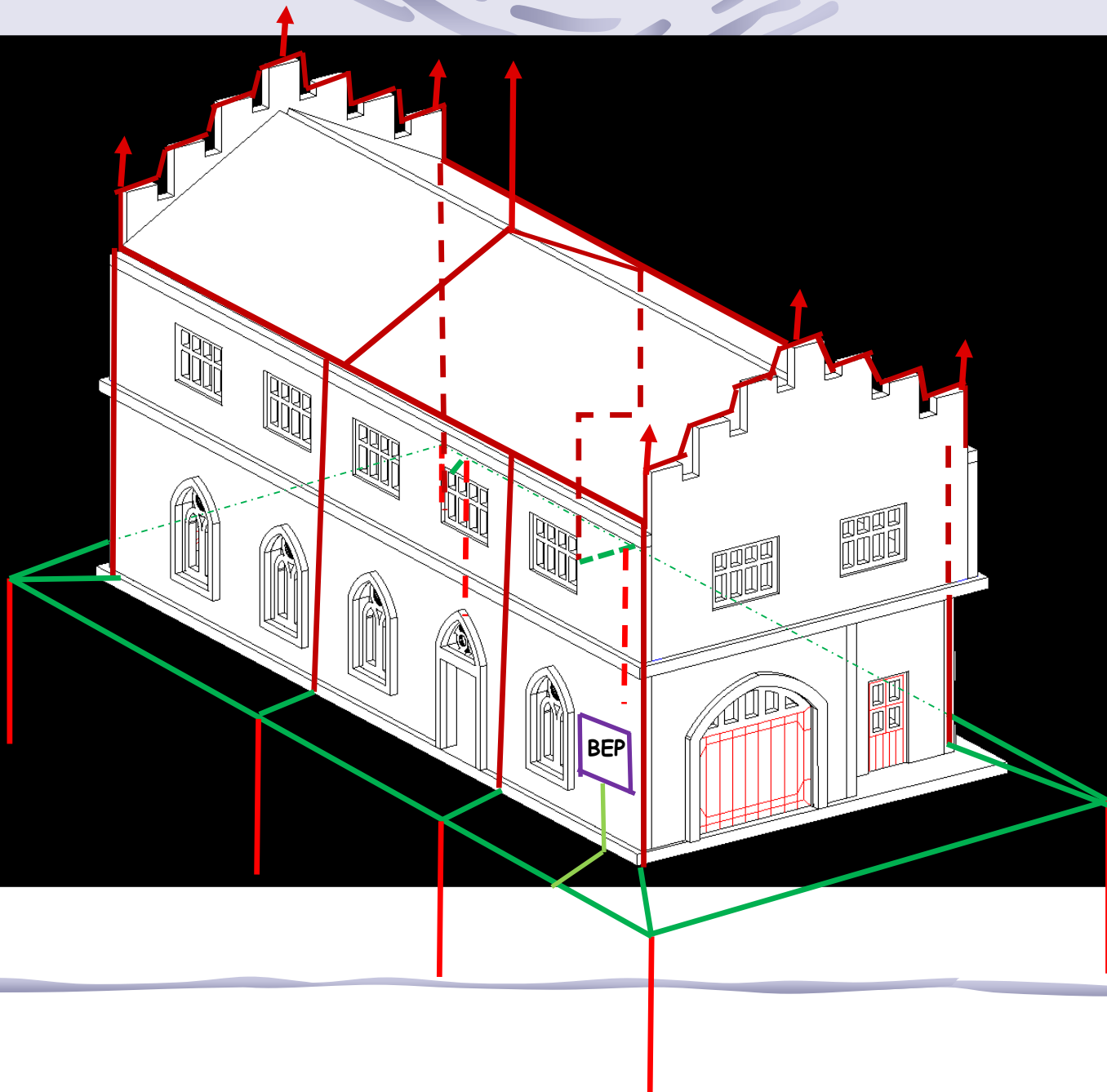


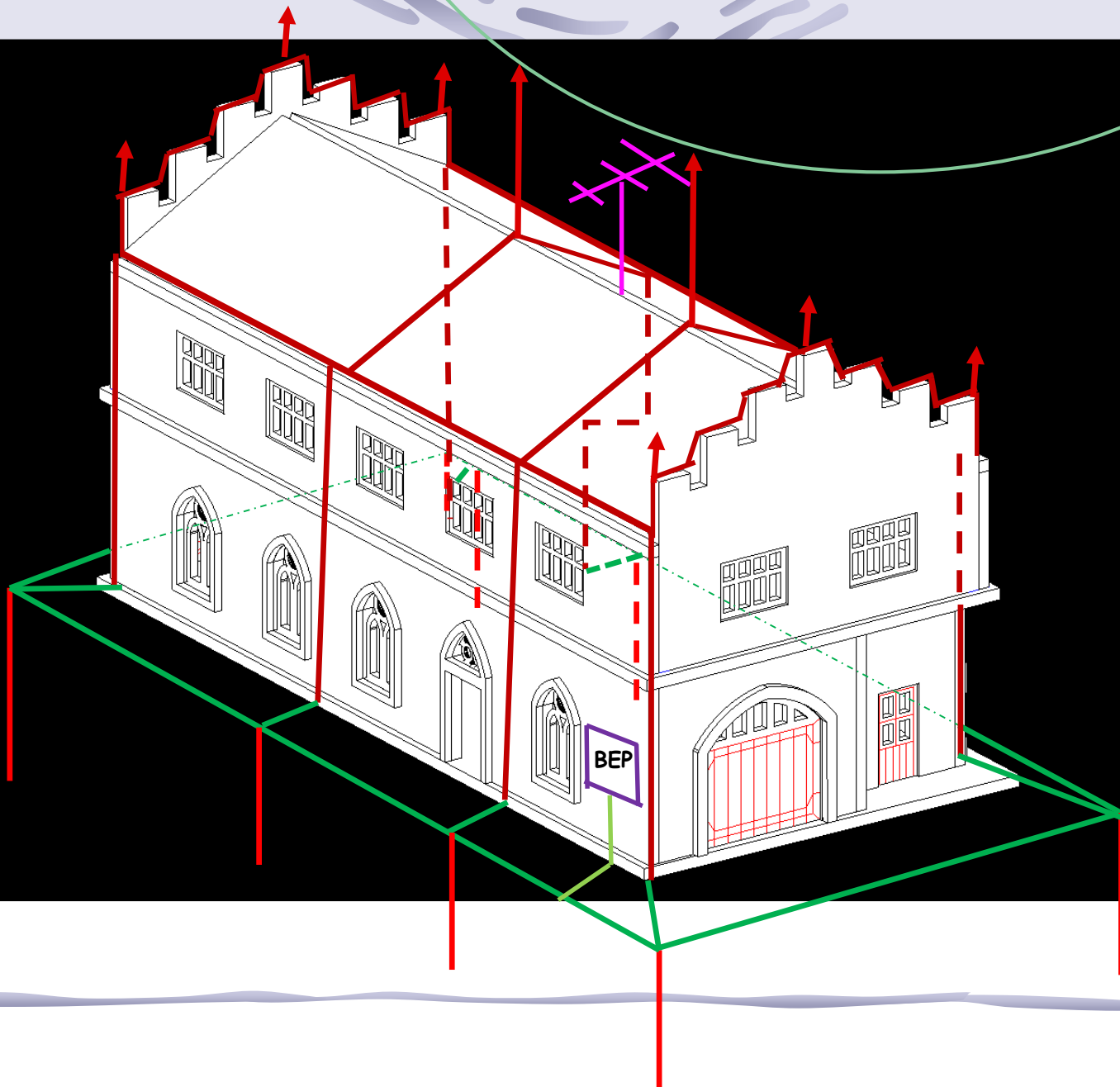




UMA SOLUÇÃO:







OBRIGADO

Dr. HÉLIO EIJI SUETA

sueta@iee.usp.br



INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

www.iee.usp.br
