



Universidade Federal de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

THIAGO DE LIMA FRANÇA

**ESTUDO E IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA ESTRUTURAL DE
PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS**

Campina Grande, Paraíba
Julho de 2013

THIAGO DE LIMA FRANÇA

ESTUDO E IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA ESTRUTURAL DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da
Universidade Federal de Campina Grande
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA)

Orientador:

Professor Tarso Vilela Ferreira, M. Sc.

Campina Grande, Paraíba
Julho de 2013

THIAGO DE LIMA FRANÇA

ESTUDO E IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA ESTRUTURAL DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Unidade
Acadêmica de Engenharia Elétrica da Universidade
Federal de Campina Grande como parte dos requisitos
necessários para a obtenção do grau de Bacharel em
Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA)

Aprovado em / /

Professor Avaliador
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Professor Tarso Vilela Ferreira, M. Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

Dedico este trabalho à minha mãe, corajosa e exemplar que, foi a luz do meu caminho durante essa jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, por proporcionar-me saúde e determinação para enfrentar as dificuldades acadêmicas, cumprindo mais uma etapa da vida.

Aos meus familiares, em especial a minha mãe guerreira Rozilda pelo exemplo de vida a ser seguido e seu amor incondicional. Meus irmãos Jônatas e Israel, por sempre estarem presente. Aos meus avós exemplares pelo apoio e ensinamentos. A Fabíola pelo apoio e cuidado.

A minha namorada Aline Hubner por está ao meu lado incentivando, positivando, provendo carinho e amor.

Ao professor e orientador Tarso Vilela Ferreira pela ajuda e disposição na elaboração deste relatório.

Aos amigos da graduação pelas inúmeras noites de estudo e momentos de muitas risadas juntos. Aos amigos irmãos do cotidiano que sempre apoiaram e incentivaram está jornada.

Aos professores, funcionários e coordenador do Departamento de Engenharia Elétrica por contribuírem para minha formação.

RESUMO

Neste trabalho constam as definições, sistemas e métodos para instalação de Proteção contra Descarga Atmosférica. Em especial será apresentado o Sistema Estrutural de Proteção contra Descarga Atmosférica e de uma maneira detalhada, como o mesmo é executado.

Inicialmente, são introduzidas barras de aço galvanizada a fogo, desde o início da fundação, sendo interligadas através de clips, tanto para emendas verticais, quanto para emendas horizontais, formando a malha em anel exigido pela norma. No sistema estrutural é possível o acesso externo do sistema sem danificar o revestimento dos pilares e expor as ferragens estruturais, pois são inseridos em pontos estratégicos da estrutura, conectores que acessam as barras de aço, permitindo a realização dos testes de continuidade elétrica, aterramento de massas metálicas e interligação com os barramentos de equipotencialização. Nesse trabalho, será mostrada a definição do SPDA Estrutural com a utilização das barras de aço e a vantagem se for decidido pela aplicação do mesmo, um estudo de caso, exemplificando alguns dos procedimentos a serem seguidos para correta execução, utilizando como base a NBR-5419/2005.

Palavras-chave: Descarga Atmosférica, Corrente Elétrica; Barra de Aço Galvanizada, NBR.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Método da Esfera Rolante.....	6
Figura 2. Método Franklin.....	7
Figura 3: Método da Gaiola de Faraday.....	8
Figura 4. Mapa de curvas isocerânicas – Brasil.....	12
Figura 5. Perspectiva genérica de um sistema estrutura.....	14
Figura 6. Barra de aço galvanizada a fogo adicional ás ferragens existentes.....	15
Figura 7. Emenda das Re-Bars.....	16
Figura 8. Clips para emenda de Re-Bars.....	16
Figura 9. Instalação da barra de pára-raios em fundações rasas.....	17
Figura 10. Instalação da barra de pára-raios em fundações rasas.....	17
Figura 11. Instalação da barra de pára-raios nas vigas e tubulões de fundações rasas.....	18
Figura 12. Detalhes das amarrações entre RE-BAR e ferragens verticais com ferragens horizontais.....	19
Figura 13. Amarração dos vergalhões estruturais dos pilares com outras ferragens próximas (lages ou vigas), uma sim, uma não, alternadamente.....	19
Figura 14. Amarração do vergalhão do pára-raios com os vergalhões horizontais.....	20
Figura 15. Captação.....	20
Figura 16. Captação por fora.....	21
Figura 17. Aplicação da barra chata na captação por fora.....	21
Figura 18. Detalhe da fixação do cabo à RE-BAR na captação por cima.....	22
Figura 19. Sugestão para ligações na caixa de equalização para embutir.....	23
Figura 20. Fita perfurada para equipotencialização.....	24
Figura 21. Equalização da central de gás.....	24
Figura 22. Caixa de equalização.....	25
Figura 23. Detalhe 01.....	35
Figura 24. Detalhe 02.....	35
Figura 25. Detalhe 03.....	36
Figura 26. Detalhe 04.....	36
Figura 27. Detalhe 05.....	37
Figura 28. Detalhe 06.....	37
Figura 29. Detalhe 07.....	38
Figura 30. Detalhe 08.....	38
Figura 31. Detalhe 09.....	39
Figura 32. Detalhe 10.....	39
Figura 33. Detalhe 11.....	40
Figura 34. Detalhe 12.....	40
Figura 35. Simbologia.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dimensionamento.	6
Tabela 2. Fatores de ponderação.	27
Tabela 3. Ranking de incidência de descargas por município do estado do ES.	42
Tabela 4. Tipo de ocupação da estrutura.	43
Tabela 5. Tipo de construção da estrutura.	43
Tabela 6. Conteúdo da estrutura e efeitos indiretos das descargas atmosféricas.	43
Tabela 7. Localização da estrutura.	44
Tabela 8. Topografia da região.	44

Sumário

Agradecimentos	v
Resumo	vi
Lista de Ilustrações	vii
Lista de Tabelas	viii
1 Introdução	1
1.1 Objetivos	2
1.1.1 Específico	2
2 Fundação Teórica	3
2.1 Crenças Populares	3
2.2 Histórico	3
2.3 Atualidade	5
2.4 Métodos de Dimensionamento	5
2.4.1 Método da Esfera Rolante, Eletrogeométrico ou Esfera Fictícia	5
2.4.2 Método Franklim	6
2.4.3 Método da Gaiola de Faraday ou Malha	7
3 Elementos que compõe um Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas	8
3.1 Captação Superior	8
3.2 Descidas ou Captação Lateral	8
3.3 Anéis de Cintamento Horizontal, Anéis de Amortecimento ou Captação Lateral	9
3.4 Aterramento	9
3.5 Equalização de Potenciais Internos	10
4 Necessidade de Proteção	10
4.1 Avaliação da Necessidade de Proteção	10
5 Sistema Estrutural de Proteção contra Descargas Atmosféricas	13
5.1 Processo Executivo	15
5.1.1 Fundações	15
5.1.2 Descidas	18
5.1.3 Captação	20
5.1.4 Equalização de Potenciais	22
6 Estudo de Caso	26
6.1 Edifício Cidal	26
6.2 Avaliação das Necessidades de SPDA Levando em Consideração o Anexo B, da NBR 5419	26
6.3 Implantação do Sistema Estrutural	28
6.3.1 Pilares Contínuos	28
6.3.2 Análise da Fundação	28
6.3.3 Descidas	29
6.3.4 Captação	30
6.3.5 Equalização de Potenciais do SPDA	30
6.3.6 Realização de Testes	30
7 Conclusão	32
Bibliografia	33

ANEXO A - Plantas do Edifício Cidal	34
ANEXO B - Detalhes do Sistema Estrutural do Edifício Cidal.....	35
ANEXO C - Ranking de Incidência de Descargas por Município do Estado do ES	42
ANEXO D - Fatores de Ponderação para Avaliação Geral do Risco e Classificação de Estruturas com Nível de Proteção. (NBR 5419, 2005).....	43

1 INTRODUÇÃO

Neste trabalho será apresentado passo a passo a implementação do sistema estrutural para proteção contra descargas atmosféricas. Desta maneira, serão observados alguns pontos como: fundações, descidas, captações e equalizações de potências. Este sistema de pára-raios é denominado estrutural pelo fato de ser instalado juntamente com a estrutura de concreto armado do prédio distinguindo-o assim dos demais sistemas. Portanto a implantação e manutenção deste sistema de proteção são normatizadas internacionalmente pela International Electrotechnical Commission (IEC) e em cada país por entidades próprias como Associação Brasileira de Norma Técnica (ABNT - Brasil), National Fire Protection Association (NFPA - Estados Unidos) e British Standards Institution (BSI - Inglaterra). Logo, somente os projetos elaborados com base em disposições destas normas podem assegurar uma instalação dita eficiente e confiável. Entretanto, sabe-se que esta eficiência nunca atingirá os 100% estando, mesmo estas instalações, sujeitas a falhas de proteção. Os danos mais comuns são a destruição de pequenos trechos do revestimento das fachadas dos edifícios ou de quinas das edificações ou ainda de trechos de telhados. Além destes danos já citado, caso estes raios não sejam contidos, provocam outros prejuízos e acidentes, tais como:

- i. Sequelas e mortes em seres humanos causados tanto pela incidência direta, como indireta das descargas atmosféricas;
- ii. Danos em florestas e campos;
- iii. Danos em instalações de linhas de transmissão e distribuição de energia elétrica;
- iv. Interferência em sistemas de telecomunicações e de dados;
- v. Acidentes em aviões, embarcações, plataformas de petróleo;
- vi. Interrupções de fornecimento de energia elétrica.

Após atualização da Norma Brasileira (NBR) 5419, surgiram novas técnicas de instalações para proteção contra descargas atmosféricas, sendo as mais comuns a com utilização das armaduras de concreto e a com uma barra adicional Reinforcing Bar (RE-BAR), envolvida entre as armaduras do concreto, como meio condutor de escoamento da descarga atmosférica até o solo. O dimensionamento correto de uma instalação de

proteção contra descargas atmosférica proporciona um elevado grau de segurança às construções em geral independente do meio adotado, devem ser seguidas as recomendações básicas recomendadas e constantes da NBR 5419/2005.

1.1 OBJETIVOS

A estrutura do Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas tem a finalidade de dissipar para o solo as correntes dos raios, que são recebidas pelos captores, que é a parte mais elevada do SPDA, destinada a receber a descarga pelo efeito das pontas, podendo ser de uma ou de várias pontas, em geral fabricado em latão ou bronze cromado. A condução das correntes é feita através das barras de escoamento, parte do SPDA destinada a conduzir a corrente para o solo, as quais podem ser de cobre, alumínio ou aço galvanizado.

1.1.1 ESPECÍFICO

Realizar um estudo sobre a nova técnica de implementação do SPDA. O sistema estrutural de proteção contra descargas atmosféricas, baseado na NBR 5419/2001.

2 FUNDAÇÃO TEÓRICA

A fim de se evitar falsas expectativas sobre os sistemas de proteção e desmitificar muitas crenças populares, é importante enfatizar que a descarga elétrica atmosférica (raio) é um fenômeno da natureza absolutamente imprevisível e aleatório, tanto em relação às suas características elétricas (intensidade de corrente, tempo de duração e etc.), como em relação aos efeitos destruidores decorrentes de sua incidência. Então, nada em termos práticos pode ser feito para se impedir a “queda” de uma descarga em determinada região. Assim sendo, as soluções internacionalmente aplicadas buscam tão somente minimizar os efeitos destruidores a partir da colocação de pontos preferenciais de captação e condução segura da descarga para a terra.

2.1 CRENÇAS POPULARES

Algumas crenças populares são:

- i. A instalação do para-raios vai atrair os raios para a edificação;
- ii. A instalação do pára-raios vai descarregar a nuvem e evitar que o raio caia;
- iii. Um raio não cai duas vezes no mesmo local;
- iv. O pára-raios do vizinho está protegendo o meu prédio/casa;
- v. Na região onde eu moro não caem raios;
- vi. Quero colocar um pára-raios para proteger meus equipamentos eletrônicos;
- vii. O meu pára-raios, mesmo fora de norma, tem 20 anos que foi instalado e até hoje não deu problema nenhum;
- viii. Os aterramentos elétricos, telefônicos, SPDA, tem que ser isolados;
- ix. Espelhos atraem raios.

2.2 HISTÓRICO

O raio é um fenômeno da natureza que desde os primórdios vem intrigando o homem, tanto pelo medo provocado pelo barulho, quanto pelos danos causados.

Para algumas civilizações o raio era uma dádiva dos Deuses, pois com ele quase sempre emanam as chuvas e a abundância na lavoura. Para outras civilizações era considerado como um castigo e a pessoa que morria num acidente de raio, provavelmente havia irritado os Deuses e o castigo era merecido. Havia também civilizações que glorificavam o defunto atingido por um raio, pois ele havia sido escolhido entre tantos os seres humanos, com direito a funeral com honras especiais.

Após tantas civilizações o homem acabou descobrindo que o raio é um fenômeno elétrico/físico e por isso deverá ser conduzido o mais rápido possível para o solo, minimizando seus efeitos destrutivos.

O primeiro cientista a perceber este fenômeno foi Benjamin Franklin (1752), ao empinar uma pipa no ar com um fio metálico e observar que pulavam faíscas do fio metálico para objetos metálicos aterrados no solo. Nesta época afirmou que após a colocação de uma pequena haste metálica em cima de uma edificação, esta haste iria descarregar a nuvem sem que o raio ocorresse, devido a concentração de cargas elétricas nas pontas.

Após alguns anos, tomou conhecimento de instalações que tinham sido atingidas por raios e outros casos de edificações que foram atingidas e o raio não havia caído na ponta metálica. Assim sendo, reformulou sua teoria e afirmou que a ponta metálica seria o melhor caminho para levar o raio até o solo com segurança caso a ponta fosse atingida. A partir daí começou-se a definir a região até onde esta ponta teria influência (GAY LUSSAC, séc. XVIII) e começou-se a esboçar os primeiros cones de proteção, cuja geratriz era função de um ângulo pré definido resultando num cone com um raio de proteção. Até 1993 a norma NBR165 da ABNT considerava um ângulo de $\alpha=60^\circ$ o que implicava que $\text{tg } 60^\circ=1,73$, donde teríamos que $R=H \times 1,73$. Quer isto dizer que para cada metro vertical de H, o Raio teria um acréscimo de 73%. Em alguns casos especiais, tais como: inflamáveis, explosivos e etc, o ângulo usado era de 45° , variando de País para País de acordo com suas normas.

A norma brasileira atual define critérios mais coerentes, variando os ângulos de proteção em função da exposição, bem como os riscos materiais e humanos envolvidos. Os estilos disponíveis neste documento permitem a criação de enumerações e listas rapidamente.

2.3 ATUALIDADE

Com a nova edição da Norma de pára-raios NBR5419/93 e reedição em 2001 a eficiência dos Sistemas de Proteção foi substancialmente aumentada não deixando nada a desejar em relação a Normas de outros Países, inclusive pelo fato desta ter tipo a Norma IEC como referência.

Por este motivo a norma deve sempre ser seguida e sempre que o projetista ache necessário poderá ser majorada por medida de segurança. É o caso do número de descidas, anéis de cintamento e equalizações.

2.4 MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO

Atualmente existem basicamente três métodos de dimensionamento, de acordo com a norma NBR5419/2001, para se dimensionar a captação de um Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas – SPDA.

2.4.1 MÉTODO DA ESFERA ROLANTE, ELETROGEOMÉTRICO OU ESFERA FICTÍCIA

O método da esfera rolante é um método empírico, uma evolução do método Franklin. Este é muito usado para proteção das linhas de transmissão de energia, entretanto foi simplificado para ser usado em edificações. Seu entendimento consiste em fazer rolar uma esfera fictícia com raio determinado em função do nível de proteção ao redor da edificação que se quer proteger. Todos os locais que estejam sendo tocados pela esfera também serão tocados pelo raio (ver figura 2.1). Ao contrário dos métodos que ainda serão apresentados, método Franklin e Gaiola de Faraday, este método não existe fisicamente, servindo apenas para cálculo e dimensionamento.

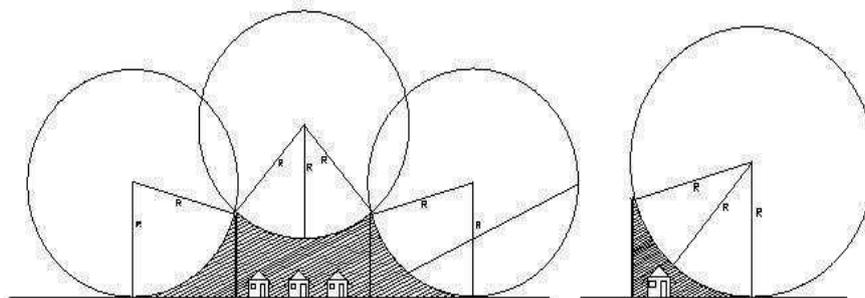


Figura 1. Método da Esfera Rolante.

Este método pode checar a proteção com relação a edificação vizinhas, dimensionar uma captação, a proteção de desníveis e verificar a proteção de estruturas específicas, tais como placas de aquecimento solar, antenas e etc.

De acordo com a Figura 1, as regiões hachuradas são as regiões protegidas. Porém percebe-se que edificações com altura igual ou maior que o raio da esfera, referente ao nível de proteção as fachadas e quinas da edificação estão desprotegidas. A Tabela 1 apresenta essas informações.

Os pontos de maior intensidade de campo elétrico no solo e nas estruturas são geralmente aqueles mais próximos da extremidade do canal ionizado descendente (líder). Portanto, a superfície de uma esfera com centro na extremidade do líder e raio igual ao comprimento dos “saltos” antes do seu último salto é o lugar geométrico dos pontos a serem atingidos pela descarga. Estes pontos podem então ser simulados por uma (semi) esfera fictícia, cujo raio seja igual ao comprimento do último trecho a ser vencido pelo líder descendente (comprimento R).

Tabela 1. Dimensionamento.

Ângulo α do método Franklin em função da altura (H) e do nível de proteção.							Largura do módulo da malha de captação da Gaiola (nota 1)	Espaçamento Médio das Descidas	Eficiência do SPDA.
Nível de Proteção	Raio da Esfera (m)	Altura (H) até 20m	Altura (H) de 21 a 29m	Altura (H) de 30 a 44m	Altura (H) de 45 a 59m	Altura (H) > 60m			
I	20	25°	A	A	A	B	5	10	95 a 98 %
II	30	35°	25°	A	A	B	10	15	90 a 95 %
III	45	45°	35°	25°	A	B	10	20	80 a 90 %
IV	60	55°	45°	35°	25°	B	20	25	até 80 %

A = Aplicar somente Gaiola de Faraday ou Esfera Rolante;
 B = Aplicar somente Gaiola de Faraday;
 H = Altura do captor.

α = Ângulo de proteção do captor.

2.4.2 MÉTODO FRANKLIM

A teoria de proteção consiste na rotação da tangente de um triângulo em torno de um eixo (geratriz), cujo ângulo de abertura é determinado pela Tabela 1, em função do nível de proteção. Devido as suas limitações impostas pela norma passar a ser cada vez menos usada em edifícios, pois sendo ideal para edificações para pequenas partes ou para proteger estruturas específicas no alto do prédio. Tais como: antenas de TV ou parabólicas, placas de aquecimento solar, luminosos, etc. Segue um exemplo deste método na Figura 2.

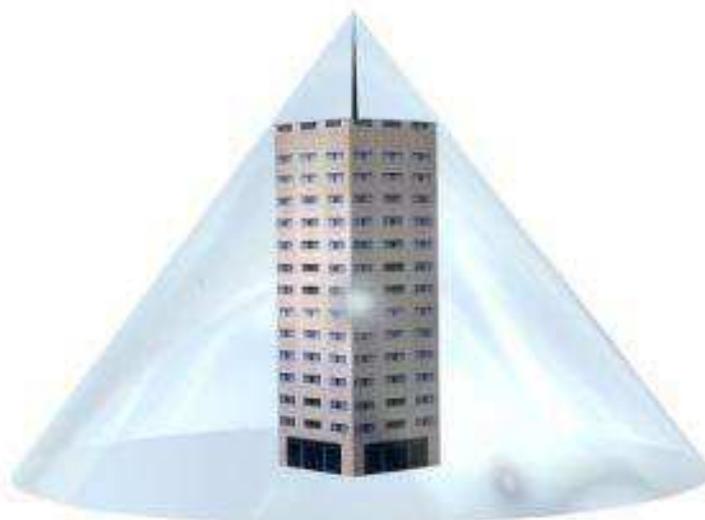


Figura 2. Método Franklin.

2.4.3 MÉTODO DA GAIOLA DE FARADAY OU MALHA

O método da Gaiola de Faraday consiste no lançamento de cabos horizontais sobre a cobertura da edificação, modulados de acordo com o nível de proteção (Tabela 1). Esse sistema funciona como uma blindagem eletrostática, tentando evitar que o raio consiga perfurar a blindagem e assim atingir a edificação. A figura 2.3 ilustra esse método de proteção.

Abaixo serão expostas algumas vantagens, como:

- i. Sistema consagrado internacionalmente;
- ii. Menor impacto estético;
- iii. Menor manutenção preventiva;

- iv. Melhor eficiência e proteção;
- v. Menor custo na maioria dos casos;
- vi. Minimiza o campo elétrico dentro da edificação.

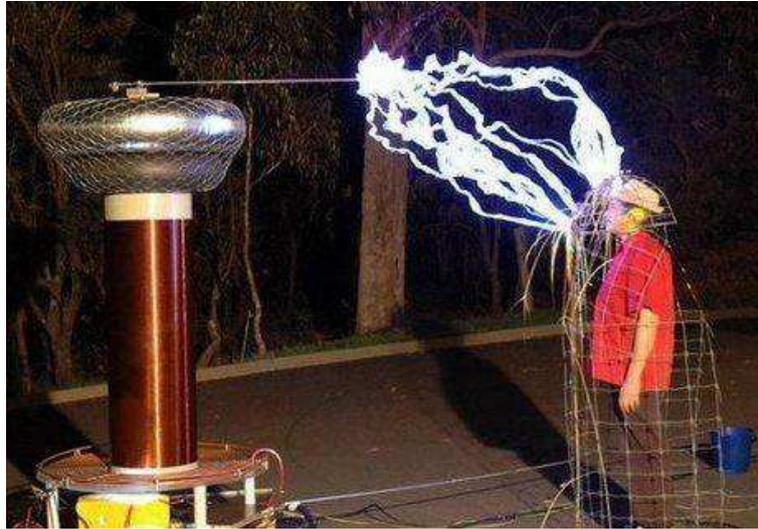


Figura 3: Método da Gaiola de Faraday.

3 ELEMENTOS QUE COMPÕE UM SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

No decorrer deste capítulo serão apresentados cinco elementos que compõe um SPDA.

3.1 CAPTAÇÃO SUPERIOR

Tem como função receber as descargas que incidam sobre o topo da edificação e distribuí-las pelas descidas.

É composta por elementos metálicos, normalmente mastros ou condutores metálicos devidamente dimensionados.

3.2 DESCIDAS OU CAPTAÇÃO LATERAL

Recebem as correntes distribuídas pela captação encaminhando-as rapidamente para o solo. Para edificações com altura superior a vinte metros tem também a função de receber descargas laterais, assumindo neste caso a função de captação devendo os condutores ser dimensionados como tal.

No nível do solo as descidas deverão ser interligadas com cabo de cobre nu # 50 mm².

3.3 ANÉIS DE CINTAMENTO HORIZONTAL, ANÉIS DE AMORTECIMENTO OU CAPTAÇÃO LATERAL

Os anéis de cintamento assumem duas importantes funções:

- i. Equalizar os potenciais das descidas minimizando assim o campo elétrico dentro da edificação.
- ii. Receber descargas laterais e distribuí-las pelas descidas. Neste caso também deverão ser dimensionadas como captação. A instalação deverá ser executada a cada vinte metros de altura interligando todas as descidas.

3.4 ATERRAMENTO

Recebe as correntes elétricas das descidas e as dissipam no solo. Tem também a função de equalizar os potenciais das descidas e os potenciais no solo, devendo haver preocupação com locais de frequência de pessoas, minimizando as tensões de passo nestes locais. O valor máximo da resistência de aterramento é 10 ohms, recomendado, porém, em locais onde o solo apresente alta resistividade, poderão ser aceitos valores maiores, desde que sejam feitos arranjos que minimizem os potenciais de passo, e que os procedimentos sejam tecnicamente justificados. Quanto à malha de aterramento, o modo mais prático, consiste em colocar uma haste de aterramento tipo "Copperweld" (alta camada = 250u) em cada descida e cabo de cobre nu #50mm² a 50 cm de profundidade, conectado às hastes.

3.5 EQUALIZAÇÃO DE POTENCIAIS INTERNOS

Nas descidas, anéis de cintamento e aterramento foram já mencionadas as equalizações de potenciais externos e agora serão abordadas as equalizações de potenciais internas, ou seja, a equalização dos potenciais de todas as estruturas e massas metálicas e aterramentos que poderão provocar acidentes pessoais, faíscamentos ou explosões dentro das edificações.

No nível do solo e dos anéis de cintamento (a cada vinte metros de altura), deverão ser equalizados os aterramentos elétrico, telefônico, de equipamentos eletrônicos, elevadores (inclusive trilhos metálicos), tubulações metálicas de incêndio, gás, água fria, água quente, recalque e etc.

Para tal, deverá ser definida uma posição estratégica para instalação de uma caixa de equalização de potencial principal, com a Ligação de Equipotencialização Principal ao Terminal de Aterramento Principal (LEP/TAP), no subsolo. No nível dos anéis as caixas de equalização de potencial secundário, com a Ligação de Equipotencialização Secundário ao Terminal de Aterramento Secundário (LES/TAS) deverão ser interligadas verticalmente por uma prumada específica que tem a finalidade de interligar as LEP/TAP com as LES/TAS e também interligadas com a ferragem das lajes onde essas caixas se encontram.

4 NECESSIDADE DE PROTEÇÃO

A obrigatoriedade ou não de se instalar um SPDA, são em geral exigências de leis municipais. Cada Município é que determina se neste será ou não obrigatório à instalação de um SPDA.

Mediante a estes fatos jurídicos ou da necessidade de instalação de um SPDA, mesmo que em seu município seja obrigatório à instalação de um SPDA, este poderá ser dispensado após uma avaliação estatística. Esta avaliação indicará se sua edificação necessita ou não de proteção, e o quanto a mesma esta exposta, para obter uma ordem de grandeza dos riscos.

4.1 AVALIAÇÃO DA NECESSIDADE DE PROTEÇÃO

Será mostrado um resumo do anexo B da norma a fim de se obter uma avaliação da necessidade de implantação de um sistema de proteção, bastando apenas entrar com os dados da edificação (comprimento, largura e altura), a densidade de descargas para a terra (N_g) tirado do mapa de linhas isoceráunicas (cada região tem um N_g específico de acordo com o mapa) e os fatores de ponderação que são os elementos naturais ou não, da região onde a edificação está construída.

A avaliação da necessidade de proteção é avaliada em seis etapas:

- i. Parâmetros da edificação: comprimento, largura e altura;
- ii. Avaliação do risco de exposição:

$$A_e = (C \times L) + (2 \times C \times A) + (2 \times L \times A) + (\pi \times A^2), \quad (1)$$

em que C é o comprimento [m], L é a largura [m] e A é a altura [m] da edificação.

- iii. Densidade de descargas para a terra:

$$N_g = 0,04 \times T_d^{1,25}, \quad (2)$$

onde, T_d é o índice ceráunico, e indica o número de dias do ano em que foi ouvida uma trovoadas na região. O índice T_d pode ser obtido a partir do mapa de curvas isoceráunicas, como mostra a Figura 4.

- iv. Frequência média anual previsível de descargas:

$$N_d = N_g \times A_e \times 10^{-6} \quad (3)$$

onde N_d frequência média anual previsível de descargas [raios por ano].

- v. Fatores de Ponderação:
 - A = Tipo de ocupação da estrutura;
 - B = Tipo de construção da estrutura;
 - C = Conteúdo da estrutura;
 - D = Localização da estrutura;
 - E = Topografia.

- vi. Avaliação geral de risco N_{dc} :

$$N_{dc} = A \times B \times C \times D \times E \times N_g \quad (4)$$

- $N_{dc} \geq 10^{-3}$ A estrutura requer proteção;
- $10^{-3} > N_{dc} > 10^{-5}$ A necessidade poderá ser discutida com o proprietário;
- $N_{dc} \leq 10^{-5}$ A estrutura não requer proteção.

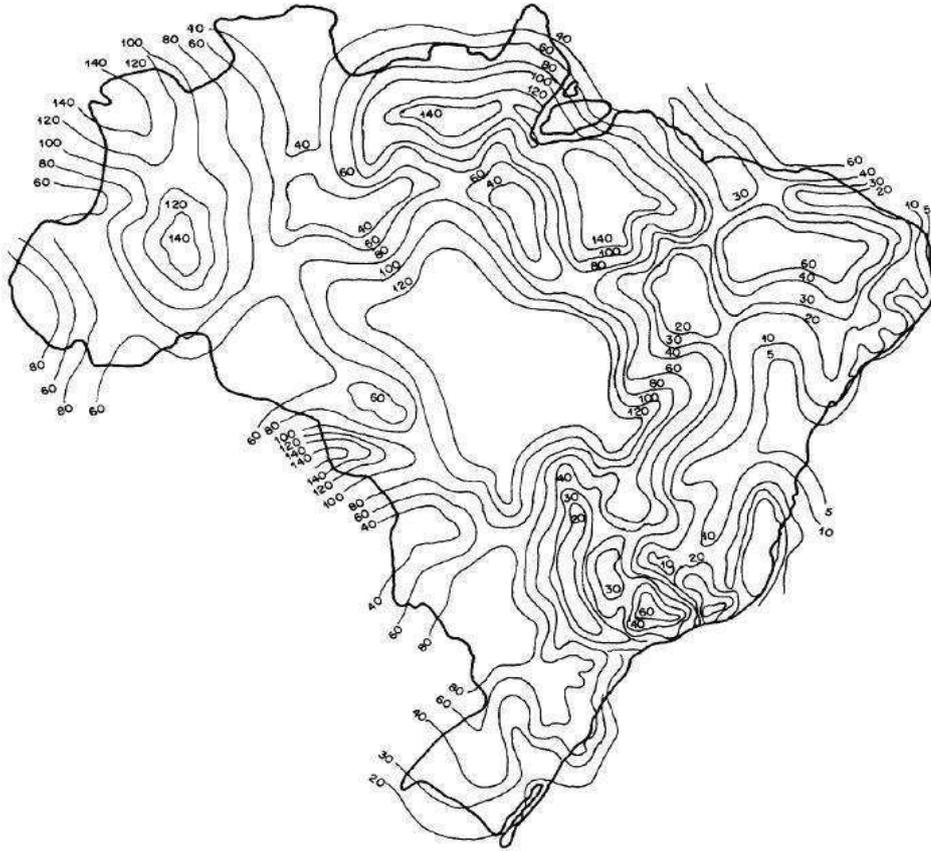


Figura 4. Mapa de curvas isocerânicas – Brasil

5 SISTEMA ESTRUTURAL DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

O sistema estrutural de proteção, exibido na Figura 5 é denominado por este nome basicamente por ser instalado juntamente com a estrutura de concreto armado do prédio, sendo assim diferenciado dos demais sistemas. Este sistema que agora é novidade no Brasil é executado a mais de 30 anos em países como Inglaterra, Alemanha e etc.

Sabe-se que um condutor percorrido por uma corrente elétrica provoca uma forte interferência eletromagnética até centenas de metros de distância. Logo, as lages e ferragens dos pilares estão tão próximas do SPDA que independente da nossa vontade grandes correntes elétricas irão percorrer estas ferragens, não se tendo certeza dos danos que isso poderá acarretar.

O sistema estrutural por meio do uso de uma barra adicional RE-BAR, consiste de uma barra vertical de aço galvanizado a fogo 3/8" x 20m, amarrada as armaduras verticais dos pilares por meios de conectores metálicos ou solda exotérmica, da fundação até a cobertura (ver Figura 6). Tem como concepção garantir a continuidade elétrica para conduzir as correntes transmitidas pelas descargas atmosféricas até o solo, e fazer com que as demais armaduras ajudem a dissipar estas correntes, aumentando a eficiência e a proteção contra as descargas atmosféricas.

Por ser um sistema que mantém a continuidade elétrica do topo até o solo é mais confiável, pois se apresenta como o melhor meio de escoamento da descarga atmosférica para o solo, além de ser fácil de fiscalizar e executar apresenta custos inferiores aos demais sistemas normatizados, por esses motivos e para garantir a execução de projeto de SPDA da forma mais confiável este é o Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas ideal para ser usado na construção civil (ALVES, 1999).

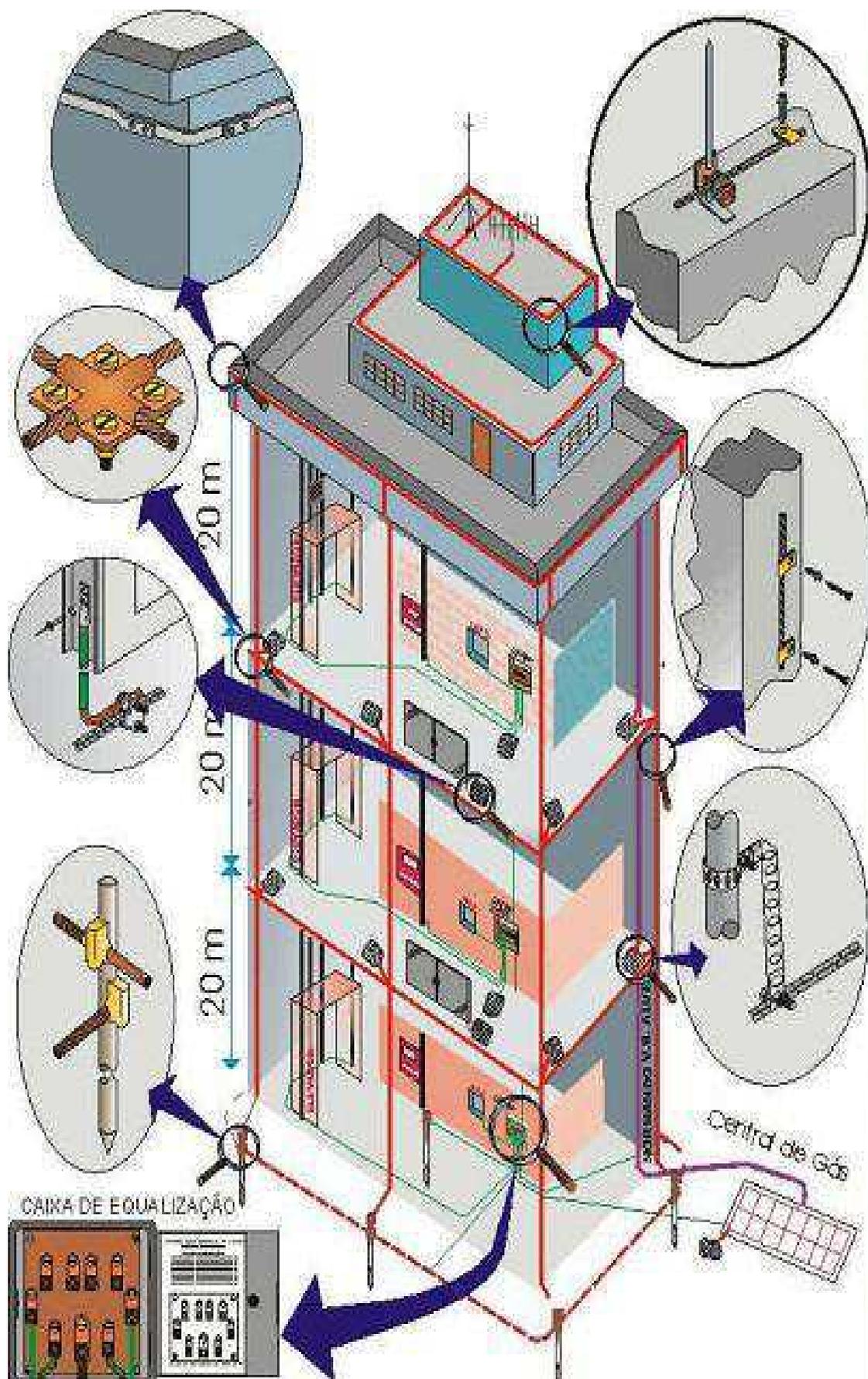


Figura 5. Perspectiva genérica de um sistema estrutura.



Figura 6. Barra de aço galvanizada a fogo adicional ás ferragens existentes.

5.1 PROCESSO EXECUTIVO

Abaixo serão descritos os quatro passos para a execução do sistema estrutural: fundação, descida, captação e equalização de potenciais.

5.1.1 FUNDAÇÕES

O primeiro ponto a ser observado é o tipo de fundação e respectivamente a profundidade média desta. Como existem diversas fundações, as mais usuais são: estaca Franklin, estaca Strauss, estaca pré-moldada, estaca trilho, tubulão manual ou mecanizado, fundação direta, etc.

Para fundações com mais de cinco metros de profundidade consideramos profunda e para fundações inferiores a cinco metros consideramos rasa ou direta.

Para as fundações verticais (estaca Frankl, Strauss ou tubulões), o procedimento é o mesmo e consiste na colocação da barra RE-BAR dentro das fundações o mais profundo possível, sem atingir o solo (aproximadamente 10 cm), pois a acidez deste poderá corroer a barra em pouco tempo.

A “RE-BAR” tem 3,40m x Ø 10mm (3/8”) lisa e sempre que seja necessário deverá ser emendada com a próxima “RE BAR” (ver Figura 7). Esta emenda deverá ser feita com um transpasse de 20 cm assegurada por 3 clips 3/8” também galvanizados (ver Figura 8).



Figura 7. Emenda das Re-Bars.



Figura 8. Clips para emenda de Re-Bars.

Não é necessário colocar a barra em todas as fundações, bastando apenas uma fundação para cada pilar, assim o número de fundações aterradas coincide com o número de pilares do pavimento tipo. Sempre que exista cruzamento de ferragens verticais dos pilares com ferragens horizontais das vigas, lajes e blocos, a RE-BAR deverá ser obrigatoriamente ligada, através de ferro comum em forma de “L” com 20 cm por 20 cm, amarrado com arame PG7 (arame recozido, comum), e as demais ferragens verticais deverão ser amarradas em posições alternadas (uma sim, uma não), conforme a Figura 9 seguinte.

No caso de fundação com trilho metálico, é dispensada o uso da barra adicional RE-BAR na fundação, pois o próprio trilho já substitui a Instalação da barra de pára-

raios em fundações rasas aterramento, principalmente porque estes são emendados com solda elétrica durante a sua cravação. A barra deverá ser soldada no topo do trilho, atravessar o bloco e entrar nos pilares.

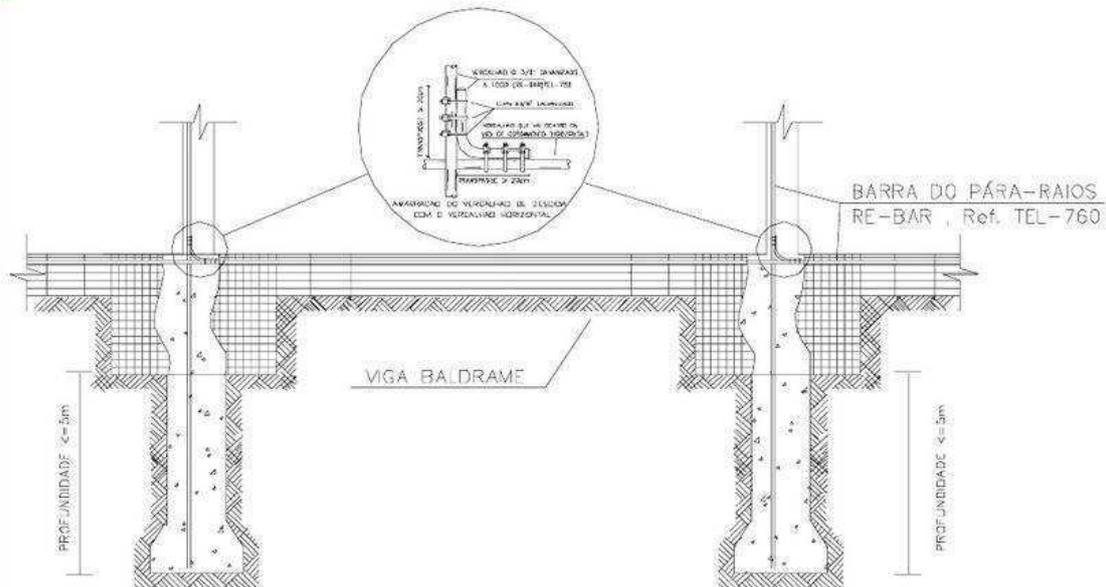


Figura 9. Instalação da barra de pára-raios em fundações rasas.

No caso de fundação direta, deverá ser adotado o mesmo critério que consiste no reforço horizontal através da colocação da RE-BAR no cintamento/coroamento (viga baldrame). A Figura 10 mostra a instalação da barra do pára-raios em fundações rasas e a Figura 11 mostra uma perspectiva da instalação da barra do pára-raios nas vigas e tubulões de fundações rasas.

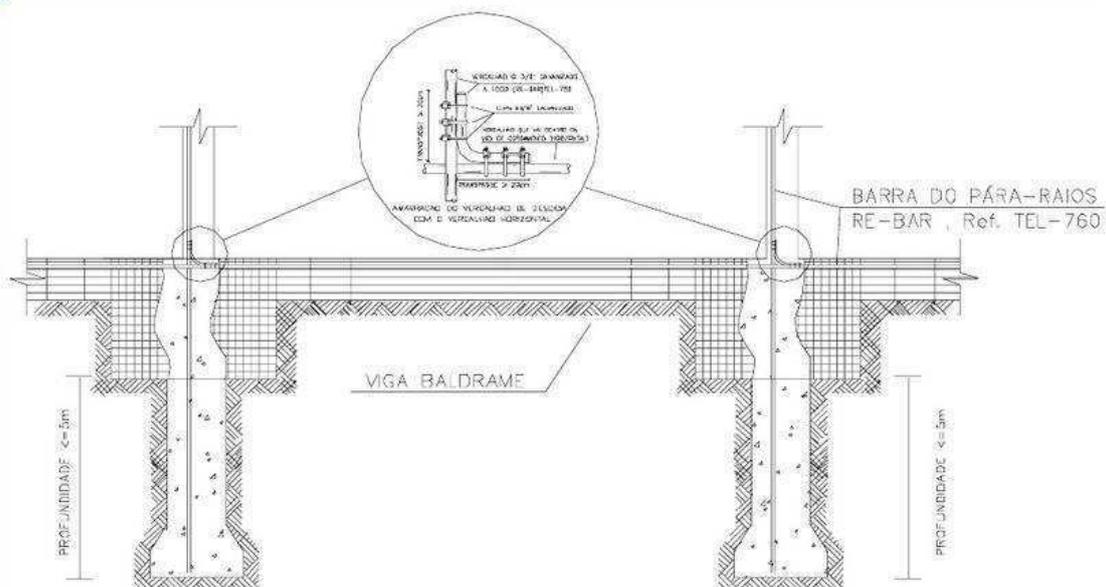


Figura 10. Instalação da barra de pára-raios em fundações rasas.

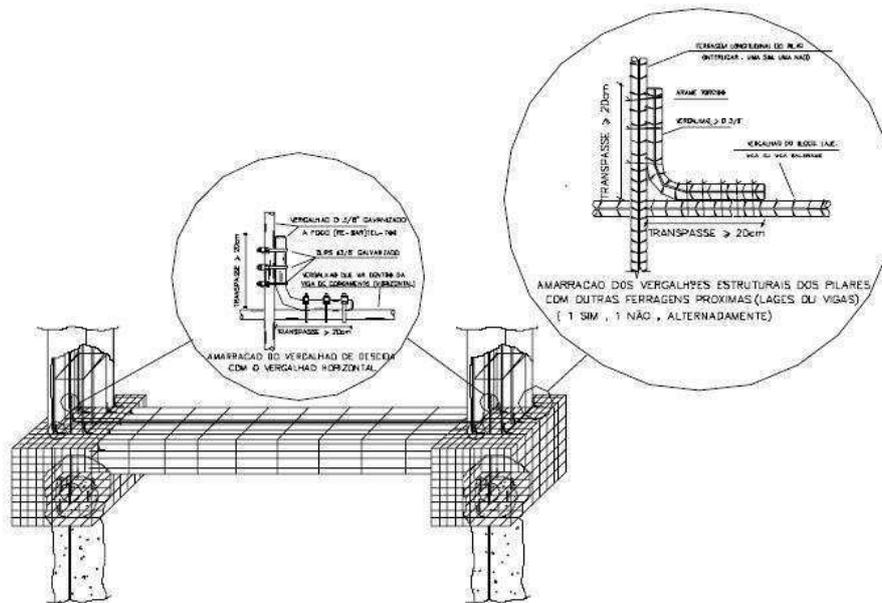


Figura 11. Instalação da barra de pára-raios nas vigas e tubulões de fundações rasas.

No caso da estaca pré-moldada de concreto (centrifugada), o procedimento será o mesmo da estaca trilho, visto os fabricantes terem-se recusado em alterar seu processo produtivo para adicionar uma barra, alegando que iria encarecer seu produto em relação aos concorrentes.

5.1.2 DESCIDAS

As descidas serão executadas através da colocação de uma RE-BAR em todos os pilares do corpo do prédio. Esta barra será fixada nos estribos do pilar, correndo paralelas às demais ferragens estruturais. Nos pilares externos (de fachada) deverá haver a preocupação de colocar a RE-BAR na face mais externa do pilar, de modo a receber as descargas laterais que só atingem estes. Nos pilares internos, sua localização poderá ser em qualquer face, porém sempre dentro do estribo, sem invadir o cobrimento.

No cruzamento das ferragens verticais (pilares) com as horizontais (Vigas e lajes), estes deverão ser amarrados com ferros da construção com diâmetro de 8 mm a 10 mm, conforme a Figura 12, Figura 13 e Figura 14, obedecendo sempre que, em primeiro lugar, deverá ser amarrada a RE-BAR e depois as demais barras verticais, uma sim, uma não, alternadamente. Esta etapa, bem como a fundação, deve ser executada pela construtora para minimizar os custos.

Ao se chegar à última laje tipo, alguns pilares irão morrer, outros irão continuar e outros irão nascer. Os pilares que morrem deverão ser interligados com os que sobem

para os níveis superiores. Esta interligação é feita com RE-BAR na horizontal, dentro da laje e vigas (ver exemplo abaixo) e todas as emendas da RE-BAR serão feitas com três clips.

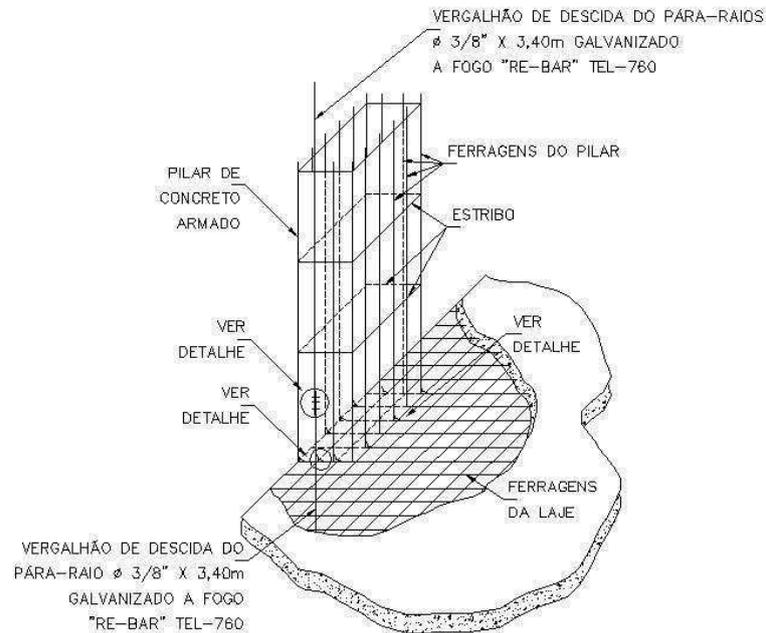


Figura 12. Detalhes das amarrações entre RE-BAR e ferragens verticais com ferragens horizontais.

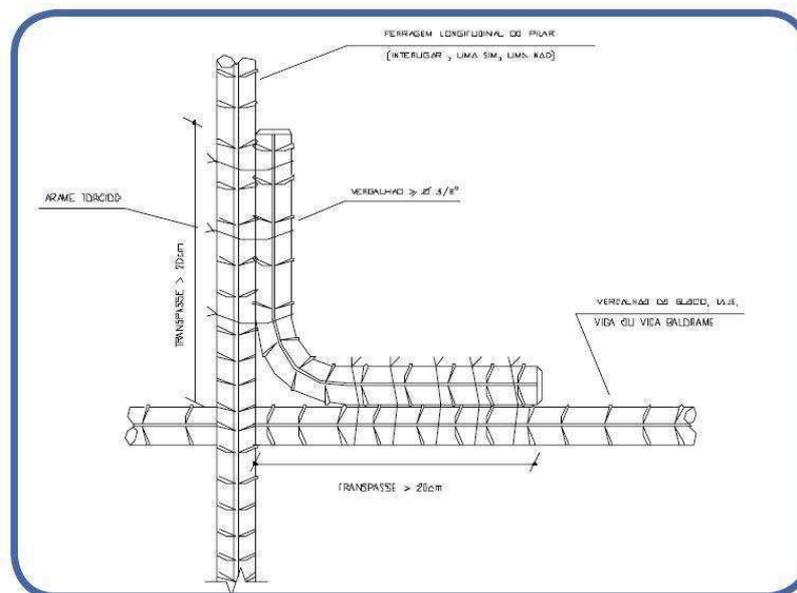


Figura 13. Amarração dos vergalhões estruturais dos pilares com outras ferragens próximas (lages ou vigas), uma sim, uma não, alternadamente.

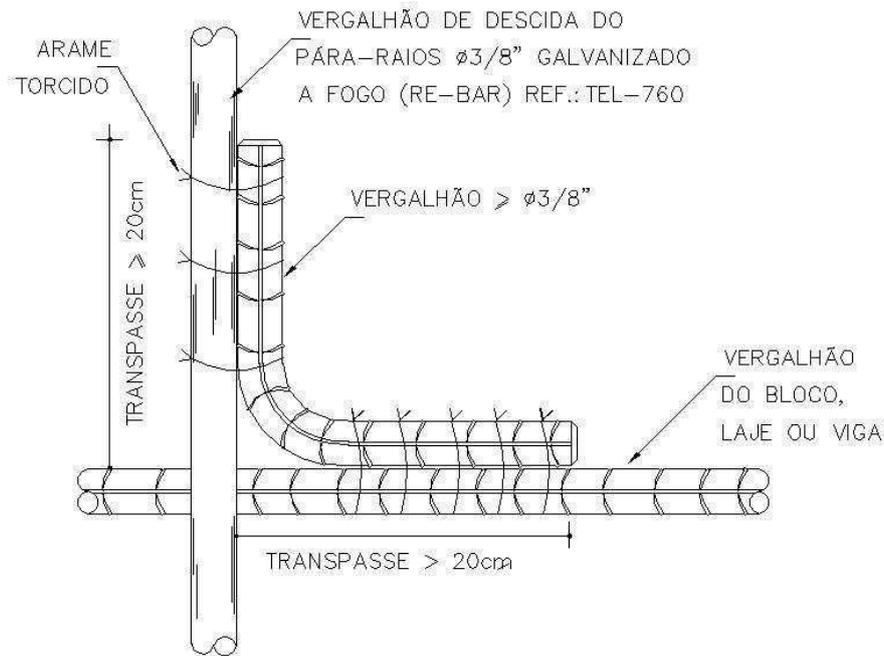


Figura 14. Amarração do vergalhão do pára-raios com os vergalhões horizontais.

5.1.3 CAPTAÇÃO

A captação consiste basicamente na interligação horizontal das “Re Bars” que estiverem aflorando no topo do prédio, como mostra a Figura 15.

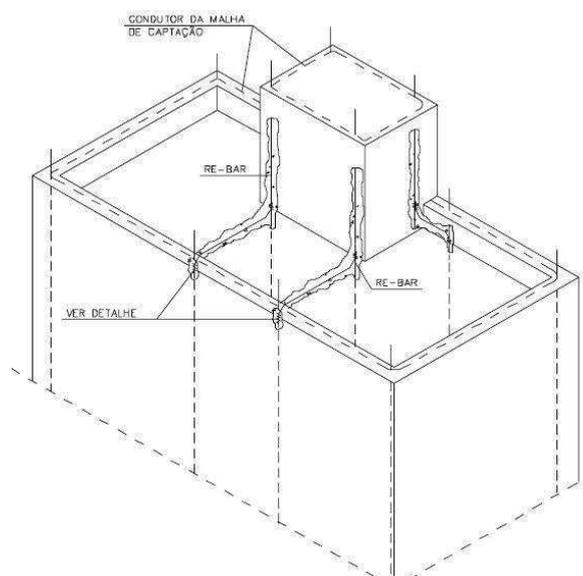


Figura 15. Captação.

Esta captação se divide em dois tipos:

- i. Captação por fora: nos locais onde existe acesso ao público, a barra deverá ser direcionada para o lado de fora do parapeito, evitando

acidentes pessoais pelo contato direto com o SPDA, depredações no sistema e o medo que é provocado pela sua presença. Neste caso, as barras RE-BAR são interligadas na horizontal, pelo lado de fora do parapeito (pingadeira/soleira) com cabo de cobre nú #35 mm² ou Barra chata de Alumínio ref. TEL-770 (por questões estéticas) como mostra a Figura 16 e Figura 17.

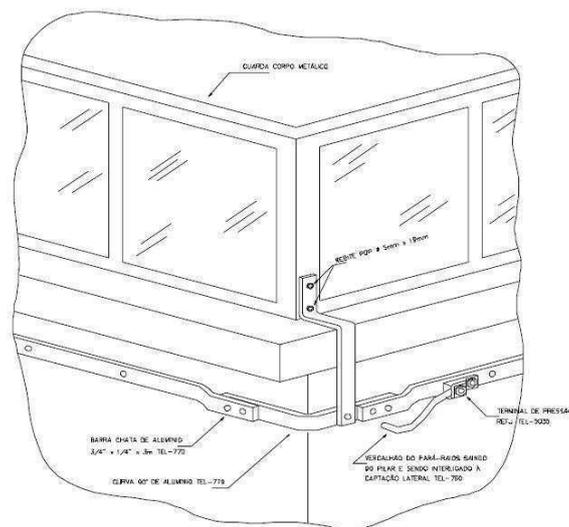


Figura 16. Captação por fora.



Figura 17. Aplicação da barra chata na captação por fora.

- ii. Captação por cima: nos locais onde não existe fácil acesso ao público, as barras deverão sair por cima dos parapeitos (telhado de cobertura, casas de máquinas, tampa de caixa d'água, etc.) e ser interligadas com cabo de cobre #35mm² na horizontal (ver desenho). Neste caso não é necessário o uso da barra chata de alumínio, pois, como os cabos vão ficar por cima

dos parapeitos, não tem problema estético, uma vez que são áreas onde somente o pessoal de manutenção tem acesso, como mostra a Figura 18.

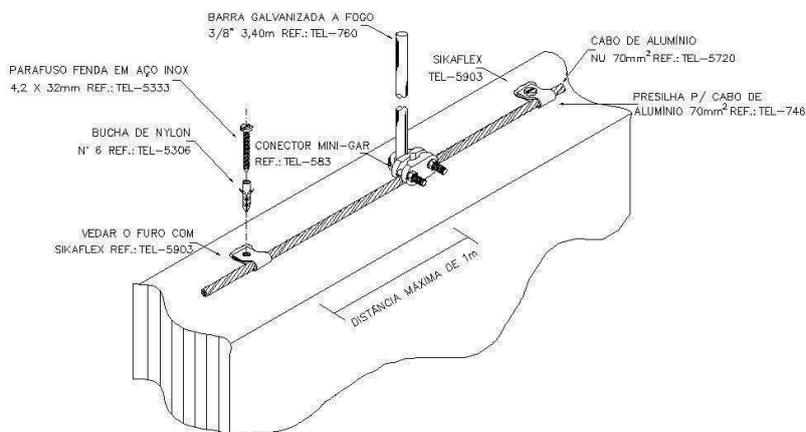


Figura 18. Detalhe da fixação do cabo à RE-BAR na captação por cima.

5.1.4 EQUALIZAÇÃO DE POTENCIAIS

A equalização de potenciais se divide em dois itens:

- i. Equalização de Potenciais no subsolo: no nível mais baixo da edificação (normalmente o subsolo), deverão ser tomadas as seguintes providências:
 - Instalar a caixa de equalização, como mostra a Figura 19, num pilar o mais equidistante possível do DG (quadro da concessionária telefônica) e do QDG (quadro da concessionária de energia elétrica) e interligar a caixa a qualquer ferragem do pilar, quebrando cuidadosamente qualquer quina do pilar até remover o cobrimento deste;
 - Conectar os aterramentos telefônico e elétrico na caixa de equalização de potenciais, através de cabo de cobre isolado (750V) #16 mm². Esta conexão deverá ser feita na haste mais próxima de cada um dos aterramentos, lembrando que, caso existam outros aterramentos (elevadores, interfone, etc.), o procedimento será o mesmo;
 - Interligar todas as massas metálicas (Prumadas de incêndio, recalque, tubos de gás, água quente, guias do elevador e contrapeso, etc.) na caixa de equalização, através de cabo de cobre

nu #35mm² (também poderá ser encapado). A conexão com as respectivas tubulações deverá ser feita com a fita perfurada de latão estanhada, como mostra a Figura 20, para abraçar tubos com diferentes diâmetros. Para a tubulação de incêndio e recalque, é recomendável que estas sejam aterradas no subsolo com uma haste e depois equalizadas.

- A central de gás normalmente localizada no pilotis deverá ser aterrada, através do lançamento de fita perfurada estanhada no piso do cubículo, de modo a que os botijões de gás sempre estejam em contato direto com a fita. A tubulação metálica que sai da central de gás para distribuir para o prédio também deverá ser aterrada ainda dentro do cubículo com a fita perfurada estanhada, assim como o portão metálico da central de gás. Após todas estas estruturas aterradas, este conjunto deverá ser interligado com a ferragem da laje, no ponto mais próximo da central (ver Figura 21). Esta medida tem como objetivo equalizar os potenciais das diferentes estruturas metálicas (botijões, portões e tubulações), evitando, assim, a possibilidade de centelhamentos e possível explosão. A norma não aborda este assunto especificamente, pois, em cidades como São Paulo, a maioria do gás é canalizado e nem sempre existe a central de gás.

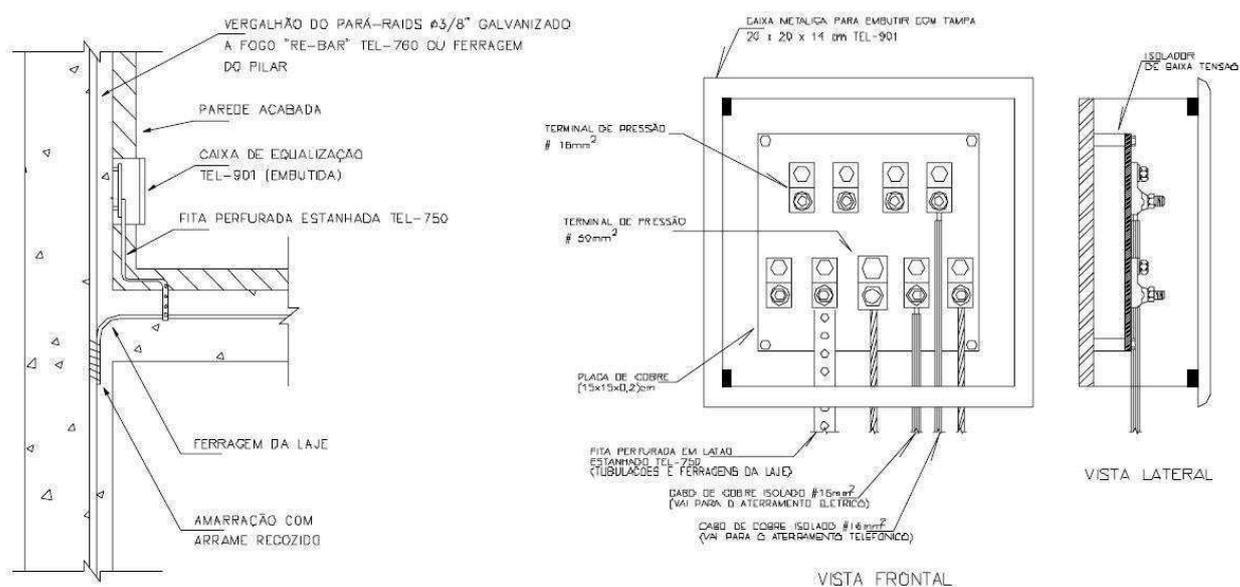


Figura 19. Sugestão para ligações na caixa de equalização para embutir.



Figura 20. Fita perfurada para equipotencialização.

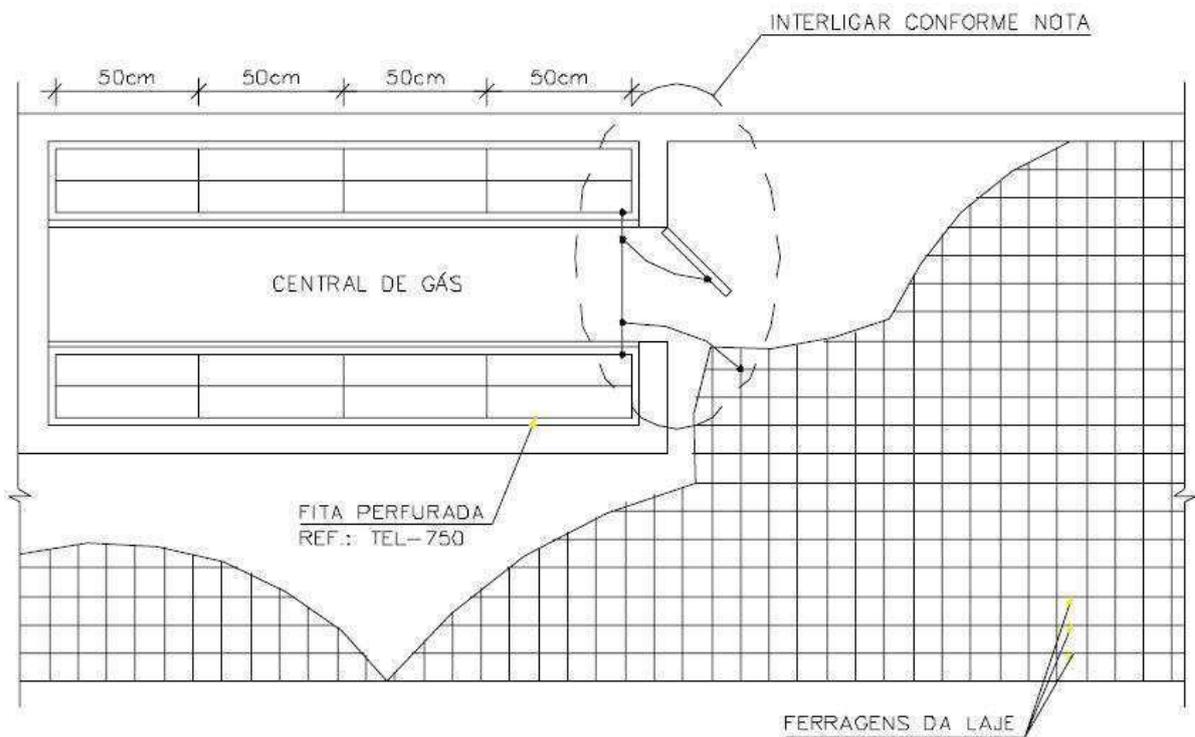


Figura 21. Equalização da central de gás.

- ii. Equalização de Potenciais no subsolo: no nível mais baixo da edificação (normalmente o subsolo), deverão ser tomadas as seguintes providências:

- A cada 20 metros de altura a partir do solo (onde seriam os anéis de cintamento horizontal no sistema externo/embutido), deverão ser feitas as equalizações de potenciais;
- A caixa de equalização, como mostra a Figura 22, deverá ser locada de preferência no Hall do andar (embutida na parede a ± 20 cm do piso), interligada através de fita perfurada estanhada na ferragem da laje mais próxima e na carcaça metálica do QDC (quadro de distribuição de circuitos) do apartamento mais próximo. Se os circuitos elétricos possuem fio “terra”, não é necessário interligar os outros QDCs do andar, visto já estarem equalizados por este, caso contrário, todos os QDCs deverão ser levados à caixa de equalização, através de cabo de cobre encapado #16mm², passando por baixo do contrapiso (ou barroteamento) do andar;
- As demais massas (Prumadas de Incêndio, recalque, água quente, gás, guias dos elevadores e contrapesos, etc.) poderão ser ligadas diretamente nas ferragens das lajes, através de fita perfurada estanhada ou na caixa de equalização, dependendo da distância.



Figura 22. Caixa de equalização.

6 ESTUDO DE CASO

Será mostrado a seguir um estudo de caso referente ao edifício Cidal.

6.1 EDIFÍCIO CIDAL

A implantação do sistema estrutural foi realizada baseando-se no projeto estrutural, arquitetônico e o projeto de SPDA, emitido pelo corpo de engenheiros responsáveis da empresa Hidrotec Construções e Serviços LTDA. O projeto de SPDA foi elaborado pelo aluno de graduação do curso de engenharia elétrica da UFCG, Thiago de Lima França e foi supervisionado pelo engenheiro eletricitista Fernando Augusto Adnet, CREA nº 001916/D, também membro desta empresa. As plantas do projeto de SPDA podem ser observadas no Anexo A.

O edifício Cidal localiza-se no seguinte endereço: rua fortaleza, lotes 08 e 09, bairro itapoã, Vila Velha-ES.

A edificação consiste dos seguintes pavimentos:

- i. Pavimento subsolo;
- ii. Pavimento térreo;
- iii. Pavimento garagem;
- iv. Pavimento pilotis;
- v. Pavimento tipo (x13);
- vi. Pavimento cobertura lazer coletivo;
- vii. Pavimento telhado/barrilete;
- viii. Pavimento cobertura caixa d'água.

6.2 AVALIAÇÃO DAS NECESSIDADES DE SPDA LEVANDO EM CONSIDERAÇÃO O ANEXO B, DA NBR 5419

O ranking de incidência de descargas por município no Brasil no biênio de 2008, realizado pela Rede Brasileira de Detecção de Descargas Atmosféricas (BrasilDAT) em

parceria com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), levando em consideração a Tabela 3 do Anexo C, a edificação Cidal localizada no município de Vila Velha – ES tem uma densidade de descargas para a terra (N_d) igual a 0,6896 km²/ano.

Para esta edificação, a avaliação do risco de exposição, de acordo com os parâmetros da edificação e a equação (1), tem-se:

$$L=20,44 \text{ m}$$

$$C=15,20 \text{ m}$$

$$A=49,00 \text{ m}$$

$$A_e = (15,20 \times 20,44) + (2 \times 15,20 \times 49,00) + (2 \times 20,44 \times 49,00) + (\pi \times 49,00^2)$$

$$A_e = 11346,37 \text{ m}^2.$$

A frequência média anual previsível de descargas atmosféricas sobre a estrutura, de acordo com a equação (3), será:

$$N_d = 0,6896 \times 11346,37 \times 10^{-6}$$

$$N_d = 0,0078242016 \text{ [raios por ano]}$$

Nesta seguinte fase, aplicaremos os fatores de ponderação indicados na Tabela 4 a Tabela 8 da NBR5419/2001, estes podem ser observados no Anexo D deste trabalho, para então, calcular-se a avaliação geral de risco (N_{dc}). A seguir, os fatores de ponderação estão indicados na Tabela 2.

Tabela 2. Fatores de ponderação.

	Fator
Fator A	1,20
Fator B	0,40
Fator C	0,30
Fator D	0,40
Fator E	1,00

Conforme os resultados obtidos, descobre-se a necessidade de implantação de um SPDA. Esta avaliação é feita aplicando-se os fatores de ponderação, e é obtida pela equação (4).

$$N_{dc} = A \times B \times C \times D \times E \times N_g$$

$$N_{dc} = 1,20 \times 0,40 \times 0,30 \times 0,40 \times 1,00 \times 0,0078242016$$

$$N_{dc} = 4.5067401216 \times 10^{-4}.$$

Como $10^{-3} > 4.5067401216 \times 10^{-4} > 10^{-5}$ a necessidade de proteção poderá ser discutida em comum acordo entre projetista e proprietário.

Entretanto, como a edificação é de concreto armado e sua fundação ainda não tinha sido iniciada, determinou-se que seria empregado o SPDA e o sistema seria estrutural.

6.3 IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA ESTRUTURAL

Nesta seção será apresentada a implementação da fundação, descidas, captação, equalização de potenciais e realização de testes.

6.3.1 PILARES CONTÍNUOS

O projeto estrutural indica onde os pilares contínuos encontram-se. Se não existisse este projeto, testes de continuidade seriam realizados para identificar os pilares contínuos.

6.3.2 ANÁLISE DA FUNDAÇÃO

De acordo com o projeto estrutural a fundação desta edificação é menor que cinco metros, portanto, é denominada de fundação direta. Logo, a instalação das barras adicionais dentro das fundações foi instalada o mais profundo possível, acerca de 20 cm afastado do solo, sem atingi-lo, pois a acidez poderia corroer a barra mesmo sendo

galvanizada a fogo após garantir a continuidade com três clips ou conectores galvanizados.

No nível do solo (viga baldrame) foram instaladas barras adicionais horizontalmente interligando todas as barras adicionais instaladas nos pilares verticalmente. Assim, evidenciou-se o aterramento em anel, prescrito na norma NBR5419/2005.

Obviamente como há cruzamentos de ferragens verticais dos pilares com ferragens horizontais das vigas lajes e blocos, a “Re Bar” é ligada por um ferro comum em forma de “L”, medindo 20cm por 20cm, interligando-as com arame PG7. Podemos observar todas essas dinâmicas na Figura 26, Figura 27, Figura 29 e Figura 32 do Anexo B, assim como a planta baixa do pavimento subsolo no Anexo A. As demais ferragens verticais foram interligadas em posições alternadas.

6.3.3 DESCIDAS

Desde a fundação até o ponto mais alto, as barras adicionais de aço liso galvanizada a fogo foram instaladas dentro de todos os pilares contínuos da edificação, desta forma identifica-se o sistema de descida. As barras estão fixadas na parte interna dos estribos do pilar, posicionando paralelamente às demais armaduras, somente nos pilares externos (de fachada) as barras estão instaladas na face mais externa do pilar, para que ao receber descargas laterais somente pilares externos sejam atingidos. Já nos pilares internos a instalação foi feita em qualquer face, porém sempre dentro dos estribos, sem invasão do cobrimento e nunca ocupando centro (núcleo) do pilar.

As ferragens verticais dos pilares quando cruzadas com as armaduras horizontais das vigas lajes e blocos, podendo observar este cruzamento na Figura 30 no anexo B, foram amarradas com os ferros da própria construção e interligadas por ferro comum em forma de L com 20 cm x 20 cm, tais amarrações foram repetidas sucessivamente em todas as lajes com todos os pilares contínuos pertencentes a edificação.

Na última laje (planta baixa pavimento cobertura lazer coletivo), os pilares que param foram interligados por barras adicionais com os pilares que continuaram para os níveis superiores. A conexão foi feita na horizontal, por cliques localizados dentro da laje, vigas e todas as emendas das barras.

6.3.4 CAPTAÇÃO

Esta etapa foi feita basicamente a interligação das RE-BARs nos últimos níveis da edificação, ou seja, a captação foi interligada horizontalmente com as barras adicionais que afloraram destes níveis. Para esta edificação foi adotado o método de captação por cima.

No pavimento telhado e caixa d'água, a captação instalada foi por cima, logo as barras foram instaladas por cima do parapeito e interligadas com cabo de cobre nu bitola 35 mm², na horizontal, atentar para os Figura 23 e Figura 25 do anexo B. Com a gaiola de Faraday pronta foi realizada a amarração na RE-BARs e no terminal aéreo em alvenaria, estando as RE-BARs conectadas as ferragens do pilar. A escada de marinho que dá acesso a caixa d'água também foi aterrada, assim como, as tapas deste pavimento.

Para proteger uma estrutura específica, utilizou-se o captor Franklin no pavimento da caixa d'água, de modo que a mesma ficou dentro do cone de proteção projetado pela ponta do Pára-Raios.

6.3.5 EQUALIZAÇÃO DE POTENCIAIS DO SPDA

As massas metálicas foram executadas no nível do solo e a cada 20 m de altura, sendo conectadas na caixa de equalização do sistema, conforme a norma regulamentadora.

Depois de realizada a equalização conforme o parágrafo acima, a caixa de equalização foi instalada num pilar o mais equidistante possível do DG (quadro da concessionária telefônica) e do QDG (quadro da concessionária de energia elétrica) interligando a caixa a qualquer armadura do pilar. Teve-se o cuidado de remover as quinas de cobertura de concreto para que encontrasse as armaduras e conseqüentemente as ferragens de intermediação.

6.3.6 REALIZAÇÃO DE TESTES

O corpo de bombeiro exige um teste de continuidade previsto em norma, para saber se o pilar está contínuo e não “quebrado”. O teste de continuidade elétrica é realizado entre os pontos extremos das barras interligadas, utilizando um instrumento de

medição chamado Microohmímetro. O valor da resistência de contato elétrico foi menor ou igual a 1 ohm, estando assim de acordo com a norma regulamentadora.

7 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo detalhar a execução do novo Sistema Estrutural de Proteção contra Descarga Atmosférica.

Recorda-se que a execução desse sistema seja iniciada desde início das fundações, até o final da estrutura, pela construtora. Já a equalização e a captação deverão ser executadas por uma empresa que emita uma ART junto ao CREA dos serviços prestados.

O Sistema Estrutural além de segurança oferece um ganho estético para a fachada das edificações, eliminando as indesejáveis interferências estéticas que os sistemas externos produzem, com reduções de custos que giram em torno de 30%, pois pode ser instalado pela própria construtora. O desempenho pelo Sistema Estrutural foi aumentado, pois minimizam os riscos de centelhamentos perigosos nas edificações, pelo fato que se equaliza os potenciais das massas metálicas. O Sistema Estrutural não necessita de anéis de cintamento horizontal a cada vinte metros de altura, conforme norma técnica, visto que nos pilares externos (de fachada) foi colocada a RE-BAR na face mais externa do pilar, de modo a receber as descargas laterais que só atingem estes.

Com essa pesquisa observa-se que, ao projetar, planejar e construir de acordo com as normas regulamentadoras, consegue-se reduzir de forma significativa os riscos e muitas vezes soluções simples pode evitar altos custos. O Sistema Estrutural de Proteção contra Descarga Atmosférica é consagrado no meio científico mundial há muitas décadas, como sendo indiscutivelmente mais eficiente que os demais sistemas, assim como, o mais versátil também, pois pode ser instalado em qualquer tipo de edificação, seja ela comercial, industrial ou residencial.

BIBLIOGRAFIA

ALVES, Normando V. B. **Instalações Elétricas** 2. Ed. São Paulo: Sertec, 1999.

ALVES, Normando V. B. **Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas** Belo Horizonte, 1999. (Apostila).

ABNT. **NBR 5419/2001 - Proteção de Estruturas contra Descargas Atmosféricas**. Associação Brasileira de Normas Técnicas.

CREDER, H. **Instalações Elétricas**. 14. Ed. Rio de Janeiro. LTC, 2000.

FILHO, J. M. **Instalações Elétricas Industriais**. 5. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 1997.

KINDERMANN, G. **Descargas Atmosféricas** 6. Ed. Porto Alegre: Sagra, 1995.

LEITE, D.M. & LEITE, C.M. **Proteção Contra Descargas Atmosféricas**. Oficina de Mydia Ed. Ltda. São Paulo, 1997.

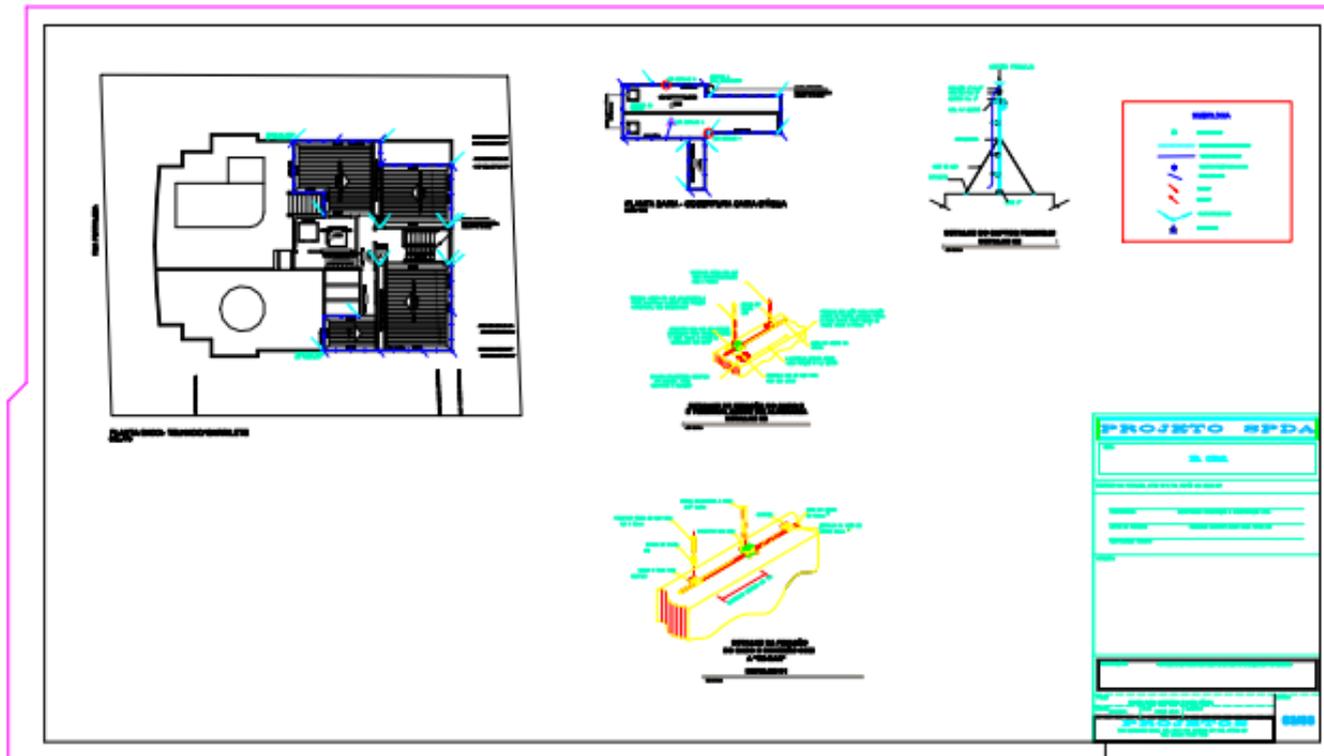
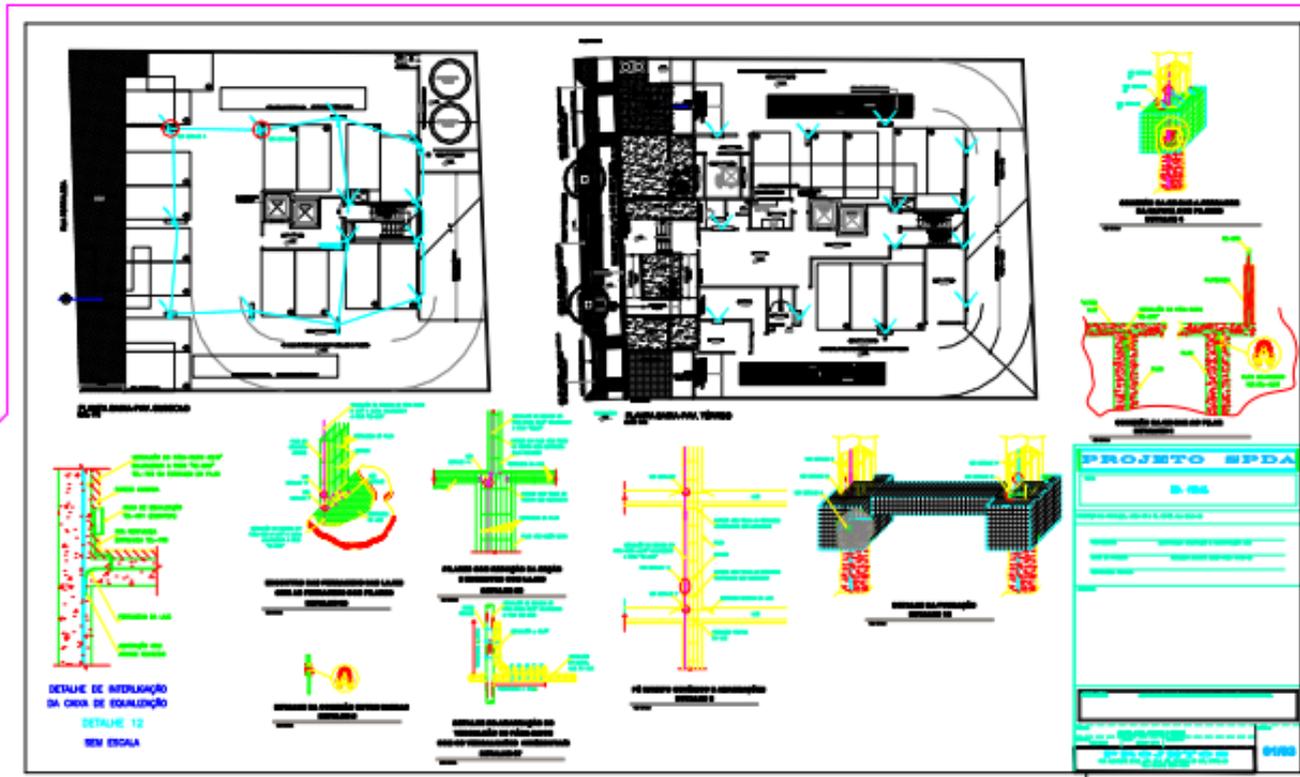
IEEE-STD-80. **Guide for Safety in Arternating Current substation Grounding**, 1976.

INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS. **Guide for Safety in Substation Grounding**, IEEE STD 80, 1976.

TECHNE N°. 34 - Artigo sobre proteção de estruturas contra descargas atmosféricas, de acordo com a norma NBR5419/93. (autor: Eng. Normando Alves), Ed. PINI, Minas Gerais, 1999.

ANEXO A – PLANTAS DO EDIFÍCIO CIDAL

PENAS	
WHITE	-----0.1
CYAN	-----0.3
MAGENTA	-----0.6
BLUE	-----0.4
120	-----0.2
GREEN	-----.3
YELLOW	-----0.2
RED	-----0.2
ESCALA 1/7.5	



ANEXO B - DETALHES DO SISTEMA ESTRUTURAL DO EDIFÍCIO CICAL

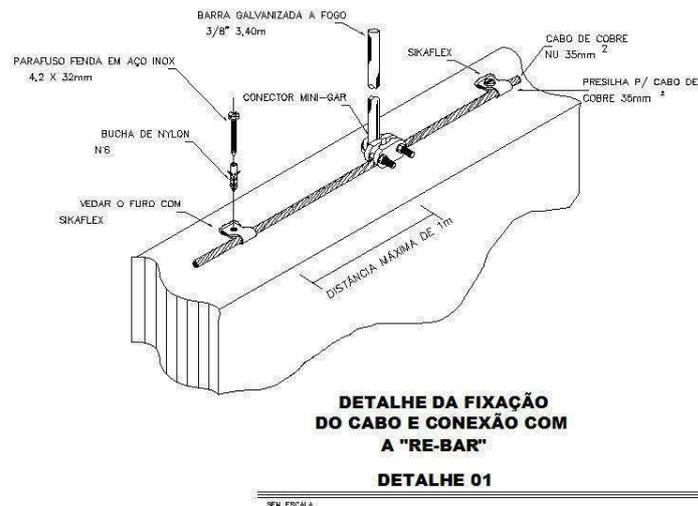


Figura 23. Detalhe 01.

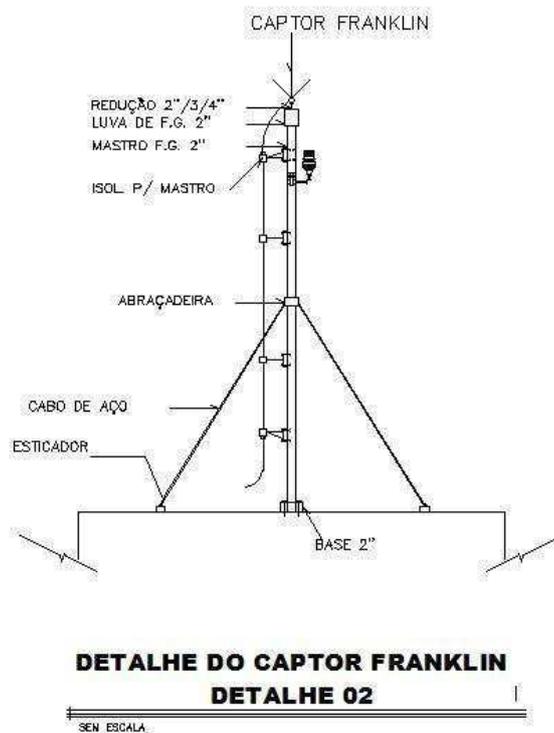
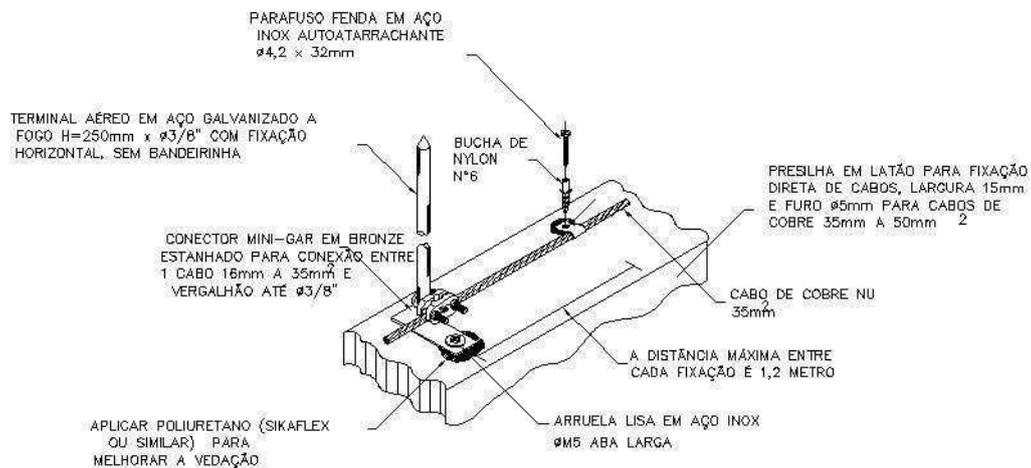


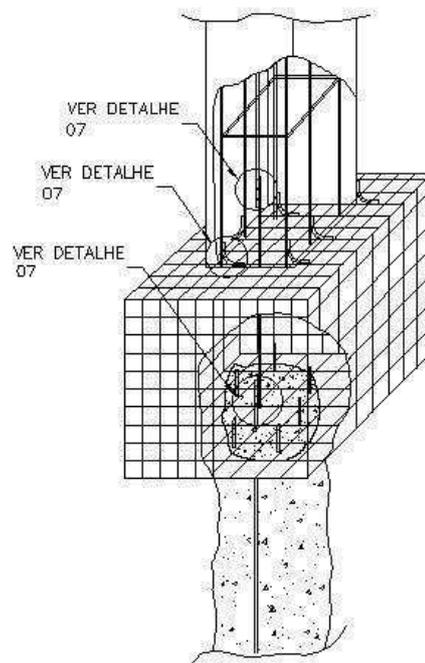
Figura 24. Detalhe 02.



DETALHE DE FIXAÇÃO DO CABO E TERMINAL AÉREO EM ALVENARIA DETALHE 03

SEM ESCALA

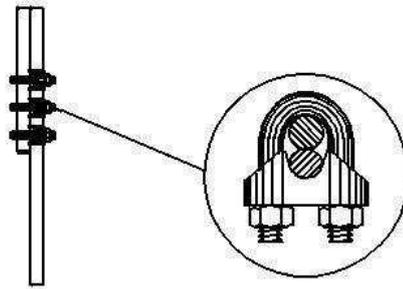
Figura 25. Detalhe 03.



CONEXÃO DA RE-BAR A FERRAGEM DA SAPATA DOS PILARES DETALHE 4

SEM ESCALA

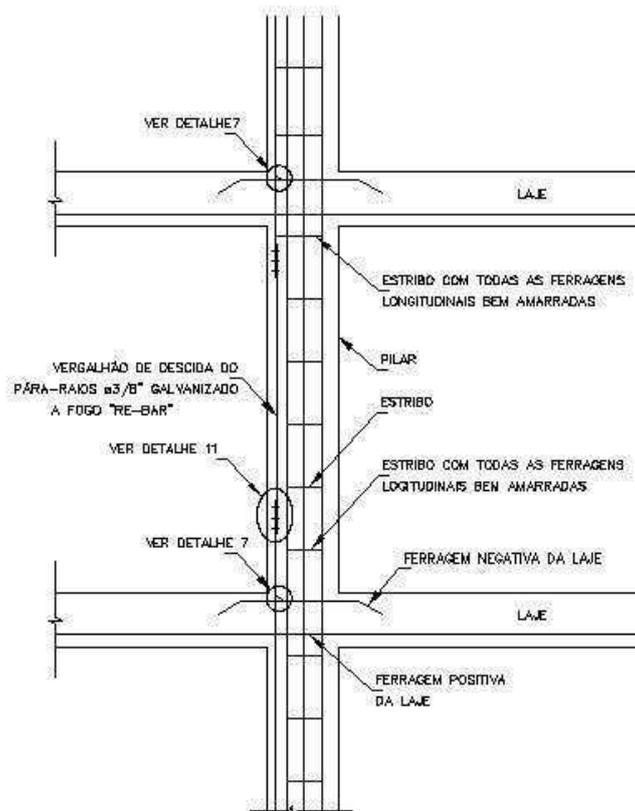
Figura 26. Detalhe 04.



DETALHE DA CONEXÃO ENTRE BARRAS DETALHE 5

SEM ESCALA

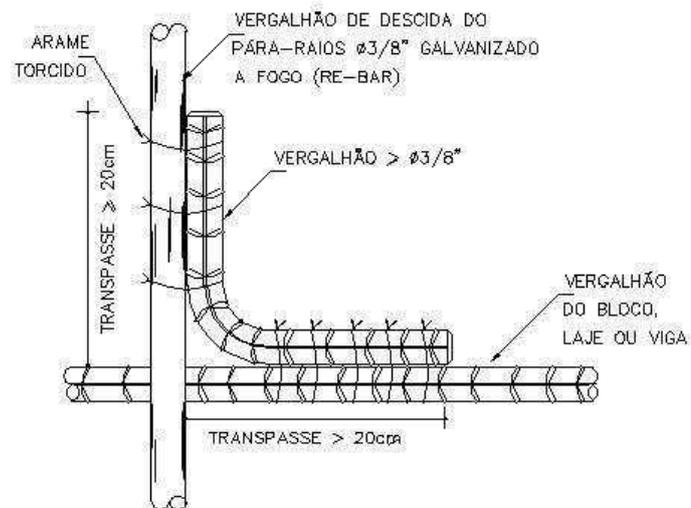
Figura 27. Detalhe 05.



PÉ DIREITO GENÉRICO E AMARRAÇÕES DETALHE 6

SEM ESCALA

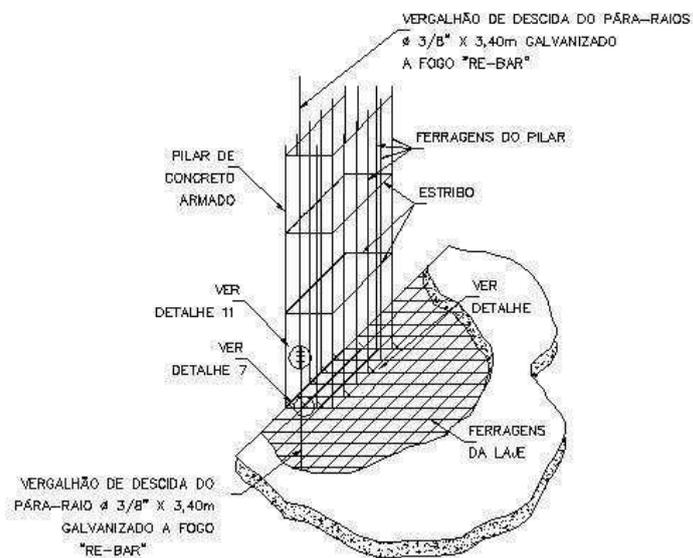
Figura 28. Detalhe 06.



**DETALHE DE AMARRAÇÃO DO
VERGALHÃO DO PÁRA-RAIOS
COM OS VERGALHÕES HORIZONTAIS
DETALHE 07**

SEM ESCALA

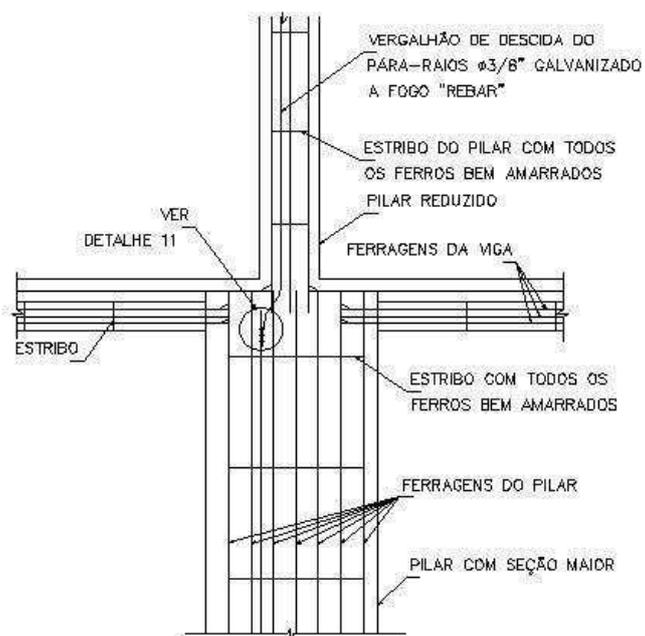
Figura 29. Detalhe 07.



**ENCONTRO DAS FERRAGENS DAS LAJES
COM AS FERRAGENS DOS PILARES
DETALHE 08**

SEM ESCALA

Figura 30. Detalhe 08.



**PILARES COM REDUÇÃO DA SEÇÃO
E ENCONTRO COM LAJES**

DETALHE 09

SEM ESCALA

Figura 31. Detalhe 09.

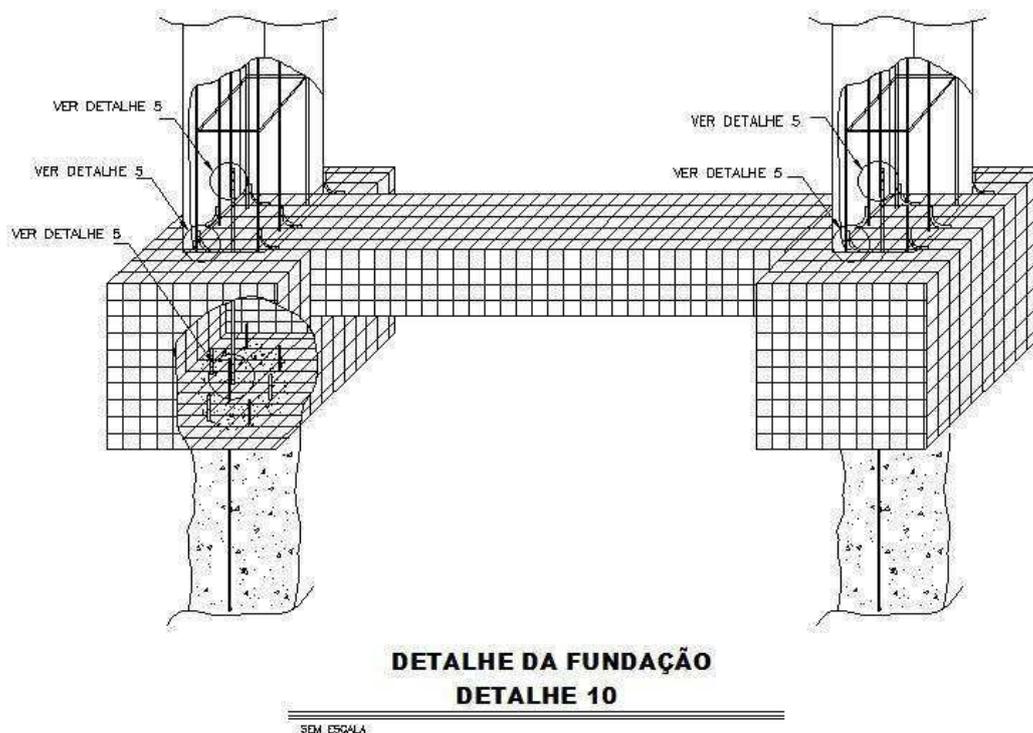


Figura 32. Detalhe 10.

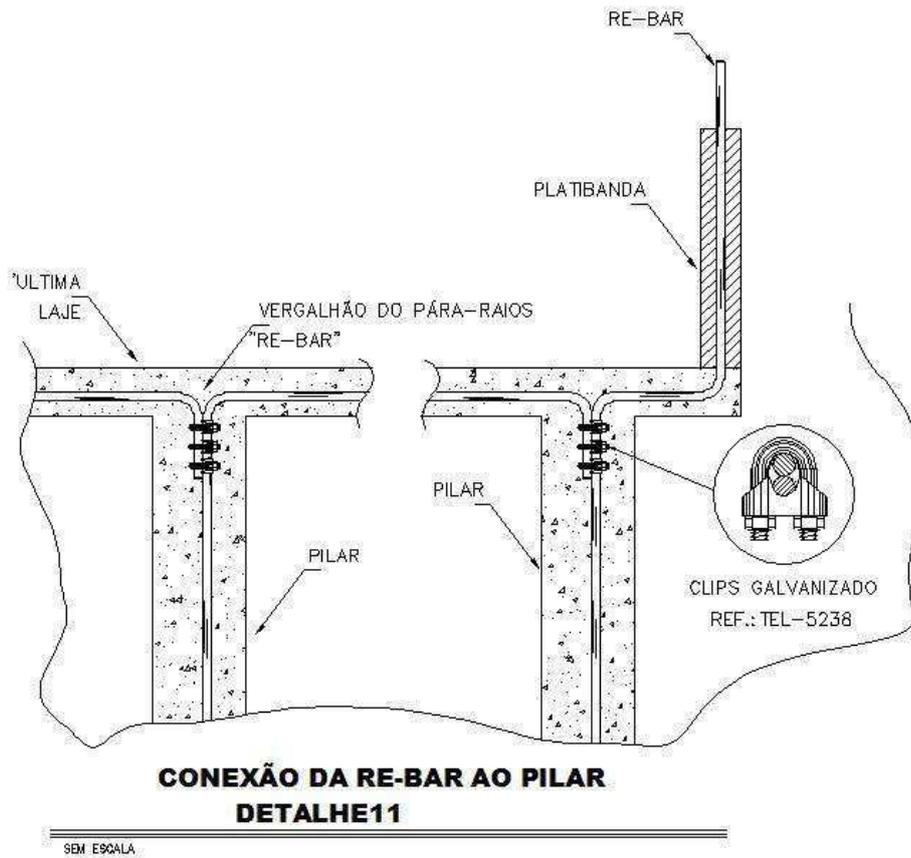
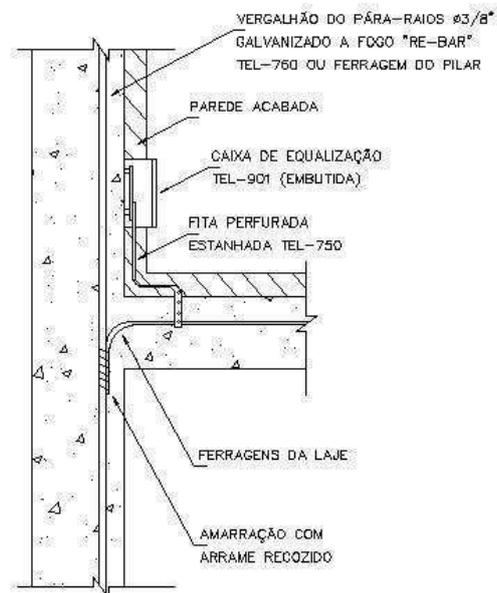


Figura 33. Detalhe 11.

DETALHE DE INTERLIGAÇÃO
DA CAIXA DE EQUALIZAÇÃO

DETALHE 12

SEM ESCALA

Figura 34. Detalhe 12.

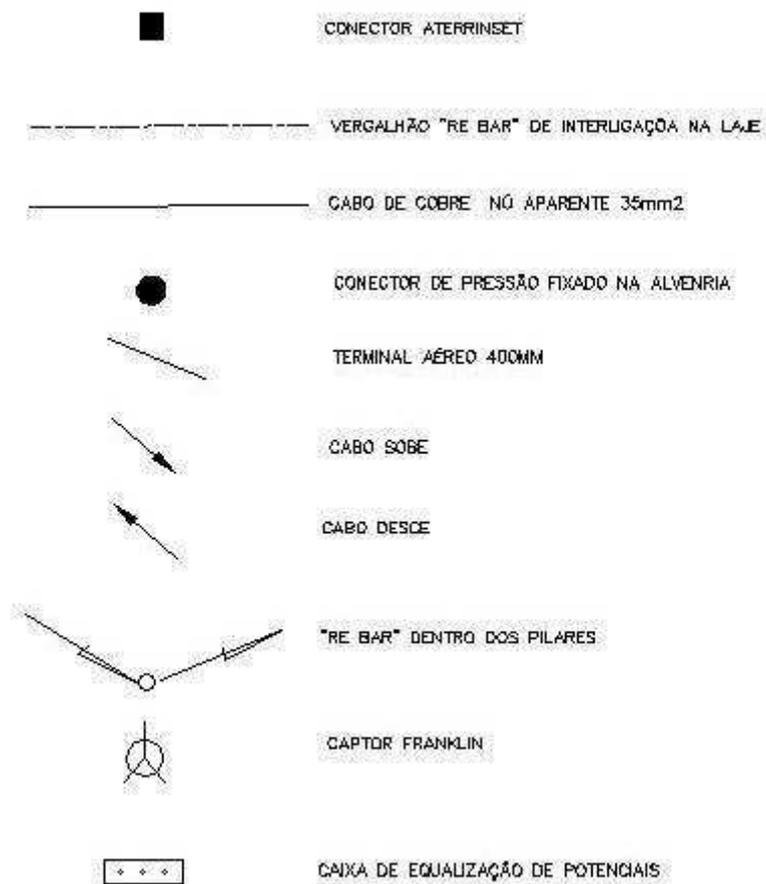


Figura 35. Simbologia.

ANEXO C - RANKING DE INCIDÊNCIA DE DESCARGAS POR MUNICÍPIO DO ESTADO DO ES

Tabela 3. Ranking de incidência de descargas por município do estado do ES.

Municípios (Estado ES)	Área	Biênio 2005-2006			Biênio 2007-2008			Variação
		Ranking		Densidade raios/km ² .ano	Ranking		Densidade raios/km ² .ano	
		Geral	Estado		Geral	Estado		
Bom Jesus do Norte	89	2748	6	1,0474	1987	1	1,9194	83,3%
Guarapari	592	3077	59	0,3850	2292	2	1,6747	335,0%
Jerônimo Monteiro	162	2899	15	0,7729	2303	3	1,6658	115,5%
Vila Valério	464	2914	17	0,7379	2395	4	1,6013	117,0%
Rio Bananal	645	3016	38	0,4968	2402	5	1,5946	221,0%
João Neiva	273	3073	58	0,3934	2410	6	1,5881	303,7%
Apiacá	194	2703	3	1,1434	2516	7	1,5044	31,6%
Iconha	203	3002	36	0,5388	2611	8	1,4170	163,0%
Mimoso do Sul	867	2706	4	1,1377	2637	9	1,3812	21,4%
Aracruz	1.436	3090	65	0,3519	2651	10	1,3621	287,1%
Guaçuí	468	2600	1	1,3625	2661	11	1,3540	-0,6%
Pedro Canário	434	3097	70	0,3441	2696	12	1,3086	280,4%
São José do Calçado	273	2671	2	1,2220	2728	13	1,2608	3,2%
Vila Pavão	433	3041	46	0,4514	2756	14	1,2222	170,8%
→ Vila Velha	209	3044	47	0,4501	3020	63	0,6896	53,2%
Venda Nova do Imigrante	188	3038	45	0,4613	3024	64	0,6831	48,1%
Mucurici	538	3139	78	0,2182	3035	65	0,6697	206,9%
Rio Novo do Sul	204	3123	76	0,2618	3037	66	0,6633	153,4%
Jaguaré	656	3113	73	0,2905	3038	67	0,6612	127,6%
Água Branca	450	3114	74	0,2876	3063	68	0,6015	109,1%
Santa Maria de Jetibá	736	3063	54	0,4070	3068	69	0,5942	46,0%
Alto Rio Novo	228	3059	52	0,4186	3075	70	0,5660	35,2%
Ecoporanga	2.283	3094	68	0,3466	3080	71	0,5548	60,1%
Água Doce do Norte	484	3096	69	0,3443	3090	72	0,5386	56,4%
Pancas	824	3067	56	0,3998	3093	73	0,5372	34,4%
Irupi	184	2972	29	0,6217	3105	74	0,5062	-18,6%

ANEXO D - FATORES DE PONDERAÇÃO PARA AVALIAÇÃO GERAL DO RISCO E CLASSIFICAÇÃO DE ESTRUTURAS COM NÍVEL DE PROTEÇÃO. (NBR 5419, 2005)

Tabela 4. Tipo de ocupação da estrutura.

Tipo de ocupação	Fator A
Casas e outras estruturas de porte equivalente	0,3
Casas e outras estruturas de porte equivalente com antena externa	0,7
Fábricas, oficinas e laboratórios	1,0
Edifícios de escritórios, hotéis e apartamentos, e outros edifícios residenciais não incluídos abaixo	1,2
Locais de afluência de público (por exemplo: igrejas, pavilhões, teatros, museus, exposições, loja de departamento, correios, estações e aeroportos, estádios de esportes)	1,3
Escolas, hospitais, creches e outras instituições, estruturas de múltiplas atividades	1,7

Tabela 5. Tipo de construção da estrutura.

Tipo de construção	Fator B
Estrutura de aço revestida, com cobertura não-metálica ¹⁾	0,2
Estrutura de concreto armado, com cobertura não-metálica	0,4
Estrutura de aço revestida, ou de concreto simples, com qualquer cobertura, exceto metálica ou de palha	0,8
Estrutura de madeira, alvenaria ou concreto simples, com cobertura metálica	1,7
Qualquer estrutura com teto de palha	2,0
¹⁾ Estruturas de metal aparente que sejam contínuas até o nível do solo estão excluídas desta tabela, porque requerem apenas um subsistema de aterramento	

Tabela 6. Conteúdo da estrutura e efeitos indiretos das descargas atmosféricas.

Conteúdo da estrutura ou efeitos indiretos	Fator C
Residências comuns, edifícios de escritórios, fábricas e oficinas que não contenham objetos de valor ou particularmente suscetíveis a danos	0,3
Estruturas industriais e agrícolas contendo objetos particularmente suscetíveis a danos ¹⁾	0,8
Subestações de energia elétrica, usinas de gás, centrais telefônicas, estações de rádio	1,0
Indústrias estratégicas, monumentos antigos e prédios históricos, museus, galerias de arte e outras estruturas com objetos de valor especial	1,3
Escola, hospitais, creches e outras instalações, locais de afluência de público	1,7
¹⁾ Instalação de alto valor ou materiais vulneráveis a incêndio e às suas consequências.	

Tabela 7. Localização da estrutura.

Localização	Fator D
Estrutura localizada em uma grande área contendo estruturas ou árvores da mesma altura ou mais altas (por exemplo: em grandes cidades ou em florestas)	0,4
Estrutura localizada em uma área contendo poucas estruturas ou árvores de altura similar	1,0
Estrutura completamente isolada, ou que ultrapassa, no mínimo, duas vezes a altura de estruturas ou árvores próximas	2,0

Tabela 8. Topografia da região.

Topografia	Fator E
Planície	0,3
Elevações moderadas, colinas	1,0
Montanhas entre 300 m e 900 m	1,3
Montanhas acima de 900 m	1,7