

ANTONIO RICARDO RIBEIRO DO OUTÃO

Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas: Proposta de utilização de armaduras para aterramento elétrico nos novos prédios da Universidade Federal Fluminense – Reuni.

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Defesa e Segurança Civil da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Airton Bodstein de Barros

Niterói
2010

ANTONIO RICARDO RIBEIRO DO OUTÃO

Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas – proposta de utilização de armaduras para aterramento elétrico nos novos prédios da Universidade Federal Fluminense – Reuni.

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Defesa e Segurança Civil da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Airton Bodstein de Barros
Universidade Federal Fluminense-UFF

Prof. Dr. William Zamboni de Mello
Universidade Federal Fluminense-UFF

Prof. Dr. Paulo Gomes
Operador Nacional do Sistema Elétrico-ONS

DEDICATÓRIA

Aos meus pais já falecidos Manoel Gonçalves do Outão e Íris Costa Ribeiro do Outão que me deram oportunidade de estudar, coragem para lutar e esperança no futuro.

À minha esposa Marister e aos meus filhos Márnio e Mateus que, com a maior boa vontade e compreensão, me estimularam e colaboraram sacrificando nossos horários de laser.

À minha irmã Márcia, pela colaboração na formatação deste trabalho.

À Professora Eliana Moreira Siciliano pela confiança, orientação e colaboração prestadas ao longo deste trabalho.

A todos, o meu muito obrigado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Perito Criminal Martha de Souza Pereira, que enquanto exercia a Direção do Instituto de Criminalística Carlos Éboli, em agosto de 2007, muito se empenhou no sentido de colaborar e incentivar a minha participação no Mestrado em Defesa e Segurança Civil, que ora concludo.

Agradeço a Superintendência de Arquitetura Engenharia e Patrimônio da UFF, em proporcionar o meu relacionamento com Arquitetos, Engenheiros e Empresas responsáveis pela elaboração dos projetos básicos dos novos prédios de Salas de Aulas e Laboratórios da UFF (REUNI), que compreenderam a importância da pesquisa e a temporaneidade, sobretudo pela expansão do ensino público superior no Brasil, que além de atender a um legítimo desejo da sociedade, corresponde também ao imperativo desenvolvimento nacional.

Agradeço ao Magnífico Reitor da UFF - Prof. Dr. Roberto de Souza Salles, pela concessão da bolsa do curso, estando certo de que este trabalho será de grande importância a toda comunidade acadêmica relacionada com o objetivo deste trabalho.

Agradeço aos Professores das cadeiras do Mestrado, pelo empenho e dedicação dispensados durante a apresentação das aulas. Estejam certos que aprendi muito com seus ensinamentos, que pelo fato de ser também professor, transmito-os aos meus alunos sempre que os assuntos abordados em sala de aula permeiam pelos temas ministrados.

Aos meus colegas da primeira turma do Mestrado em Defesa e Segurança Civil “A TURMA”, caracterizada pela diversidade de formação profissional, pela convivência, troca de experiências e cordialidade. Sem dúvida vão deixar saudades.

Por fim, agradeço ao Prof. Dr. Airton Budstein de Barros, Coordenador do Curso, e meu Orientador, incansável pela dedicação e comprometido em ampliar a massa crítica de profissionais dedicados à defesa e segurança civil no Brasil, através do Mestrado.

A todos, também, o meu muito obrigado.

RESUMO

Nas últimas duas décadas operou-se uma evolução nos conceitos e na prática do aterramento, resultando em uma integração dos sistemas de ligação com a terra, de proteção contra choques e da proteção contra descargas atmosféricas entre si. O objetivo desta dissertação é incluir mais uma ferramenta para garantir a confiabilidade da proteção contra descargas atmosféricas, de uma forma econômica e tecnicamente viáveis, usando a própria estrutura de concreto armado dos novos prédios da Universidade Federal Fluminense como aterramento, já que estão consolidadas às próprias fundações dos edifícios. O Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas, proposto neste trabalho, substituiria o sistema convencional hoje normalmente utilizado, onde os condutores de descida (de cobre nu), parte integrante do aterramento, que por estarem expostos, estão sujeitos à ações mecânicas de diversas causas, inclusive a furtos, devido ao valor econômico agregado, prejudicando consideravelmente à proteção das edificações contra as descargas atmosféricas. Além disso, reduz-se a atuação da manutenção apenas à área de captação, facilitando as inspeções e/ou correção em conseqüências de descargas ou ação sobrepujante da força do vento. Desta forma, espera-se que esta contribuição seja de relevada importância a medida que os horizontes se mostram mais propensos ao aumento dos índices de descargas atmosféricas, acrescente-se o fato do Brasil ser o país com maior densidade de descargas atmosféricas no mundo. Inclui-se, também, no objetivo desta dissertação, suscitar a alteração da Norma NBR-6118/03-Projeto de Estruturas de Concreto Armado, visando adequar-se à Norma NBR 5419/05- Proteção de Estruturas contra Descargas Atmosféricas.

Palavras-chave: Descargas atmosféricas, aterramento, estruturas de concreto armado, desastre natural.

ABSTRACT

In last two decades an evolution in the concepts and the practical one of the grounding was operated, resulting in an integration of the earth-termination systems, of protection against shocks and of the protection against atmospheric discharges between itself. The objective of this work is to include plus a tool to guarantee the trustworthiness of the protection against atmospheric, a economic form and technical viable discharges, using the proper structure of armed concrete of the new building of the Fluminense Federal University as grounding, since they are consolidated to the proper foundations of the buildings. The System of Protection against Atmospheric Discharges, considered in this work, would substitute the conventional system today normally used, where the descending conductors (of naked copper), integrant part of the grounding, that for being displayed, they are citizens to the mechanical action of diverse causes, also robberies, had to the economic value aggregate, harming considerably to the protection of the constructions against the atmospheric discharges. Moreover, it is scrambled performance of the maintenance only to the captation area, facilitating the inspections and/or correction in consequences of discharges or strong action of the force of the wind. In such a way, one expects that this contribution of is raised importance the measure that horizontals if shows more inclined to the increase of the indices of atmospheric discharges, adds the fact of Brazil to be the parents with bigger density of atmospheric discharges in the world. It is included, also, in the objective of this work to excite the alteration of the Standard NBR-6118/03-Project de Structures de Armed Concrete, aiming at to adjust it Standard NBR 5419/05- Protection of Structures against Atmospheric Discharges.

Keywords: Atmospheric discharges, Grounding, Structures de armed concrete, Natural disaster.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de curvas isocerânicas do Brasil.

Figura 2 – Corpo energizado negativamente ligado à terra.

Figura 3 – Corpo energizado positivamente ligado à terra.

Figura 4 – Superfícies equipotenciais com campo elétrico de $E=100$ V/m,
orientado para baixo.

Figura 5 – Influência da altura da pessoa de 1,80 m.

Figura 6 – Cargas elétricas positivas na parte superior e negativas na inferior.

Figura 7 – Captor de aço galvanizado tipo Franklin.

Figura 8 – Captor radioativo.

Figura 9 – Mostra as presenças dos poros no concreto.

Figura 10 – Execução de fundação injetada.

Figura 11 – Detalhamento do esquema executivo.

Figura 12 – Esquema da corrosão de armadura no concreto.

Figura 13 – Processo de inibição na superfície anódica.

SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABRACO- Associação Brasileira de Corrosão.

BEP- Barramento de Equipotencialidade.

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear.

ELAT- Grupo de Eletricidade Atmosférica.

GEE- Gases de Efeito Estufa.

IEC- International Electrical Commission.

INPE- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change.

NASA – National Aeronautics and Space Administration.

PDI- Plano de Desenvolvimento Institucional.

PNDC- Política Nacional de Defesa Civil.

QDG- Quadro de Distribuição Geral.

REF - Referência.

REUNI- Reforma Universitária.

RMSP- Região Metropolitana de São Paulo.

SIMEPAR - Sistema Meteorológico do Estado do Paraná.

SPDA- Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas.

UFF- Universidade Federal Fluminense.

VDE- Verband der Elektrotechnik und Elektronik.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Eletrodos de Aterramento Convencionais.

Tabela 2 – Níveis de Proteção Segundo a Norma NBR-5419/05

ANEXOS

ANEXO 1 – Definições.

ANEXO 2 – Notas e detalhamentos do projeto de SPDA estrutural (descida natural).

ANEXO 3 – Fotografias de tipos de descargas atmosféricas.

ANEXO 4 – Fotografias referentes à obra de construção do Bloco A, Campus do Gragoatá, cujo SPDA está sendo desenvolvido pelo método da descida natural.

ANEXO 5 – Fotografias referente às condições atuais do SPDA instalados em alguns prédios existentes na UFF.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
Análise do tema no âmbito da Defesa Civil no Brasil	2
Brasil, primeiro do mundo no <i>ranking</i> de descargas	4
Medidas construtivas para elevar o nível de segurança em cenários de aumento de descargas.....	5
O conceito de risco associado às descargas atmosféricas em edificações	6
Objetivos	8
1.0 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
1.1 – As descargas atmosféricas (relâmpagos)	8
1.2 – O potencial elétrico da Terra	10
1.3 – A eletricidade na atmosfera	12
1.4 – A formação dos raios	14
1.5 – Os pararraios	15
1.5.1 – O sistema captor Franklin	15
1.5.2 – O sistema gaiola de Faraday	16
1.5.3 – Pararraios radioativos e a CNEN	17
2.0 – A NORMATIZAÇÃO E O SPDA NATURAL	18
2.1 – O aterramento e suas características	19
2.2 – Eletrodo de aterramento	21
2.2.1 – Eletrodo convencional	21
2.2.2 – Eletrodo natural	25
2.3 – Os Condutores de descida natural	26
2.4 – As Normas internacionais	28
3.0 – OS RAIOS E A AÇÃO ANTROPOGÊNICA	29
3.1 – A teoria do circuito elétrico atmosférico global	30
4.0 – AQUECIMENTO GLOBAL: FICÇÃO OU REALIDADE?	31
5.0 – MOTIVAÇÕES PARA UTILIZAÇÃO DO SPDA NATURAL NOS NOVOS PRÉDIOS DA UFF (REUNI- REFORMA UNIVERSITÁRIA)	32
5.1 – O risco de incidência de raios sobre as unidades da UFF, localizadas no Campus do Gragoatá	32

5.2 – Sistema de captação atual nos prédios do Campus do Gragoatá	33
5.3 – A inclusão da Universidade Federal Fluminense no REUNI	35
6.0 – ASPECTOS METODOLÓGICOS	37
6.1 – Características gerais	37
6.2 – O concreto armado	38
6.2.1 – Componentes do concreto armado	39
6.2.1.1 – O agregado	40
6.2.1.2 – O cimento	41
6.2.1.3 – A água	41
6.2.1.4 – Os aditivos	41
6.2.1.5 – O aço	42
6.2.1.6 – O cobrimento	43
6.2.1.7 – A permeabilidade	44
6.2.1.8 – A permeabilidade aos Gases	45
6.2.1.9 – A porosidade	45
6.3 – O processo executivo do uso de armadura como SPDA	46
6.3.1 – As infraestruturas de edificações (fundações)	47
6.3.1.1 As estacas injetadas	48
6.3.2 – As superestruturas de edificações convencionais (pilares, vigas e lajes)	53
6.4 – Captação	55
6.4.1 – Captação por cima	54
6.4.2 – Captação por fora	54
6.5 – Equalizações de potenciais	56
6.6 – Fundação em perfil metálico	57
6.7 – Fundação em estruturas pré-moldadas	58
7.0 – ESTUDO DA CORROSÃO DAS ARMADURAS	59
7.1 – Inibição do processo da corrosão	61
7.2 – Classificação de inibidores	62
7.2.1 – Inibidores seguros e perigosos	62
7.2.1.1 – Inibidores seguros	62
7.2.1.2 – Inibidores perigosos	62
7.2.1.3 – Inibidores anódicos e catódicos	62
7.2.2 – Inibidores de corrosão – vegetais tropicais	63

7.3 – Revestimentos protetores	64
7.3.1 – Revestimentos metálicos	64
7.3.2 – Revestimentos não metálicos	64
7.3.3 – Revestimentos orgânicos	65
7.3.4 – Concreto: o revestimento que reduz o valor da resistência elétrica	66
7.3.4.1 – Ensaios experimentais e seus resultados	66
7.3.4.2 – Análises dos resultados experimentais	67
8.0 – SPDA NATURAL – Prédio de salas de aula constituído de cinco pavimentos.....	68
8.1 – Considerações gerais.....	68
8.2– Métodos de execução dos serviços.....	68
9.0 – RESULTADOS ESPERADOS	71
10 – CONCLUSÃO	72
11 – RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	74
12 – BIBLIOGRAFIA	75
13 – ANEXOS	81
ANEXO 1 – Definições	81
ANEXO 2 – Notas e Detalhamentos do Projeto de SPDA estrutural (descida natural).....	88
ANEXO 3 – Fotografias de tipos de descargas atmosféricas.....	99
ANEXO 4 – Fotografias referentes à obra de construção do Bloco A, Campus do Gragoatá, cujo SPDA está sendo desenvolvido pelo método da descida natural.....	102
ANEXO 5 – Fotografias referentes às condições atuais do SPDA instalados em alguns prédios existentes na UFF.....	111

INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como proposta a utilização do Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) pelo método de descidas naturais¹, nos novos prédios da Universidade Federal Fluminense (UFF) que fazem parte do REUNI (Reforma Universitária), de uma forma econômica e tecnicamente viável, melhorando a sua eficácia,² pois estão consolidadas às próprias fundações das edificações, reduzindo a impedância³, visto que o eletrodo de aterramento⁴ tem maior área de contato com o solo.

Esta proposta substituiria a concepção do SPDA convencional. Nesse, os condutores de descida (de cobre nu), ficam expostos, sujeitos à ação mecânica de diversas causas, inclusive a furtos, devido ao valor econômico agregado, prejudicando consideravelmente a proteção das edificações contra as descargas atmosféricas.

As descargas atmosféricas são consideradas, por alguns observadores, belos fenômenos da natureza, mas que causam graves danos às pessoas e instalações. Para que possamos evitar estes danos, é necessário que se façam estudos aprofundados para conhecer estes fenômenos, que ocorrem devido ao acúmulo de cargas elétricas em regiões localizadas da atmosfera, como, por exemplo, em nuvens de tempestades (ou nuvens *Cumulonimbus*) que são as mais comuns geradoras dos relâmpagos.

¹ Descida natural é um método que utiliza como condutores de descida para fins de aterramento elétrico a própria estrutura de concreto armado das edificações.

² Eficácia é a capacidade de produzir o efeito desejado (FERREIRA, A.B.H. Minidicionário da língua portuguesa. Rio de Janeiro. Livraria Nova Fronteira, 2000).

³ Impedância é a oposição total que a corrente sofre ao circular num circuito, sendo medida em Ohm, que no solo diminui com o aumento da profundidade.

⁴ Eletrodo de aterramento: Elemento ou conjunto de elementos do subsistema de aterramento que assegura o contato elétrico como solo e dispersa a corrente de descarga atmosférica na terra.

Análise do tema no âmbito da defesa civil no Brasil

O tema do trabalho escolhido encontra sustentação na atividade de planejamento da defesa civil, com objetivos direcionados para as causas de incêndios e garantia da integridade das edificações através da redução da vulnerabilidade⁵, às quais estão expostas as instalações, pessoas que moram, estudam e trabalham nestes locais, diante das ameaças⁶, de acordo com levantamento feito pelo Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE-2008):

“Embora não seja um evento comum, o número de mortes por raios no Brasil em 2008 foi o maior desta década. Ao todo foram 75 mortes, contra 47 em 2007. O recorde anterior era de 73 mortes em 2001. Em 2008, 61% dos casos ocorreram no verão e 23% na primavera, sendo que 76% das vítimas eram do sexo masculino. Em 2009, o número de raios incidentes no país também foi maior do que em 2007, principalmente nas regiões Norte e Nordeste, superando a marca de 60 milhões. Em 2008, a chance de ser atingido por um raio no país foi de um em 2,5 milhões. Por regiões, o Sudeste teve a maior porcentagem de mortes (39%), seguido pelo Nordeste (32%), Sul (15%), Centro-Oeste (9%) e Norte (5%). Do total de casos, 63% aconteceram na zona rural, 22% na zona urbana, 10% em rodovias e 5% no litoral. No cálculo por estados, São Paulo aparece em primeiro lugar com 20 vítimas, seguido pelo Ceará (7), Minas Gerais, Alagoas (6) e Rio Grande do Sul (5). Quanto às circunstâncias mais comuns, venceu “trabalho agropecuário no campo” (19%), seguido por “na proximidade de meios de transporte” (17%), “dentro de casa” (17%) e “perto mas não no interior de residências” (12%). Ainda em 2008, os valores máximos da probabilidade de ser atingido por um raio no Brasil foram registrados em Alagoas e Tocantins (1 em 500 mil), enquanto que no Rio de Janeiro, Bahia e Pará a chance foi (1 em 7,5 milhões). Em São Paulo, a chance foi de 1 em 2 milhões.

Segundo os Manuais de Defesa Civil⁷, o planejamento da redução da vulnerabilidade está relacionado à análise das ameaças de eventos adversos, que ocorrem em três etapas:

a) Identificação e caracterização das ameaças: Compreende o estudo dos fenômenos e eventos adversos, naturais ou antropogênicos, causadores de desastre⁸ e também de suas

⁵ Vulnerabilidade é definida como condição intrínseca ao corpo ou sistema receptor que, em interação com a magnitude do evento ou acidente, caracteriza os efeitos adversos, medidos em termos de intensidade dos danos prováveis (PNDC,2007).

⁶ Vulnerabilidade é definida como condição intrínseca ao corpo ou sistema receptor que, em interação com a magnitude do evento ou acidente, caracteriza os efeitos adversos, medidos em termos de intensidade dos danos prováveis (PNDC,2007).

⁷ Publicações abordando os principais aspectos do planejamento das ações de defesa civil: prevenção, preparação, respostas aos desastres e reconstrução, além de tratar das especificidades dos desastres tecnológicos.

⁸ Desastre é o resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema vulnerável, causando danos humanos, materiais e ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais (PNDC,2007).

características intrínsecas e da probabilidade de ocorrência dos mesmos, de seus prováveis epicentros, assim como magnitude dos mesmos.

Permite, também, a identificação dos cenários que podem ser afetados por seus efeitos desfavoráveis.

b) Caracterização dos efeitos desfavoráveis: Compreende o estudo dos diferentes efeitos desfavoráveis, físicos, químicos, biológicos e psicológicos destes eventos ou fenômenos adversos sobre os grupos populacionais vulneráveis e os corpos receptores existentes nos cenários dos desastres e a repercussão destes efeitos sobre a saúde e a incolumidade das populações em risco, também sobre o patrimônio e as instituições, serviços essenciais e meio ambiente.

c) Avaliação da magnitude dos eventos adversos e dos níveis de exposição: Refere-se ao estudo dos ciclos evolutivos dos eventos adversos, considerando as variáveis: tempo, magnitude e nível de exposição e, ainda, a definição de parâmetros que permitam a monitorização e o acompanhamento dos eventos ou destes parâmetros.

Em muitos casos, torna-se necessário monitorizar o nível diário de exposição dos grupos populacionais em risco, dos corpos receptores e do meio ambiente.

Definidas as ameaças ou eventos adversos potenciais, as principais categorias de consequência dos desastres tecnológicos (incêndios, explosões e emissão de produtos perigosos) e os efeitos físicos, químicos e biológicos dos mesmos sobre os corpos receptivos existentes no cenário dos desastres, compete estudar a vulnerabilidade dos mesmos a cada um desses efeitos.

Diferente do estudo das ameaças que se centraliza na análise do(s) evento(s), acontecimento(s) ou fenômeno(s) causador(es) ou indutor(es) de desastres, os estudos de vulnerabilidade centralizam-se nos cenários dos desastres e nos sistemas.

Quando se estuda o grau de vulnerabilidade, está se estudando o nível de insegurança intrínseca dos sistemas e dos cenários dos desastres. Como insegurança é o inverso da segurança, os estudos de vulnerabilidade têm por finalidade e objetivo aumentar o nível de segurança intrínseca dos cenários dos desastres e dos sistemas.

Independentemente dos estudos que estão sendo desenvolvidos para melhor conhecer o comportamento do fenômeno a fim de que essas vulnerabilidades sejam reduzidas, é necessário que sejam difundidas tecnologias adequadas de SPDA, levando-se em consideração, na concepção do projeto, as influências ambientais, a resistividade do solo, a zona de captação, a redução da abrangência da manutenção, bem como impor dificuldade aos atos de vandalismo e furtos de cabos de cobre, presentes nos atuais sistemas convencionais de proteção contra descargas atmosféricas.

Portanto, com a redução da vulnerabilidade objetiva-se o mesmo em relação à letalidade e aos prejuízos materiais no que diz respeito aos gastos destinados à recuperação ou recomposição de áreas afetadas, bem como equipamentos, além de favorecer a manutenção do próprio SPDA.

Brasil, primeiro do mundo no ranking de descargas

O Brasil, por ser um país de dimensões continentais, e em função da sua localização geográfica, sofre com a incidência de tempestades seguidas de descargas atmosféricas, fenômenos estes que causam prejuízos irreparáveis à sociedade, tais como: avarias em equipamentos elétricos, incêndios, explosões, óbito de seres humanos e animais. Segundo Naccarato (2005):

“O Brasil é o país onde ocorre a maior incidência de raios no mundo, seriam nada menos do que 70 milhões por ano. As descargas atmosféricas, além de causar extensos danos materiais, podem provocar a morte de pessoas; no Brasil, são 100 pessoas mortas por ano.”

Segundo reportagem do jornal O Globo⁹:

“Descargas atmosféricas no país aumentam 44% em um ano-Levantamento do Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), divulgado nesta terça-feira, revela um aumento significativo na incidência de raios nos últimos dois anos. Segundo o novo levantamento, em 2008 o número total de descargas atmosféricas em nove estados brasileiros que foram pesquisados chegou a 7,5 milhões. Em 2007, foram 5,2 milhões de raios. Já o levantamento do biênio anterior tem registros de 3,7 milhões de descargas em 2005 e 5,8 milhões, em 2006.

O novo ranking de descargas atmosféricas por município para o biênio 2007-2008 abrange nove estados: São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Espírito Santo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Goiás e Mato Grosso do Sul. O Brasil, por sua extensão territorial e proximidade ao equador geográfico, é o país com maior incidência de raios do mundo.”

Medidas construtivas para elevar o nível de segurança em cenários de aumento de descargas

Embora a previsão de tempestades seja atividade corriqueira nos serviços de meteorologia, o efeito dos raios sobre pessoas e edificações impõe desafio permanente aos organismos de defesa civil. O Subsecretário de Defesa Civil da Prefeitura do Rio de Janeiro, o Coronel Bombeiro e assessor especial Gilberto Mendes afirmou:

"O que podemos fazer é alertar a população. O raio é um elemento da natureza. Não temos como prever seu local de queda, embora possamos ter indicadores, como as formações de nuvens".

Os riscos¹⁰ à vida e danos a instalações vêm redobrando a preocupação das grandes empresas com os raios, que causam prejuízos de milhões de reais a cada ano. Seguindo o exemplo de concessionárias de energia elétrica, que intensificaram nos anos 1990 o monitoramento meteorológico em áreas de cobertura, a Petrobras faz o mesmo em suas refinarias desde 2003. Elas estão entre os mais de 50 clientes empresariais do Instituto Tecnológico designado como Sistema Meteorológico do Estado do Paraná (SIMEPAR), vinculado à Secretaria de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior do Paraná. A iniciativa da

⁹ Informação publicada no Jornal O Globo em 10 de março de 2009. Disponível em <http://oglobo.globo.com/pais/cidades/mat/2009/03/10/descargas-atmosfericas-no-pais-aumentam-44-em-um-ano-754769099.asp>. Acesso em 20 de junho de 2009.

¹⁰ Risco é a relação existente entre a probabilidade de que uma ameaça de evento adverso ou acidente determinados se concretize (PNDC,2007).

companhia foi pioneira fora do setor elétrico e estimulou a adesão de empresas de vários ramos, como o de siderurgia e o de mineração.

O planejamento da redução das causas de ignição de incêndios nas refinarias inicia-se pelo sistema de proteção contra descargas atmosféricas por intermédio de tipos de captação adequados e, sobretudo, bem aterrados.

De acordo com PINTO Jr. & PINTO (2000) e BALLAROTTI (2005), algumas regras de segurança devem ser observadas durante as tempestades com raios (descargas elétricas):

- Permanecer dentro de casa, só saindo se for absolutamente necessário;
- Manter-se afastado de portas e janelas abertas, de fogões, aquecedores centrais,
- Ferramentas, canos, pias e objetos metálicos de grande massa;
- Não usar telefone, pois um raio pode atingir as linhas e chegar até quem o estiver utilizando;
- Não recolher roupas estendidas no varal;
- Não trabalhar em cercas, telefone ou linhas de força, encanamentos metálicos ou em estruturas de aço durante a tempestade;
- Não lidar com material inflamável contido em recipiente aberto;
- Não manusear varas de pesca com carretilhas ou outros objetos metálicos;
- Interromper imediatamente o trabalho com tratores, especialmente quando estiver puxando equipamentos metálicos;
- Não permanecer na água ou em barcos pequenos.

O conceito de risco associado às descargas atmosféricas em edificações

Segundo (VEYRET, 2007) na sua obra “Os Riscos”, o risco pode ser definido como percepção do perigo, da catástrofe possível.

O conceito de risco associado às descargas atmosféricas está relacionado à expectativa de danos anuais médios (de pessoas e bens), resultantes de descargas atmosféricas sobre as estruturas.

Segundo a Norma Brasileira da Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR 5419-2005):

“A probabilidade de uma estrutura ser atingida por um raio em um ano é o produto da densidade de descargas atmosféricas para a terra pela área de exposição equivalente da estrutura.

A densidade de descargas atmosféricas para a terra (N_g) é o número de raios para a terra por quilômetros quadrados por ano. O valor de (N_g) para uma dada região pode ser estimado pela equação:

$N_g = 0,04 \cdot Td^{1,25}$ [por km²/ano] onde Td é o número de dias de trovoadas por ano, obtido de mapas isoceraúnicos¹¹ (FIGURA 1).”

Figura 1 – Mapa de Curvas Isoceraúnicas do Brasil



FONTE: ANEXO B DA NORMA ABNT NBR-5419/05.

¹¹ O mapa isoceraúnico do Brasil, mostra as isolinhas do índice ceraúnic. Esse índice é o número de dias por ano com trovoadas observadas em um local de 20km de raio.

Objetivos

São objetivos intrínsecos, desta proposta de utilização da estrutura de concreto armado dos novos prédios da UFF (REUNI) para fins de aterramento elétrico, as comprovações que:

- O SPDA natural proporciona melhor aterramento que o SPDA convencional, facilitando a neutralização de cargas no topo das edificações, diminuindo a possibilidade de ocorrência de descargas;
- Em caso de ocorrência de descarga atmosférica, o possível aquecimento das barras de aço da estrutura não interfere na aderência entre o aço e o concreto que o envolve;
- Em caso de ocorrência de descarga atmosférica, o processo de corrosão das barras de aço da superestrutura pode ser contido pelo cobrimento do concreto;
- Ao passar da ferragem para o solo, as corrente de descargas não produzem perfurações do concreto da infraestrutura e, em consequência, sua deterioração;
- Ao interligar um aterramento feito em cobre, anel ou hastes com a ferragem da fundação para equalização dos potenciais, não há corrosão eletrolítica do aço.

1.0 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 – As descargas atmosféricas (relâmpagos)

As descargas atmosféricas, freqüentemente denominadas de relâmpagos, são descargas elétricas que apresentam alta luminosidade e alta intensidade de corrente.

Os relâmpagos ocorrem predominantemente em nuvens de tempestade do tipo Cumulonimbus¹² (PINTO Jr. e PINTO, 1996). Com todas essas descargas, a duração total do relâmpago é geralmente de alguns décimos de segundo (IRIBANE e CHO, 1980), com uma temperatura em torno de 30.000 °C, ou seja, cinco vezes a temperatura na superfície do Sol (GIN 1997) e a de dez vezes a pressão atmosférica ao nível do mar (ASSIS et al, 1997). Este aquecimento súbito faz com que ocorra uma expansão do ar ao redor do canal ionizado produzindo o trovão. Os efeitos dos relâmpagos sobre os seres humanos, podem ser destrutivos e muitas vezes fatais. Cerca de 100 relâmpagos para o solo ocorrem a cada segundo no mundo (UMAN, 1987; GIN, 1997), sendo que apenas 5 % destes sobre os oceanos (VOLLAND, 1982; GIN, 1997).

A descarga inicia quando o campo elétrico produzido por cargas elétricas presentes nas nuvens excede a capacidade isolante do ar em um dado local da atmosfera. Os primeiros trabalhos relacionando tais nuvens de tempestade e descargas elétricas foram publicadas já na primeira metade do século XIX. Dentre todos os tipos de relâmpagos, chamaremos de raio os que envolvem o solo.

Devido à complexidade da estrutura elétrica das nuvens, o processo de eletrização das mesmas não é bem conhecido. Acredita-se que a geração e a separação de cargas dentro da nuvem de tempestade tenham origem em processos microfísicos e macrofísicos que ocorrem simultaneamente dentro da nuvem (PINTO Jr. e PINTO, 2000).

Os raios nuvem-solo negativos (NS-) são aqueles que trazem para o solo cargas negativas. Têm sua origem na parte inferior da nuvem, onde os centros negativos de cargas se formam e são normalmente compostos de várias descargas cujo pico de corrente é da ordem de dezenas de quiloampères.

¹² Cumulonimbus é uma nuvem de tempestade que possui uma grande extensão vertical, e sua largura pode atingir algumas dezenas de quilômetros.

Essas descargas são denominadas descargas de retorno (DR). Os raios negativos possuem em média 3 a 4 DRs e em poucos casos passa de 15 DR. Já os raios nuvem-solo positivos (NS+), provenientes de centros de carga positivos situados na parte superior da nuvem, possuem normalmente apenas 1 DR. Tanto as DRs dos raios NS- quanto as dos NS+ podem ser discretas (com duração de até 70 μ s) ou seguidas de uma corrente elétrica que apesar de pouca intensidade (centenas de ampères), pode ter duração de até algumas centenas de milissegundos. Esta corrente que persiste após a ocorrência da DR é chamada de corrente contínua (I_{cc}). A I_{cc} pode ser visualizada como um arco quase-estacionário entre a nuvem e o solo (FERRAZ, 2009).

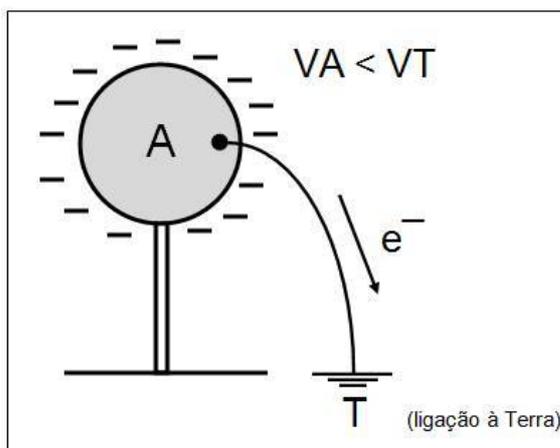
1.2 – O potencial elétrico da Terra

A Terra é um grande condutor esférico eletrizado negativamente com carga avaliada em 580kC (-580 quilocoulomb = -580.000 C). Seu raio é de aproximadamente 6.400 km. Se a considerarmos isolada no universo e calcularmos o seu potencial próprio V , obteremos: $V_t = -800$ MV (em relação a um referencial no infinito). No entanto, o potencial resultante na Terra sofre influência das cargas elétricas dos corpos celestes vizinhos. As cargas elétricas separadas por fatores humanos praticamente não produzem efeitos sensíveis sobre o potencial da Terra.

Para o homem, a Terra se comporta como um padrão invariável de potencial elétrico e, por isso, pode ser adotada como referencial de potencial. Comumente, costuma se adotar o potencial da Terra igual a zero.

No interior de um Laboratório, quando um corpo possui potencial de +2kV em relação à Terra, equivale a dizer que ele tem 2kV acima do potencial da Terra. Se ligarmos um corpo condutor eletrizado negativamente à Terra (FIGURA 2), haverá escoamento de elétrons deste para ela, até que a sua carga elétrica se anule.

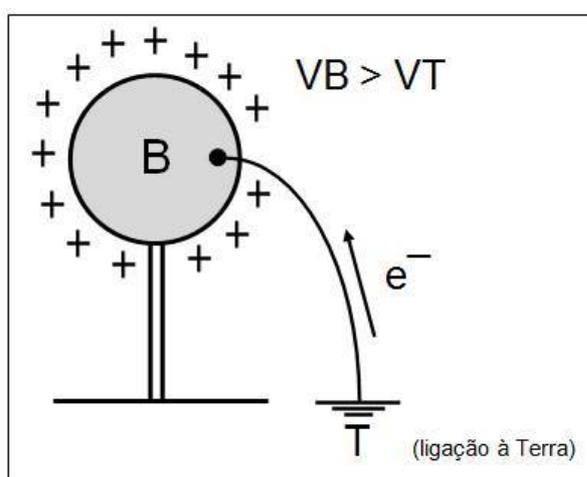
Figura 2 – Corpo energizado negativamente ligado à Terra.



A explicação é simples: o corpo eletrizado negativamente tem potencial negativo em relação à Terra. Devido à ddp, elétrons fluirão pelo fio terra, no sentido do menor para o maior potencial. Quando o condutor se neutralizar, o seu potencial se igualará ao da Terra.

Por outro lado, se ligarmos à Terra um corpo eletrizado positivamente (FIGURA 3), haverá subida de elétrons desta para ele, até que se neutralize o corpo.

Figura 3 – Corpo energizado positivamente ligado à Terra.



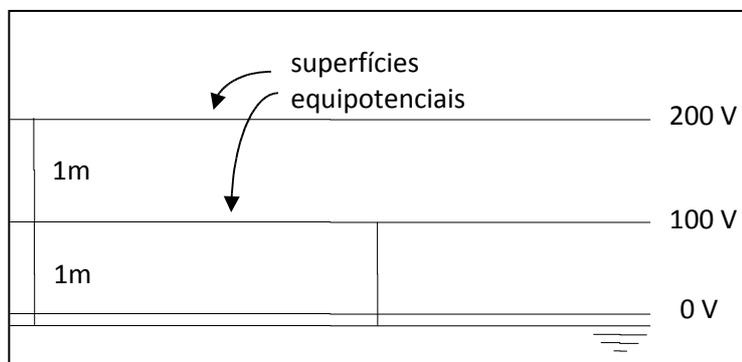
As ligações à Terra são muito usadas para proteger o homem contra o perigo de um choque elétrico, ou mesmo uma descarga elétrica, por exemplo: um pararraios é sempre aterrado, assim como um chuveiro elétrico, uma torneira elétrica e uma máquina de lavar

roupas. Toda vez que ligamos à Terra uma armadura metálica, garantimos que o seu potencial elétrico se anula.

1.3 – A eletricidade na atmosfera

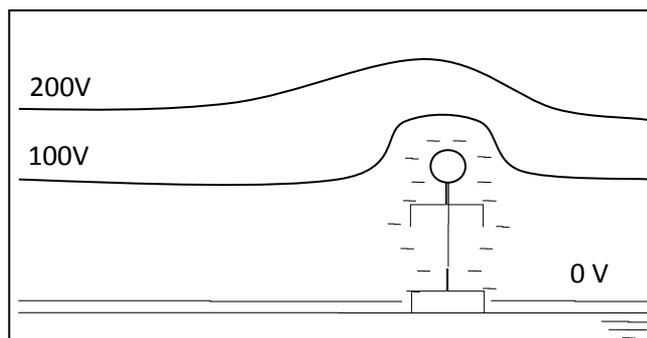
Num dia comum, de atmosfera calma, a partir da superfície terrestre, nas proximidades desta e no sentido ascendente, o potencial elétrico aumenta na razão de aproximadamente 100 V/m. Este fato nos permite concluir que existe um campo elétrico produzido pela Terra de intensidade $E=100$ V/m, orientado para baixo (FIGURA 4). O vetor campo elétrico voltado para a superfície terrestre significa que nesta se distribuem cargas elétricas negativas.

Figura 4 – Superfícies equipotenciais com campo elétrico $E=100$ V/m, orientado para baixo.



A presença de uma pessoa (FIGURA 5) modifica a distribuição das superfícies equipotenciais conforme mostra a figura. O corpo humano é um condutor relativamente bom, de tal modo que ele e a superfície terrestre formam uma superfície equipotencial. Assim, se a altura da pessoa for 1,80 m entre seus cabelos e seus pés, não existirá uma ddp de 180 V como se poderia imaginar.

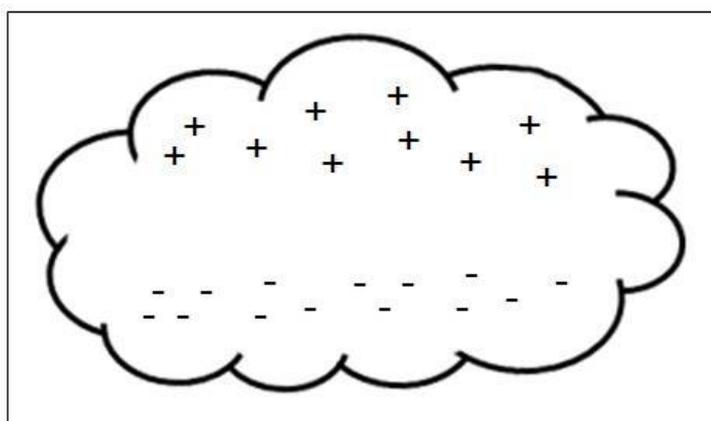
Figura 5 – Influência da altura de um ser humano de 1,80 m.



Devido à existência de radiações de materiais radioativos e radiação ultravioleta e raios cósmicos, a atmosfera apresenta íons positivos e negativos. O campo elétrico terrestre movimenta estes íons. Os positivos deslocam-se no sentido do campo e atingem a superfície terrestre na razão aproximadamente de 1.800 C por segundo. A carga da Terra, sendo negativa e avaliada em 580 000 C, com a chegada de 1.800 C/s (1800 A), se neutralizaria em poucos minutos. Mas existe outra fonte de cargas negativas que atingem a Terra, mantendo sua carga negativa: são os temporais violentos com seus raios. Estimativas mostram que caem cerca de 100 raios por segundo no planeta, transportando aproximadamente 1.800 C/s.

Experiências realizadas com naves e balões mostram que as nuvens de tempestades (responsáveis pelos raios) apresentam, geralmente, cargas elétricas positivas na parte superior e negativas na inferior (FIGURA 6).

Figura 6 – Cargas elétricas positivas na parte superior das nuvens e negativas na inferior



1.4 – Formação dos raios

As cargas positivas estão entre 6 e 7 km de altura, enquanto que as negativas, entre 3 e 4 km. A diferença de potencial entre a parte negativa da nuvem e a Terra varia entre 10 MV e 1 GV.

Para que uma descarga elétrica (raio) tenha início, não há necessidade que o campo elétrico atinja a rigidez dielétrica do ar (3 MV/m), mas se aproxime dela (10 kV/m é suficiente).

O fenômeno inicia-se com uma primeira etapa: uma descarga piloto, de pouca luminosidade, na forma de árvore invertida, da nuvem para a Terra, ionizando-o.

Uma vez que a descarga piloto atinja o solo, tem início uma segunda etapa: a descarga principal. Ela é de grande luminosidade, dirigida da Terra para a nuvem, tem velocidade da ordem de 30 000 km/s e a ela está associada uma corrente elétrica de intensidade variando entre 10 kA e 200kA. A descarga principal segue, aproximadamente, o caminho da descarga piloto que ionizou o ar. Normalmente, quando se menciona um raio, referimo-nos à descarga principal. A ação destruidora dos raios deve-se à elevada corrente da descarga principal. Ela provoca aquecimento (chegando às vezes ter consequência explosiva ou incendiária) e efeitos dinâmicos devido à rápida expansão da massa de ar.

O efeito luminoso do raio é denominado relâmpago e o efeito sonoro, que resulta do forte aquecimento do ar originando sua rápida expansão, é denominado trovão. Há raios não só entre uma nuvem e a Terra, mas entre nuvens e entre as partes de uma mesma nuvem, normalmente liberando bastante energia. Segundo EARLE WILLIAMS (2004):

“Basicamente esta energia é proveniente do calor liberado pela expansão do vapor d’água (crescimento da nuvem), que se torna menos denso que o ar ambiente que o cerca e conseqüentemente sobe. Uma vez que esta parcela de vapor d’água ascende, uma parte condensa ou se congela, conseqüentemente existe uma liberação de calor latente (mudança de fase), logo a água líquida e o gelo começam a precipitar. Por outro lado, a energia potencial gravitacional liberada pelos hidrometeoros que estão precipitando (caindo) é, de acordo com os modelos de precipitação, a energia disponível para eletrificação das nuvens. Dessa

maneira, assume-se que esta energia é o produto da força gravitacional agindo sobre a precipitação pela distância percorrida pela precipitação.”

1.5 – OS PARARRAIOS¹³

O objetivo principal de um pararraios é proteger uma edificação ou instalações industriais, da ação danosa de um raio, tendo como função principal neutralizar as cargas existentes na parte inferior das nuvens e como função secundária, caso não seja possível a neutralização, estabelecer um percurso seguro das descargas entre as nuvens e a Terra.

Um pararraios consta, essencialmente, de um mastro metálico disposto verticalmente sobre base isolante na parte mais alta da edificação a proteger. A extremidade superior do mastro termina em um captor (mínimo de três pontas metálicas defasadas de 120 graus) e a inferior é ligada à terra - através de um cabo de cobre conectado à hastes metálicas e estas introduzidas no solo.

Quando uma nuvem eletrizada passa nas proximidades do pararraios, ela induz neste cargas de sinal contrário. O campo elétrico nas vizinhanças das pontas torna-se tão intenso que ioniza o ar e força a descarga elétrica através do pararraios, que proporciona ao raio um caminho seguro até a Terra. É importante ressaltar que o pararraios não atrai o raio e, sim, proporciona caminho pelo qual as correntes de neutralização possam circular entre a terra e as nuvens carregadas. No caso da impossibilidade desta neutralização, ele deverá conduzir a corrente de descarga para a terra, protegendo a edificação.

1.5.1 – Sistema captor Franklin

O sistema Franklin é composto por um captor de aço galvanizado, com quatro pontas (FIGURA 7), montado sobre um mastro cuja altura deve ser calculada conforme as dimensões

¹³ Grafia de acordo com a reforma ortográfica, constante no Minidicionário Aurélio Buarque de Holanda.

da edificação, podendo ser colocado um ou mais captos para uma proteção mais abrangente. A malha de descida do captor deve ser em cabo de cobre nu, seção circular mínima de 35 mm², e sem emendas no seu condutor de descida até a malha de aterramento.

Figura 7 – Captor de aço galvanizado tipo Franklin



FONTE: KINDERMAN, 1995.

1.5.2 – O sistema gaiola de Faraday

O sistema gaiola de Faraday consiste em uma malha de captação, formando módulos retangulares, sempre utilizando cabos de cobre nu de seção circular mínima de 35 mm² passando por suportes isoladores. Suas emendas e conexões deverão ser executadas através de soldas exotérmicas.

Todas as antenas e escadas de ferro deverão ser interligadas com a gaiola de Faraday através de cabo nu de seção circular mínima de 35 mm², através de solda exotérmica ou conector devidamente fixados sem folga.

As Gaiolas de Faraday devem constituir isoladores simples, isoladores de reforço, isoladores de quina, prensa-cabos e, principalmente, os isoladores tipo captor aéreo, para que possam receber e dissipar as ondas de uma descarga atmosférica.

1.5.3 – Pararraios radioativos e a CNEN

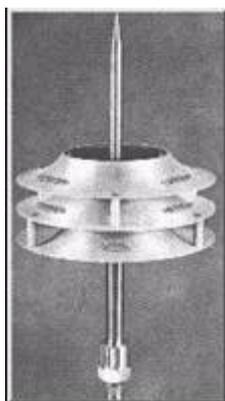
A CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear, órgão do Governo Federal que regulamenta, fiscaliza e normaliza qualquer atividade que envolva produção ou utilização de energia nuclear, bem como qualquer atividade que utilize materiais radioativos, resolveu suspender, a partir da vigência da Resolução nº 04, de 19 de abril de 1989 (publicado no Diário Oficial da União de 09/05/1989), a concessão de autorização para utilização de materiais radioativos em pararraios.

O material radioativo remanescente dos pararraios desativados deve ser imediatamente recolhido à CNEN.

A razão exposta pela CNEN para proibir o captor radioativo (FIGURA 8) é que não ficou tecnicamente comprovada a maior eficácia dos párraios radioativos em relação aos convencionais e que, portanto, o princípio da justificativa previsto na norma CNEN-NE-3.01: Diretrizes Básicas da Radio proteção não está demonstrado. Essas diretrizes estipulam que o emprego de qualquer material radioativo em equipamentos ou dispositivos de uso público está sujeito a três premissas básicas: justificativa, otimização e limitação da dose. A primeira, e talvez a mais importante está ligada ao ganho que a sociedade terá com a aplicação, com seus benefícios econômicos e sociais. Um exemplo disso são as câmaras de cobalto, usadas na oncologia. No caso dos captores radioativos não foi ultrapassada a fase da justificativa. Não foi provado que esses captores são tecnicamente melhores que os convencionais (Franklin, por exemplo), que não usam esse tipo de material. Em todo o mundo os fabricantes de pararraios radioativos tiveram tempo bastante para confirmar tecnicamente as vantagens que sempre propalaram a respeito de seus produtos - basicamente, uma distância de atração e, por conseguinte, uma zona de proteção bem maiores que as do captor Franklin. E, ao provar de forma cabal suposta superioridade, eles deixaram de atender à premissa da justificativa: se o

material radioativo não contribui tecnicamente para tornar mais eficiente a proteção contra descargas atmosféricas, ele não é absolutamente indispensável e, portanto, não deve ser usado.

Figura 8 – Captor Radioativo



FONTE: KINDERMAN,1995.

2.0 – A NORMATIZAÇÃO E O SPDA NATURAL

As normas que regulamentam a instalação de SPDA no Brasil ficaram adormecidas por aproximadamente 20 anos, quando, em 1993 a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), iniciou estudos para atualização de antigas normas que ficaram defasadas com o avanço das pesquisas tecnológicas, as quais passaram a compor a NBR 5419-01, que já foi revisada em 2005, passando à NBR 5419-05, que teve como referência as normas da IEC (International Electrical Commission) nº 61024. Com a edição dessa norma, muitos conceitos foram atualizados e novas técnicas passaram a compor os sistemas de proteção, fazendo com que atingissem eficiências satisfatórias.

Das novidades, podemos destacar as principais:

- Os condutores de descida não precisam mais ficar afastados 20 cm da fachada;
- O condutor de descida tem que obedecer a um distanciamento entre condutores, o qual depende do nível de proteção;

- O nível de proteção deve ser classificado de acordo com o risco;
- A instalação de anéis de cintamento deve ser a cada 20 m de altura para prevenção contra descargas laterais;
- A equalização de potenciais entre todas as malhas de aterramento e todas as massas metálicas;
- A possibilidade de usar a estrutura de concreto armado das estruturas.

É sobre este último item que direciono este trabalho.

As instalações elétricas de média tensão devem possuir um sistema de aterramento para garantir a segurança das pessoas e o funcionamento correto. A NBR 14039/03, Norma Técnica Brasileira de MT, e a NR-10, Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego, exigem que todas as instalações elétricas tenham um aterramento. Essa exigência tem como finalidade principal a segurança das pessoas, tanto dos profissionais encarregados da operação e manutenção quanto das que utilizam a instalação e estão na sua proximidade. Além da finalidade de segurança pessoal, pode-se citar ainda como finalidades do aterramento: a proteção das instalações, a melhoria da qualidade dos serviços, principalmente da proteção, e o estabelecimento de um referencial de tensão para a instalação.

2.1 – O aterramento e suas características

O aterramento, segundo sua função, pode ser classificado como: funcional, proteção e trabalho.

- Aterramento funcional é o aterramento de um condutor vivo, normalmente o neutro, objetivando o correto funcionamento da instalação;
- Aterramento de proteção é o aterramento das massas e dos elementos condutores estranhos à instalação, objetivando a proteção contra choques por contatos indiretos.

- Aterramento para trabalho é o aterramento de uma parte de um circuito de uma instalação elétrica, que está normalmente sob tensão, mas é posta temporariamente sem tensão para que possam ser executados trabalhos com segurança. Dependendo do esquema de aterramento adotado, os aterramentos funcional e de proteção podem ser implementados no mesmo eletrodo de aterramento ou em eletrodos distintos. Mas, tanto o aterramento funcional quanto o de proteção são permanentes. O aterramento de trabalho é temporário, só sendo feito durante a realização do mesmo na instalação, sendo retirado em seguida para a reenergização.

O aterramento consiste, fundamentalmente, de uma estrutura condutora, que é enterrada propositadamente, ou que já se encontra enterrada, e que garante um bom contato elétrico com a terra, chamada eletrodo de aterramento, e a ligação desta estrutura condutora aos elementos condutores da instalação elétrica que não são destinados à condução da corrente. O eletrodo de aterramento – termo normalizado na terminologia oficial brasileira – também é conhecido como malha de terra.

As características e o desempenho do eletrodo de aterramento devem satisfazer as prescrições de segurança das pessoas e funcionais da instalação. Esta ligação elétrica intencional com a terra, em caráter permanente ou temporário, é feita para prover a instalação de um potencial de referência e/ou de um caminho de impedância adequada à corrente de curto-circuito. Neste último aspecto, a terra deve ser considerada como um elemento do circuito por onde pode circular uma corrente, seja ela proveniente de uma corrente de curto-circuito ou descarga atmosférica. No caso da corrente de curto-circuito, o fenômeno é eletrodinâmico e a corrente percorre sempre um caminho fechado, incluindo a fonte e a carga. No caso da descarga atmosférica, o fenômeno é eletrostático e a corrente do raio circula pela terra para neutralizar as cargas induzidas no solo.

2.2 – Eletrodo de aterramento

O eletrodo de aterramento é um condutor ou conjunto de condutores enterrados no solo e eletricamente ligados à terra. Os eletrodos de aterramento podem ser:

2.2.1 – Eletrodo convencional

Trata-se da instalação de condutores verticais que podem ser através de barra lisa embutida nos pilares com finalidade não estrutural, ou cabos de cobre nas fachadas da edificação. As descidas em cabos de cobre devem ser instaladas, preferencialmente, nas quinas principais da edificação e obedecerem a medidas de espaçamentos de acordo com o nível de proteção exigido para determinado uso e tipo do edifício.

Outro fator a ser levado em consideração é o impacto estético que essa instalação acarreta para a edificação.

Instalados especificamente para fins de aterramento, as hastes verticais que recebem os condutores convencionais de cobre podem ser interligadas, ou não, por condutores horizontais, sendo normalmente constituídas de aço, podendo, também, serem recobertas por uma camada de cobre.

As Normas Brasileiras estabelecem que quando o aterramento for utilizado, os eletrodos de aterramento convencionais, a seleção e instalação dos componentes dos aterramentos devem ser tais que:

- O tipo e a profundidade de instalação dos eletrodos de aterramento devem atender as mudanças nas condições do solo (por exemplo, secagem) para não aumentar a resistência do aterramento dos eletrodos acima do valor exigido;
- O projeto do aterramento deve considerar o possível aumento da resistência de aterramento dos eletrodos devido à corrosão;

- Resistam às solicitações térmicas, termomecânicas e eletromecânicas;
- Sejam adequadamente robustos ou possuam proteção mecânica apropriada para fazer face às condições de influências externas;
- Apresentem baixo valor de resistência e impedância de aterramento;
- Tenham distribuição espacial conveniente.

Preferencialmente, o eletrodo de aterramento convencional deve constituir de um anel circundando o perímetro da edificação, sendo sua eficiência dependente das condições locais do solo. Para isso, devem ser instalados um ou mais eletrodos para garantir que o valor da resistência de aterramento está inferior ao máximo exigido por Norma.

Os eletrodos convencionais são materiais especialmente fabricados para fins de aterramento e seguem as orientações das Normas Brasileiras, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Eletrodos de aterramento convencionais

Tipo de eletrodo	Dimensões mínimas	Observações
Tubo de aço zincado	2,40 m de comprimento e diâmetro nominal de 25 mm	Enterramento totalmente vertical
Perfil de aço zincado	Cantoneira de (20mmx20mmx3mm) com 2,40 m de comprimento	Enterramento totalmente vertical
Haste de aço zincado	Diâmetro de 15 mm com 2,00 ou 2,40 m de comprimento	Enterramento totalmente vertical
Haste de aço revestida de cobre	Diâmetro de 15 mm com 2,00 ou 2,40 m de comprimento	Enterramento totalmente vertical

Haste de cobre	Diâmetro de 15 mm com 2,00 ou 2,40 m de comprimento	Enterramento totalmente vertical
Fita de cobre	25 mm ² de seção reta, 2 mm de espessura e 10 m de comprimento	Enterramento totalmente horizontal à profundidade mínima de 0,60 m.
Fita de aço galvanizado	100 mm ² de seção reta, 3 mm de espessura e 10 m de comprimento	Enterramento totalmente horizontal à profundidade mínima de 0,60 m
Cabo de cobre	25 mm ² de seção reta e 10 m de comprimento	Enterramento totalmente horizontal à profundidade mínima de 0,60 m
Cabo de aço zincado	95 mm ² de seção reta e 10 m de comprimento	Profundidade mínima de 0,60 m.
Cabo de aço cobreado	50 mm ² de seção reta e 10 m de comprimento	Enterramento totalmente horizontal à profundidade mínima de 0,60 m
Tubo de aço zincado	2,40 m de comprimento e diâmetro nominal de 25mm	Enterramento totalmente na vertical.
Perfil de aço zincado	Cantoneira de (20mmx20mmx3mm) com 2,40 m de comprimento	Enterramento totalmente na vertical
Haste de aço zincado	Diâmetro de 15 mm com 2,00 ou 2,40 m de comprimento	Enterramento totalmente na vertical

Haste de aço revestida de cobre	Diâmetro de 15 mm com 2,00 ou 2,40 m de comprimento	Enterramento totalmente na vertical
Haste de cobre	Diâmetro de 15 mm com 2,00 ou 2,40 m de comprimento	Enterramento totalmente na vertical
Fita de cobre	25 mm ² de seção reta, 2 mm de espessura e 10 m de comprimento	Enterramento totalmente horizontal à profundidade mínima de 0,60 m
Fita de aço galvanizado.	100 mm ² de seção reta, 3 mm de espessura e 10 m de comprimento	Enterramento totalmente horizontal à profundidade mínima de 0,60 m
Cabo de cobre	25 mm ² de seção reta e 10 m de comprimento	Enterramento totalmente horizontal à profundidade mínima de 0,60 m
Cabo de aço zincado	95 mm ² de seção reta e 10 m de comprimento	Enterramento totalmente horizontal à profundidade mínima de 0,60 m
Cabo de aço cobreado	50 mm ² de seção reta e 10 m de comprimento	Enterramento totalmente horizontal à profundidade mínima de 0,60 m

FONTE: NORMA ABNT NBR 5419/05

Para definir as características mais importantes do eletrodo de aterramento, vamos analisar o que ocorre quando uma corrente elétrica é injetada no mesmo. A terra, por ser um material condutor, apresenta propriedades físicas, como por exemplo, a resistividade. Um

eletrodo de aterramento cravado no solo passa a ser um componente da instalação elétrica por onde circula corrente e, portanto, apresenta uma resistência elétrica. O valor dessa resistência depende da resistividade do material e da geometria do componente. Quando uma corrente é injetada no eletrodo de aterramento, aparecem ao longo do solo e em torno dele gradientes de potencial. Os gradientes têm o seu valor máximo nas proximidades do eletrodo e os valores diminuem à medida que se afastam dele. Considera-se como zona de influência do eletrodo de aterramento a região no solo onde o potencial varia com a injeção da corrente. Um ponto importante que define os limites da zona de influência de um eletrodo é o terra de referência.

Pode-se definir o terra de referência como ponto em que o potencial não varia, quando uma dada corrente circula pelo eletrodo. Do ponto de vista estritamente teórico, este ponto está no infinito, para qualquer eletrodo e qualquer corrente, o que indica que do ponto de vista da aplicação esta teoria não se aplica (a não ser para alimentar calorosas discussões técnicas).

2.2.2 – Eletrodo natural

É dito como sendo o eletrodo que não é instalado exclusivamente com a finalidade de aterramento, em geral as armaduras de aço das fundações.

Os eletrodos naturais são elementos metálicos, normalmente da estrutura da edificação, que pelas suas características têm uma topologia e contato com o solo melhor que os eletrodos convencionais e, ainda, apresentam uma resistência de aterramento também inferior.

O eletrodo de aterramento natural é constituído pelas armaduras de aço embutidas no concreto das fundações das edificações. A experiência tem demonstrado que as armaduras de aço das estacas, dos blocos de fundação e das vigas baldrame, interligadas nas condições correntes de execução, constituem um eletrodo de aterramento de excelentes características elétricas. As armaduras de aço das fundações podem, ainda, juntamente com as demais armaduras do concreto da edificação, constituir, nas condições prescritas pela NBR 5419/05, o

sistema de proteção contra descargas atmosféricas (aterramento e gaiola de Faraday, complementado por um sistema captor).

O aterramento pelas fundações, já consagrado em diversos países e já previsto nas edições das NBR 5410/05, tem como características básicas o fato do concreto, em contato com o solo, apresentar resistividade típica de terreno argiloso (cerca de $30 \Omega \cdot m$, a $20^\circ C$) e a existência de grande quantidade de condutores (de aço) nas fundações, bastante superior à quantidade de condutores de cobre, que seriam utilizados para o mesmo fim.

As Normas Brasileiras proíbem a utilização das canalizações metálicas de fornecimento de água e outros serviços como eletrodo de aterramento. Isto se deve, principalmente, pela possibilidade de interrupção da continuidade pela colocação de luvas e outros acessórios isolantes, por parte da empresa responsável por estes serviços, uma vez que a preocupação básica não é o aterramento e, sim, os serviços prestados.

2.3 – Os condutores de descida natural

A Norma NBR 5419/05 dá duas opções para esse sistema. A primeira consiste simplesmente em usar as ferragens do concreto armado como descidas naturais, garantindo a continuidade dos pilares verticalmente e a segunda seria o uso de uma barra de aço, galvanizada a fogo, adicional às ferragens existentes ou cabo de cobre, com a função específica de garantir a continuidade desde o solo até o topo do prédio.

O sistema de aterramento natural, por fazer parte da própria estrutura do prédio, não está sujeito a ser interrompido ou seccionado; portanto, não há risco de perda de eficiência. Sendo constituído de aço embutido em concreto, o sistema está praticamente protegido contra os efeitos de corrosão, pelo que se pode considerá-lo utilizável sem reservas ao longo de toda a vida do edifício. Como o material utilizado é o aço, a solução é mais econômica, uma vez que as fundações constituem o eletrodo de aterramento.

Desta forma, os pilares do edifício também passam a ser elementos condutores destinados a transferir para a cobertura o potencial da terra. Constituir-se, assim, uma gaiola de Faraday, desde que a cobertura assegure a interligação elétrica dos diversos pilares. Naturalmente, a cobertura ou inclui uma laje de concreto armado ou, por vezes, em edifícios industriais, uma estrutura metálica com terças metálicas que formam uma malha bastante fechada.

A gaiola de Faraday assim constituída assegura uma total proteção contra descargas atmosféricas, praticamente sem mais preocupações.

A proteção contra as descargas atmosféricas, segundo este procedimento, é especialmente eficiente e segura porque garante a multiplicidade de caminhos alternativos para o escoamento da corrente de descarga, diminuindo drasticamente os gradientes de tensão. Essa mesma multiplicidade de correntes em paralelo uniformiza, ao longo do edifício, as flutuações de tensão devidas à descarga atmosférica, eliminando a possibilidade de descargas laterais (devido ao fato de parcelas da edificação permanecerem ao potencial do solo quando ocorre uma descarga concentrada através de um ou mais condutores de descidas).

Enfim, o eletrodo de aterramento assim constituído envolve toda a superfície do edifício, enquanto que os eletrodos convencionais limitam-se a condutores externos de cobre conectados às hastes cravadas no solo, conforme visto anteriormente.

Fazendo parte do próprio edifício, o sistema de aterramento natural não está sujeito a ser interrompido ou seccionado; portanto, não há risco do mesmo perder sua eficiência.

Do mesmo modo, sendo constituído usualmente por aço embutido em concreto, o sistema está praticamente protegido contra os efeitos de corrosão, pelo que se pode considerá-lo utilizável sem reservas ao longo de toda a vida do edifício. Como o material utilizado é o aço, a solução resulta em mais econômica que o cobre, que agrega valor comercial, tornando-se objeto de interesse de furtos, vulnerabilizando o sistema de proteção contra descargas atmosféricas.

O SPDA natural é especialmente eficiente e seguro porque a multiplicidade de caminhos alternativos para o escoamento da corrente de descarga diminui drasticamente os gradientes de tensão. Essa mesma multiplicidade de correntes em paralelo uniformiza, ao longo do edifício, as flutuações de tensão devidas à descarga atmosférica, eliminando a possibilidade de descargas laterais, pois todas as laterais da edificação, por conterem armaduras nos pilares, vias e lajes, permanecem no mesmo potencial do solo, já que estão interligadas firmemente.

2.4 – As Normas internacionais

Desde 1965, a União Alemã das Centrais Elétricas tem instruções para a utilização das fundações como sistema de aterramento. Essas instruções tornaram-se Norma em 1975. Em 1979 foi emitida uma Norma Alemã sobre a inclusão do sistema de aterramento nas fundações dos edifícios para moradia. Essa norma está contida no caderno 35/1979 da VDE(Verband der Elektrotechnik und Elektronik), contendo instruções para a sua instalação.

Por outro lado, as Normas Americanas passaram a incluir sistema de aterramento com condutores embutidos em concreto nos fins da década de 70. Assim, o NEC (National Electrical Code) de 1978 incluiu pela primeira vez as especificações a que devem obedecer aos eletrodos de aterramento embutidos nas fundações e o NESC (National Safety Code) (ANSI-C2) de 1984 considera as ligações com arames torcidos, usados na fixação das armaduras do concreto armado, suficientes para assegurar a continuidade elétrica das armaduras. Também o Green Book (ANSI/IEEE Standard 142 - 1982), que trata especificamente de aterramento, salienta em diversos trechos as vantagens de se utilizar as armaduras do concreto nas fundações como eletrodo de aterramento. Concomitantemente, entre 10 e 20 anos atrás, a interligação dos diferentes sistemas de aterramento, isto é, dos aterramentos para diferentes finalidades, tornou - se uma prática cada vez mais comum e reconhecida, como se pode verificar no ANSI/NFPA

Lightning Protection Code de 1983 e no NEC (NFPA - 70) de 1984. Assim, nas últimas duas décadas operou-se uma evolução nos conceitos e na prática do aterramento, resultando em uma integração dos sistemas de aterramento de proteção contra choques e o da proteção contra descargas atmosféricas entre si e com a própria estrutura dos edifícios, tornando o eletrodo de aterramento parte integrante de suas próprias fundações.

3.0 – OS RAIOS E A AÇÃO ANTROPOGÊNICA

O processo de crescimento desordenado das áreas urbanas, que tem provocado um fenômeno peculiar: as ilhas de calor. Este processo caracteriza-se pelo incremento da temperatura nos centros urbanos em relação às áreas de entorno. Isso pode ser explicado pelo fato de os materiais empregados na construção civil armazenarem calor e das áreas mais adensadas e menos arborizadas tenderem a apresentar temperaturas mais elevadas, mesmo durante a noite.

Os primeiros resultados conclusivos no Brasil foram publicados em 2003 na revista *Geophysical Research Letters* (Tese de Doutorado em Geofísica Espacial: Análise das Características dos relâmpagos na região Sudeste do Brasil, Naccarato 2005). Além do aumento no número de raios e da redução do percentual de positivos sobre os centros urbanos analisados, esse estudo mostrou uma correlação direta entre as concentrações de material particulado (MP10) e o número de raios, bem como uma anticorrelação entre o mesmo MP10 e o percentual de positivos. Foi observado também que a distribuição espacial dos raios na região metropolitana de São Paulo seguia fielmente o formato da ilha de calor urbana.

Além da importância local, as tempestades no Brasil têm se destacado no âmbito global. Devido ao seu alto índice de atividade elétrica, o Brasil tem sido considerado um dos principais responsáveis por manter o circuito elétrico global.

3.1 – A Teoria do circuito elétrico atmosférico global

É o modelo utilizado para representar a estrutura elétrica da atmosfera como um todo, na tentativa de melhor explicar a diferença de potencial (variando de 100 a 300kV) entre a superfície da Terra e a Ionosfera existente na região de céu claro.

Este modelo considera a superfície da Terra e a Ionosfera como superfícies quase equipotenciais, separadas pela atmosfera, que é um meio levemente condutor, existindo um equilíbrio elétrico entre a região de geração de cargas e a região de céu claro. As cargas são geradas por nuvens eletrificadas, que compensam a corrente vertical de condução nas regiões de céu claro, mantendo a diferença de potencial. Se não houvessem nuvens eletrificadas para manter o capacitor Terra-Ionosfera carregado, a diferença de potencial desapareceria em aproximadamente 7 minutos (IRIBARNE e CHO, 1986).

Segundo a Teoria do circuito elétrico global, os efeitos orográficos, em razão de suas variações locais, modificam a carga superficial perturbando a estrutura elétrica da atmosfera nas proximidades do solo, interferindo assim no equilíbrio elétrico do circuito.

Molion (2005) acrescenta que, como as cidades tiveram crescimento bastante significativo nas últimas décadas, principalmente após a de 50, acabaram englobando as estações meteorológicas, que antes se encontravam em áreas isoladas e hoje estão dentro das cidades, dificultando a coleta de dados.

A teoria da existência de um circuito elétrico global, embora amplamente aceita, ainda não está comprovada completamente.

4.0 – AQUECIMENTO GLOBAL: FICÇÃO OU REALIDADE?

Três conceitos diferentes entre si se referem ao clima terrestre: efeito estufa, aquecimento global e mudança climática. Efeito estufa refere-se ao fenômeno natural que acontece devido a um aumento nas concentrações dos chamados gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera. Aquecimento global é a elevação da temperatura média da Terra, causada possivelmente pelo efeito estufa ou pela atividade solar. Já a mudança do clima é definida de acordo com os relatórios publicados pelo IPCC-Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas:

“Mudança no estado do clima que pode ser identificado (estatisticamente) por mudanças na variabilidade de suas propriedades, e que persistem por um período extenso, de décadas ou mais. Essa mudança se refere a qualquer uma que aconteça ao longo dos tempos, devido à variabilidade natural ou ao resultado das atividades humanas (IPCC, 2007, artigo eletrônico).”

Segundo o climatologista Carlos Nobre, do CPTEC/INPE e um dos autores do Relatório Dois do IPCC , relativo ao impacto das mudanças climáticas:

“A tendência é de tropicalização e diminuição da já tênue separação entre as estações do ano. As chuvas do verão e as secas do inverno poderão se estender por todo o ano. O verão de 2007 no Rio de Janeiro, foi um exemplo do padrão do aquecimento global. O janeiro chuvoso foi seguido por um fevereiro seco. Março ficou sem suas águas”.

Para o meteorologista Gilvan Sampaio, também do CPTEC/INPE:

“O volume de chuvas não deverá sofrer grande alteração. O que muda é a distribuição. Há ainda uma tendência ao aumento da frequência do El Niño. A elevação da temperatura do Pacífico tropical causa, na região sudeste, tempestades com formação de nuvens que tendem a se descarregar através de edificações, causando danos materiais ao meio ambiente e à vida humana”.

Embora majoritários, os estudos que mostram alterações importantes no clima mundial por conta da atividade humana não são unânimes. Há um grupo de cientistas que defende exatamente o contrário: o clima mundial é muito complexo para que qualquer atividade humana possa influenciá-lo e é provável que o planeta entre em uma fase de esfriamento.

Luiz Carlos Baldicero Molion, físico formado pela Universidade de São Paulo (USP), doutorado em meteorologia pela Universidade de Wisconsin (EUA) e pós-doutorado em Hidrologia de Florestas pelo Instituto de Hidrologia (Inglaterra), além de uma passagem de 25 anos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), onde foi diretor e ainda professor da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) põe em dúvida a hipótese de aquecimento global provocado por atividades humanas e defende ainda que a quantidade de gás carbônico emitida pelo homem é três vezes menor que a de fluxos naturais da fotossíntese em florestas, oceanos e solos. E no entanto a emissão destes sistemas naturais são absorvidos pelos próprios sistemas:

“houve quatro períodos anteriores como esse e as temperaturas eram mais elevadas, com níveis de gás carbônico menores. “Isso é sinal de que o gás carbônico não é responsável pelo aumento de temperatura. Muito pelo contrário: o que se percebe é que há um aumento da temperatura primeiro e, depois, a concentração de gás carbônico vai atrás”.

O mesmo professor Molion (2008) adverte:

“Reflexões sobre o propagado aquecimento global deixam evidente que o clima do Planeta, sem exagero, é resultante de tudo o que ocorre no Universo. Exemplificando, se a poeira densa de uma estrela que explodiu há 15 milhões de anos adentrasse o Sistema Solar, diminuiria a radiação solar incidente e resfriaria o Planeta! O fato de o aquecimento, observado entre 1977 e 1998, muito provavelmente ter sido causado pela variabilidade natural do clima, não é um aval para o Homem continuar a degradar o meio-ambiente. Ao contrário, considerando que o aumento populacional é inevitável num futuro próximo, o bom senso sugere a adoção de políticas de conservação ambiental bem elaboradas e mudanças nos hábitos de consumo para que a Humanidade possa sobreviver, ou seja, para que as gerações futuras possam dispor dos recursos naturais que se dispõem atualmente”.

5.0 – MOTIVAÇÕES PARA UTILIZAÇÃO DO SPDA NATURAL NOS NOVOS PRÉDIOS DA UFF (REUNI- REFORMA UNIVERSITÁRIA)

5.1 – O risco de incidência de raios sobre as unidades da UFF, localizadas no Campus do Gragoatá

De acordo com a equação $N_g = 0,04 * T_d^{1,25}$, estando a cidade de Niterói localizada na curva isoceráunica 30 (Figura 1), temos: $N_g \approx 3,0$, ou seja, estima-se que em 1km^2 caiam

aproximadamente 3 raios por ano. Esta estimativa é preocupante em virtude de que a maioria das unidades se encontra próximas à Baía da Guanabara, em campo aberto, sendo o ponto mais alto dos arredores. Além disso, o solo sobre o qual são erguidas as construções é composto de aterro e blocos de rochas soltas(matacões), que não possuem características próprias para permitirem a passagem das correntes de descarga para a terra.

5.2 – Sistema de captação atual nos prédios do Campus do Gragoatá

Nos prédios da UFF pertencentes ao Campus do Gragoatá, que se enquadram no nível de proteção II, conforme Tabela 2, construídos antes de 1990, foi utilizado no cálculo do sistema de proteção contra descargas atmosféricas: captação radioativa, pois segundo os fabricantes, na época, bastava apenas uma unidade de captação radioativa por prédio, associada a um condutor de descida de cabo de cobre de 35 mm² de seção circular, aterrado por meio de hastes metálicas, para que fosse garantida a proteção contra descargas atmosféricas.

Tabela 2- Níveis de Proteção Segundo a Norma NBR-5419/05

TIPO DE EDIFICAÇÃO	NÍVEL DE PROTEÇÃO
Edificações de explosivos , Inflamáveis, Indústrias Químicas , Nucleares , Laboratórios bioquímicos , Fábricas de munição e fogos de artifício , Estações de telecomunicações usinas Elétricas , Indústrias com risco de incêndio,Refinarias, etc.	Nível I
Edifícios Comerciais, Bancos , Teatros , Museus , Locais arqueológicos , Hospitais , Prisões , Casas de repouso , Escolas , Igrejas , Áreas esportivas	Nível II
Edifícios Residenciais, Indústrias,Casas residenciais , Estabelecimentos agropecuários e Fazendas com estrutura em madeira.	Nível III
Galpões com sucata ou de conteúdo desprezível, Fazendas e Estabelecimentos Agropecuários com estruturas em madeira	Nível IV
OBS: No caso de edificações muito perigosas (inflamáveis , produtos tóxicos , explosivos, etc.) deverá ser consultado um especialista para análise do grau de periculosidade, perigo para a vizinhança , determinar a área de inalação de gases e até onde a ignição poderá ser iniciada.	

Hoje, devido ao processo de corrosão, estes captadores radioativos não existem mais e a única captação é feita pelo próprio mastro metálico associado ao cabo de aterramento que, na maioria dos prédios, desce por uma fachada lateral, fixado por isoladores, cuja maioria está em mau estado de conservação. Estes cabos normalmente são introduzidos em um eletroduto de pvc aparente de aproximadamente 3,0 m(proteção mecânica), e penetram no solo pavimentado, impossibilitando a inspeção das conexões dos cabos com as hastes de cobre, que deveriam estar protegidas por caixas de aterramento com tampa , a fim de facilitar a inspeção e manutenção.

O mesmo ocorreu com o cabo de descida do Instituto de Física no Campus da Praia Vermelha.

Quanto à captação do Instituto de Física, observa-se uma composição mista entre captadores Franklin e Gaiola de Faraday, acrescentando que vários captadores encontram-se danificados.

5.3 – A Inclusão da Universidade Federal Fluminense no REUNI

A proposta do REUNI que tem como referência a previsão de 185 milhões de reais para a UFF. Estes recursos que serão aplicados de acordo com os objetivos manifestados pela comunidade universitária desde a gestão do Plano de Desenvolvimento Institucional – PDI – cujo eixo central foi expresso no lema Expansão de Vagas e a Melhoria Qualitativa dos Cursos.

Os objetivos podem assim serem listados:

1º) Construção dos prédios das Unidades atualmente sem sede própria ou cujas condições físicas são notoriamente precárias;

2º) Reforma, adequação ou ampliação dos prédios atuais para seu bom aproveitamento ou instalação de novas unidades ou outras atividades da UFF;

3º) Construção de prédios de salas de aula, laboratórios de informática e auditórios para uso compartilhado nos diversos *campi* da UFF;

4º) Instalação e melhoria de laboratórios de informática e laboratórios didáticos para todas as áreas, bem como salas adequadas às atividades de estudo individual ou em grupo de alunos;

5º) Salto de qualidade na infraestrutura, nos serviços e nos acervos das bibliotecas em geral e das bibliotecas centrais de cada campus;

6º) Garantia de pleno acesso de portadores de necessidades especiais a todas as dependências da UFF;

7º) Garantia de continuidade e expansão dos projetos dos Pólos Universitários e das Unidades do interior do Estado do Rio de Janeiro;

8º) Desenvolvimento de um amplo e diversificado plano de assistência aos estudantes como meio de fortalecer sua permanência, dotá-los de melhores condições de formação e dar atendimento às demandas de alimentação, moradia, transporte e saúde, para tanto consolidando

os recursos do REUNI com os previstos pelo programa de assistência estudantil anunciado pelo MEC, no valor de 4 milhões de reais para a UFF;

9º) Incorporação de 692 novos professores (216 na expansão já programada e 476 pelo REUNI) através de Concursos Públicos para todas as áreas de conhecimento, no regime de 40 horas - Dedicção Exclusiva e, preferencialmente, para doutores, de acordo com critérios que contemplem tanto a criação de cursos ou expansão de vagas na graduação e na pós-graduação, quanto a sustentação de áreas relevantes cujo ensino imponha turmas reduzidas;

10º) Incorporação através de Concursos Públicos de servidores técnico administrativos, sobretudo para suporte das coordenações de cursos, departamentos, unidades, projetos e manutenção predial, sistema de informação acadêmica e administrativa, bibliotecas e laboratórios de ensino;

11º) Implementação ou reforço de programas de incentivo em graduação ou pós-graduação para incentivar projetos de ensino com alto efeito multiplicador na melhoria da qualidade do curso, na redução da taxa de evasão e da taxa de retenção e na inserção profissional, a integração da graduação e da pós-graduação, o acompanhamento e apoio às atividades de estágio dos alunos, a edição de periódicos, a criação de novos e a publicação de livros;

12º) Dedicção da devida atenção à pós-graduação, provendo recursos materiais e humanos para os cursos, incentivando a criação de cursos novos, melhorando as condições para a permanência diária do aluno de PG na instituição, incentivando a interação entre alunos da graduação e da pós-graduação, assim como a pesquisa de forma geral, implementando as ações através de editais abertos e universais, como tem sido a prática da UFF;

13º) Garantia da solidez e amplitude aos programas de extensão, consagrando-os como dimensão substantiva da formação dos alunos e das relações entre a UFF e a sociedade;

14º) Ampliação e diversificação dos benefícios do programa PRÓ-ALUNO, visando propiciar a graduandos e pós-graduandos o intercâmbio e a participação em eventos acadêmicos e profissionais.

6.0 – ASPECTOS METODOLÓGICOS

6.1 – Características gerais

Deve ser lembrado que um SPDA não impede a ocorrência das descargas atmosféricas.

Um SPDA projetado e instalado conforme a Norma 5419/05 não pode assegurar a proteção absoluta de uma estrutura, de pessoas e bens. Entretanto, a aplicação desta Norma reduz de forma significativa os riscos de danos devidos às descargas atmosféricas.

O nível de proteção do SPDA deve ser determinado conforme a Tabela 2 da Norma 5419/05. O tipo e o posicionamento do SPDA devem ser estudados cuidadosamente no estágio de projeto da edificação, para se tirar o máximo proveito dos elementos condutores da própria estrutura. Isto facilita o projeto e a construção de uma instalação integrada, permite melhorar o aspecto estético, aumentar a eficiência do SPDA e minimizar custos.

O acesso à terra e a utilização adequada das armaduras metálicas das fundações como eletrodo de aterramento podem não ser possíveis após o início dos trabalhos de construção. A natureza e a resistividade do solo devem ser consideradas no estágio inicial do projeto. Este parâmetro pode ser útil para dimensionar o subsistema de aterramento, que pode influenciar certos detalhes do projeto civil das fundações.

Para evitar trabalhos desnecessários, é primordial que haja entendimentos regulares entre os projetistas do SPDA, os arquitetos e os construtores da estrutura.

O projeto, a instalação e os materiais utilizados em um SPDA devem atender plenamente à Norma 5419/05. Não são admitidos quaisquer recursos artificiais destinados a

aumentar o raio de proteção dos captadores, tais como captadores com formatos especiais, ou de metais de alta condutividade, ou ainda ionizantes, radioativos ou não. Os SPDA que tenham sido instalados com tais captadores devem ser redimensionados e substituídos de modo a atender a esta Norma.

6.2 – O concreto armado

O concreto armado é um material composto, constituído por concreto simples e barras de aço. Os dois materiais constituintes (concreto e aço) devem agir solidariamente para resistir aos esforços a que forem submetidos (METHA, 1994) e devem ser dispostos de maneira a utilizar econômica e racionalmente as resistências próprias de cada um deles.

O material concreto armado apresenta as seguintes propriedades:

- elevada resistência à compressão do concreto e à tração do aço;
- trabalho conjunto do concreto e do aço, assegurado pela aderência entre os dois materiais;
- coeficiente de dilatação térmica quase iguais - $\alpha_c = (0,9 \text{ a } 1,4) \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ e $\alpha_a = 1,2 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$, o que favorece a aderência entre os dois na dilatação ou contração, quando submetidos à mesma temperatura (praticamente não existem tensões internas entre o aço e o concreto).
- o concreto protege a armadura de oxidação, garantindo a durabilidade da estrutura.
- proteção física (cobrimento) e química (ambiente alcalino).

O princípio básico das peças de concreto armado é combinar o concreto e o aço de maneira tal que, em uma mesma peça, os esforços de tração sejam absorvidos pelo aço e os esforços de compressão pelo concreto. As barras da armadura devem absorver os esforços de tração que surgem nas peças submetidas à flexão ou à tração, já que o concreto possui alta

resistência à compressão, porém pequena resistência à tração. Devido à aderência, as deformações das barras de aço e a do concreto que as envolve devem ser iguais. Tendo em vista que o concreto tracionado não pode acompanhar as grandes deformações do aço, este fissa-se na zona de tração. Os esforços de tração são, então, absorvidos apenas pelo aço. A armadura deve, portanto, ser colocada na zona de tração das peças estruturais.

6.2.1 – Componentes do concreto armado

Tanto o concreto convencional como o armado se constituem dos mesmos componentes: agregados, cimento, água, aditivos e aço, com a única diferença que no armado é necessário a adição de armadura metálica.

6.2.1.1 – O agregado

O agregado é um material granular constituído por areia, pedra britada, pedregulho ou escória de alto forno. Esses componentes representam cerca de 80% do peso do concreto e, além de sua influência benéfica quanto à retração e à resistência, o tamanho, a densidade e a forma dos seus grãos definem diversas características almejadas no concreto. Quando o material ocupa uma porcentagem elevada de massa de concreto, este deve contribuir nas propriedades do concreto fresco e endurecido. O agregado é mais barato que o cimento e por isso torna-se necessário o aumento da quantidade de massa de concreto. O uso do agregado tem suas vantagens: o baixo custo em relação ao cimento e propiciar grandes benefícios técnicos ao concreto.

Relativo ao tamanho dos grãos, os agregados podem ser divididos em graúdos e miúdos. Todo o agregado que fica retido na peneira de número 4 é considerado graúdo, e o miúdo é o que consegue passar por essa peneira.

Além do tamanho, eles podem ser classificados como artificiais ou naturais. Os artificiais são produzidos com areias e pedras beneficiadas através do britamento de rochas, pois necessitam da atuação do homem para modificar o seu tamanho, e as naturais são representadas pelas areias e pedras extraídas do leito de rios. Não possuem formato geométrico definido e podem ser cúbico, alongado ou lamelar. Sua textura superficial pode ser áspera ou lisa, sendo que quanto mais áspera for, maior será a aderência à pasta, pois, além do efeito físico-químico, há o do intertravamento mecânico entre os agregados e a pasta de cimento.

6.2.1.2 – O cimento

O cimento seria um material com capacidade de fragmentação, formando-se uma massa compacta. Este conceito engloba um universo de materiais aglutinantes, tais como pedras, areia e blocos entre outros. Os cimentos que permitem que o concreto tenha propriedade de pega e endurecimento sob a água são classificados como cimentos hidráulicos, os quais são constituídos por silicatos e aluminatos de cálcio, considerados como cimentos naturais, *Portland* ou aluminosos. O cimento *Portland* se constitui por diversos componentes, dos quais quatro são os que mais se destacam, possuindo grande influência em suas propriedades.

Além dos compostos principais do cimento, podem estar presentes compostos menores, tais como óxido de cálcio livre, óxido de sódio e potássio (denominados de álcalis do cimento), de magnésio, manganês, fosfatos, fluoretos e sulfatos. Esses componentes estão presentes no clínquer e suas proporções no mesmo dependem das composições da rocha calcária e argila, além das proporções da mistura desses materiais.

Existem cinco tipos de cimento normalizados no Brasil: o cimento *portland* comum, composto, alto-forno, pozolânico e de alto resistência inicial. Além desses também pode ser utilizado o cimento branco.

6.2.1.3 – A água

Para se obter um concreto de boa qualidade, a água deve estar isenta de impurezas, tais como óleos, ácidos, sais, matérias orgânicas e outras que possam interferir nas reações de hidratação do cimento, pois as mesmas em excesso na água de amassamento podem afetar o tempo de pega, resistência e defeitos arquitetônicos nas superfícies, provocando a ocorrência de eflorescência e corrosão da armadura.

6.2.1.4 – Os aditivos

Os aditivos são materiais que, adicionados ao concreto ou argamassa durante a sua mistura, podem melhorar suas propriedades no estado fresco ou endurecido, assim como aumentar a resistência, retardar ou acelerar a pega e a evolução da resistência, incorporar o ar, entre outras melhorias. O aditivo depende de seu tipo e objetivo para se avaliar seu custo. Esse não tem a finalidade de corrigir defeitos no concreto, causados pela dosagem incorreta ou colocação mal feita.

Tipos de aditivos:

- plastificantes;
- superplastificantes;
- retardadores;
- aceleradores;
- incorporadores de ar;
- impermeabilizantes;
- pigmentados.

Os aditivos segundo sua ação podem ser diferenciados por serem químicos, físicos ou físico-químicos. Quando com ação química são chamados de aceleradores ou retardadores, mudando o pH e a solubilidade da fase líquida, pois se muda a hidrólise da água. Com a ação física são os plastificantes, superplastificantes ou incorporadores de ar. Os de ação físico-química são os plastificantes retardadores, impermeabilizantes e os expansores.

6.2.1.5 – O aço

O aço geralmente utilizado para o concreto pode ser fornecido por diversas formas, tipos e dimensões, podendo ser barras laminadas, lisas ou com rugosidades, fios, cordoalhas, malhas soldadas. Conforme a NBR 6118/03, nos projetos de estrutura de concreto devem ser utilizados aços doces de acordo com a NBR 7480/86, com característica de resistência de escoamento conforme as categorias: CA-25, CA-50 e CA-60.

A característica de tração do aço pode ser considerada como tensão de escoamento, tensão de ruptura, alongamento à ruptura e módulo de elasticidade.

O concreto é durável quando o mesmo desempenha todas as suas funções almeçadas durante um determinado intervalo de tempo. Avaliar a durabilidade do concreto consiste em conhecer, analisar e classificar o grau de agressão do meio ambiente, e assim como a estrutura do mesmo (durabilidade), para assim conhecer a ligação entre esses elementos. Sua durabilidade depende da resistência do concreto e da armadura, e se houver a deterioração de um deles, ambos ficarão comprometidos.

A durabilidade está na capacidade de o concreto resistir a intempéries, ataques químicos, ou seja, a qualquer tipo de processo que cause deterioração, sendo o resultado da dupla natureza que o concreto exerce sobre o aço, por um lado o papel do cobrimento como uma barreira física, e por outro a elevada alcalinidade que o concreto desenvolve sobre o aço, criando uma camada passiva que o mantém inalterado por um determinado tempo. Com a

mistura do cimento com a água, os componentes hidratam-se formando conglomerados sólidos, constituídos pela hidratação do cimento e pela fase aquosa, no qual o excesso de água é necessário para mistura de todos os seus componentes. O resultado disso é um concreto sólido, compacto e denso, porém poroso, e é nesses poros que se apresenta uma certa permeabilidade aos líquidos e aos gases.

Frequentemente, os problemas com a durabilidade são causados pelo conhecimento escasso em relação ao meio ambiente, ou pelo desacordo das normas técnicas, assim como especificações de forma equivocada, entre outros.

6.2.1.6 – O cobrimento

O cobrimento tem por finalidade proporcionar uma proteção física para a armadura e um meio alcalino elevado para que seja evitada a corrosão por passivação do aço, também podendo assegurar uma ação estrutural entre este e o concreto. A proteção depende das características do próprio concreto e de sua propriedade, sendo que diferentes concretos necessitam de diferentes cobrimentos, para assim manter o mesmo nível de proteção.

O concreto armado pode, por natureza, proteger a armadura contra corrosão, impedindo a formação de células eletroquímicas, das seguintes formas:

- proteção física: um concreto de alta capacidade, bom cobrimento, argamassa adequada e sem ninhos, pode garantir, por meio da impermeabilidade, a proteção do aço contra ataques de agentes agressivos externos. Esses agentes estão contidos na atmosfera por meios de águas residuais, águas do mar, águas industriais, dejetos orgânicos, etc.
- proteção química: em um ambiente muito alcalino forma-se, na superfície do aço, uma camada protetora passiva. O concreto tem caráter alcalino porque as reações da hidratação dos silicatos de cálcio liberam hidróxido de cálcio, em teores que podem atingir aproximadamente 120kg/m³. Essa base forte de hidróxido de cálcio dissolve-se na água e

preenche os poros capilares do concreto, dando a este um caráter alcalino. O hidróxido de cálcio proporciona uma passivação para o aço.

Quando o concreto não é adequado ou não recobre (ou recobre deficientemente) a armadura, há a formação de oxi-hidróxidos de ferro, que ocupam volumes de 3 a 10 vezes o volume original do aço da armadura, podendo provocar pressões superiores a 15MPa. Essas tensões provocam a fissuração do concreto, em direção à corrosão da armadura, favorecendo, assim, a carbonatação e a penetração de agentes agressivos, podendo causar o lascamento do concreto.

6.2.1.7 – A permeabilidade

A durabilidade do concreto é diretamente afetada pela sua permeabilidade. A permeabilidade é a propriedade que governa a velocidade do fluxo de um fluido para a parte interna de um material sólido. A permeabilidade do concreto depende de tamanho, distribuição e continuidade dos poros da pasta, da permeabilidade dos agregados, da zona de transição pasta/agregado, do lançamento, adensamento e cura.

A permeabilidade da pasta de cimento é diretamente influenciada pelas misturas preparadas com agregados densos, corretamente lançadas e adensadas, as quais devem estar isentas de ar aprisionado.

A permeabilidade da pasta de cimento é diretamente influenciada pela relação água/cimento e pelo grau de hidratação. Em se tratando de comparações, a permeabilidade da pasta com um dia de idade é dez mil vezes superior à da pasta com sete dias, e um milhão de vezes maior do que a de 28 dias.

6.2.1.8 – A permeabilidade aos gases

Devido as suas características moleculares, o oxigênio penetra através do concreto mais rapidamente que o CO₂, vapor de H₂O ou água. O CO₂ só consegue penetrar no concreto em áreas que se encontram carbonatadas. Em ambientes úmidos, a permeabilidade aos gases diminui no concreto porque a umidade e a água presente nos poros dificulta o movimento dos gases, e também a formação de microfissuras de retração.

É importante ressaltar que a permeabilidade relacionada à água e aos gases não só depende da porosidade e volume de vazios, mas também da comunicação dos poros capilares. É por isso que concretos com aditivos incorporadores de ar (que introduzem micro bolhas de ar) impedem a penetração profunda de água, tornando o concreto menos permeável, sendo este mais resistente a ação de agentes agressivos.

6.2.1.9 – A porosidade

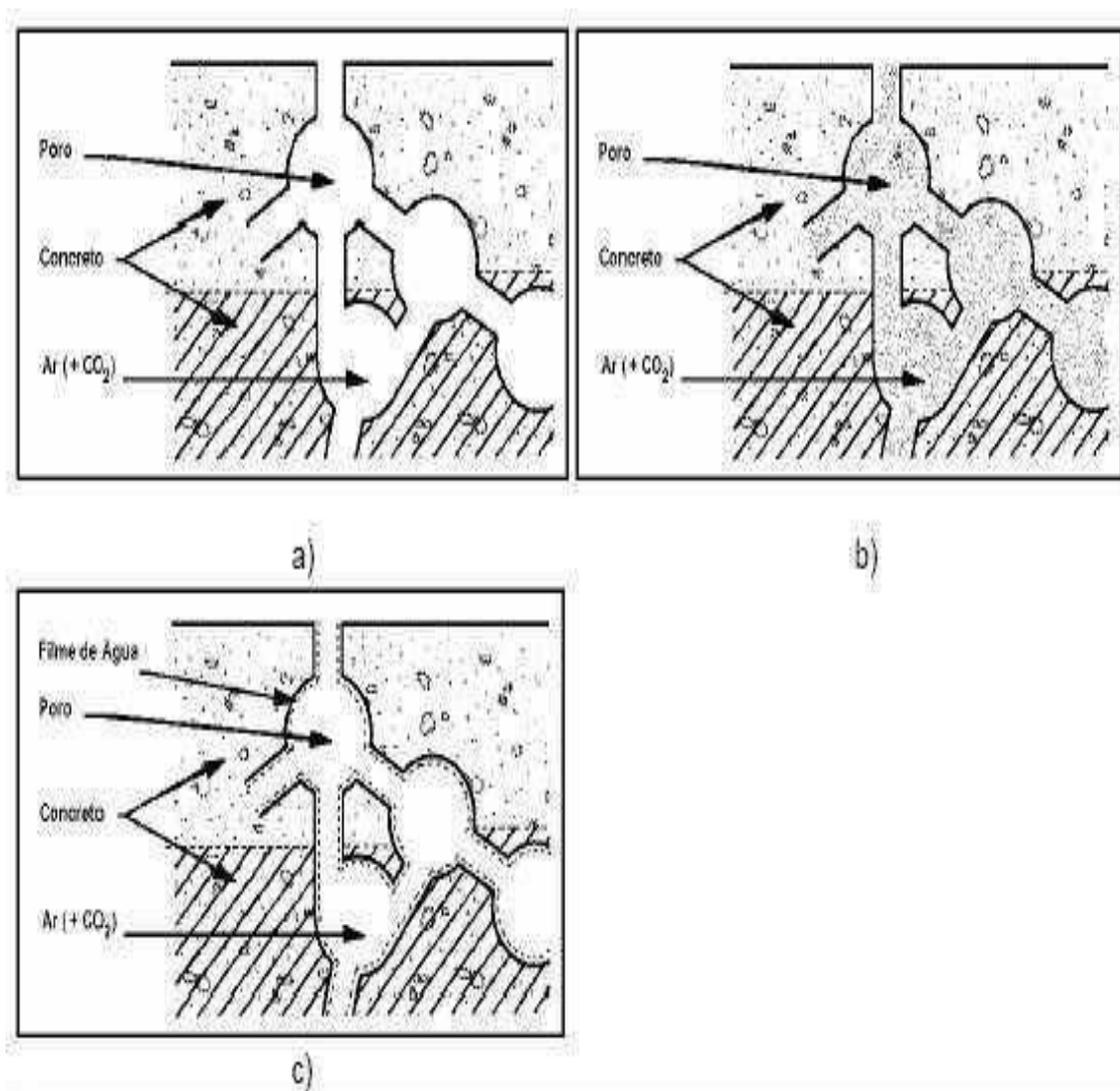
O cimento quando está hidratado, contém diversos tipos de vazios que influenciam em suas propriedades. O volume desses vazios é conhecido como porosidade. Os tipos existentes de poros são definidos como poros na pasta e os poros de ar. Os poros nas pastas podem ser de gel e capilar. Poros de ar, em sua maioria, são grandes e formados pelos defeitos de execução de concreto. Tanto os poros capilares quanto os de ar são importantes para a durabilidade.

As substâncias químicas são levadas ao interior do concreto através dos poros do mesmo. Os poros são importantes por serem um meio de transportar tanto substâncias líquidas como nocivas e também de fazer a distribuição do tamanho dos mesmos.

É através dos poros que o CO₂ consegue penetrar no concreto. Entretanto, existe uma diferença em poros secos e poros preenchidos com água. Em poros secos, o CO₂ se difundirá em seu interior, mas a carbonatação não ocorrerá devido à falta da água, conforme FIGURA 9.a).

Em poros preenchidos com água, não haverá penetração do CO_2 , devido a sua baixa taxa de difusão na água, conforme visto na FIGURA 9.b). E no caso dos poros parcialmente preenchidos com água, que é o caso da superfície do concreto, a carbonatação atingirá os poros do concreto em sua profundidade FIGURA 9.c).

Figura 9 – Mostra as presenças dos poros no concreto



Fonte: CASCUDO (1997).

6.3- O Processo Executivo do Uso de Armaduras como SPDA.

A Norma NBR 5419/05 preconiza, em seu item 5.1.2.5.4, o seguinte:

“As armaduras de aço interligadas das estruturas de concreto armado podem ser consideradas condutores de descida naturais, desde que:

- a) cerca de 50% dos cruzamentos de barras da armadura, incluindo os estribos, estejam firmemente amarradas com arame de aço torcido e as barras na região de trespasse apresentem comprimento de sobreposição de no mínimo 20 diâmetros, igualmente amarradas com arame de aço torcido, ou soldadas, ou interligadas por conexão mecânica adequada;
- b) em alternativa, sejam embutidos na estrutura condutores de descida específicos, com continuidade elétrica assegurada por solda ou por conexão mecânica adequada, e interligadas às armaduras de aço para equalização de potencial (ver anexo D);
- c) em construções de concreto pré-moldado, seja assegurada a continuidade elétrica da armadura de aço de cada elemento, bem como entre os elementos adjacentes de concreto pré-moldado.

NOTA: Em construções com concreto protendido, os cabos sujeitos a protensão, como nas telhas de concreto protendido, não podem fazer parte do sistema de escoamento de corrente de descarga atmosférica. Porém, as armaduras dos pilares (que nunca são protendidas) e as armaduras passivas (que sempre existem nas lajes com elementos protendidos) podem ser utilizadas sem restrição como parte do SPDA(...)"

Isto posto, pode-se fazer uma análise com base em cada uma das etapas de obras em edificações.

6.3.1 – As infraestruturas de edificações (fundações)

O concreto sob o nível do solo mantém sempre um certo grau de umidade, seu valor de resistividade é baixo, geralmente muito menor do que o valor da resistividade do próprio solo onde está sendo construída a edificação ou estrutura. Os valores típicos do concreto nessas condições variam de 30 a 500 Ωm . O uso das ferragens da fundação também diminui as variações de tensão durante a dissipação das correntes associadas às descargas atmosféricas para o solo, com conseqüente diminuição das diferenças de potencial de passo e de toque, além de reduzir a impedância do sistema de aterramento e facilitar muito o cumprimento dos preceitos de equipotencialização das instalações elétricas (frequência industrial), em concordância com a NBR 5410/04.

6.3.1.1 – As estacas injetadas

A Norma de Fundações NBR 6122/96 define estaca injetada como sendo aquela na qual através de injeção sob pressão de produtos aglutinantes, normalmente calda de cimento, procura-se aumentar a resistência de atrito laterais, de ponta ou ambas.

A injeção deve ser feita de maneira a garantir que a estaca tenha a carga admissível prevista no projeto e pode ser aplicada em um ou mais estágios.

O consumo de cimento da calda ou argamassa injetada deve ser no mínimo de 350 kgf/m³.

A resistência estrutural do fuste deve ter um fator de segurança mínimo à ruptura de 2, calculada em relação às resistências características dos materiais.

A capacidade de carga deve ser verificada experimentalmente, através de provas de carga a compressão e ou tração.

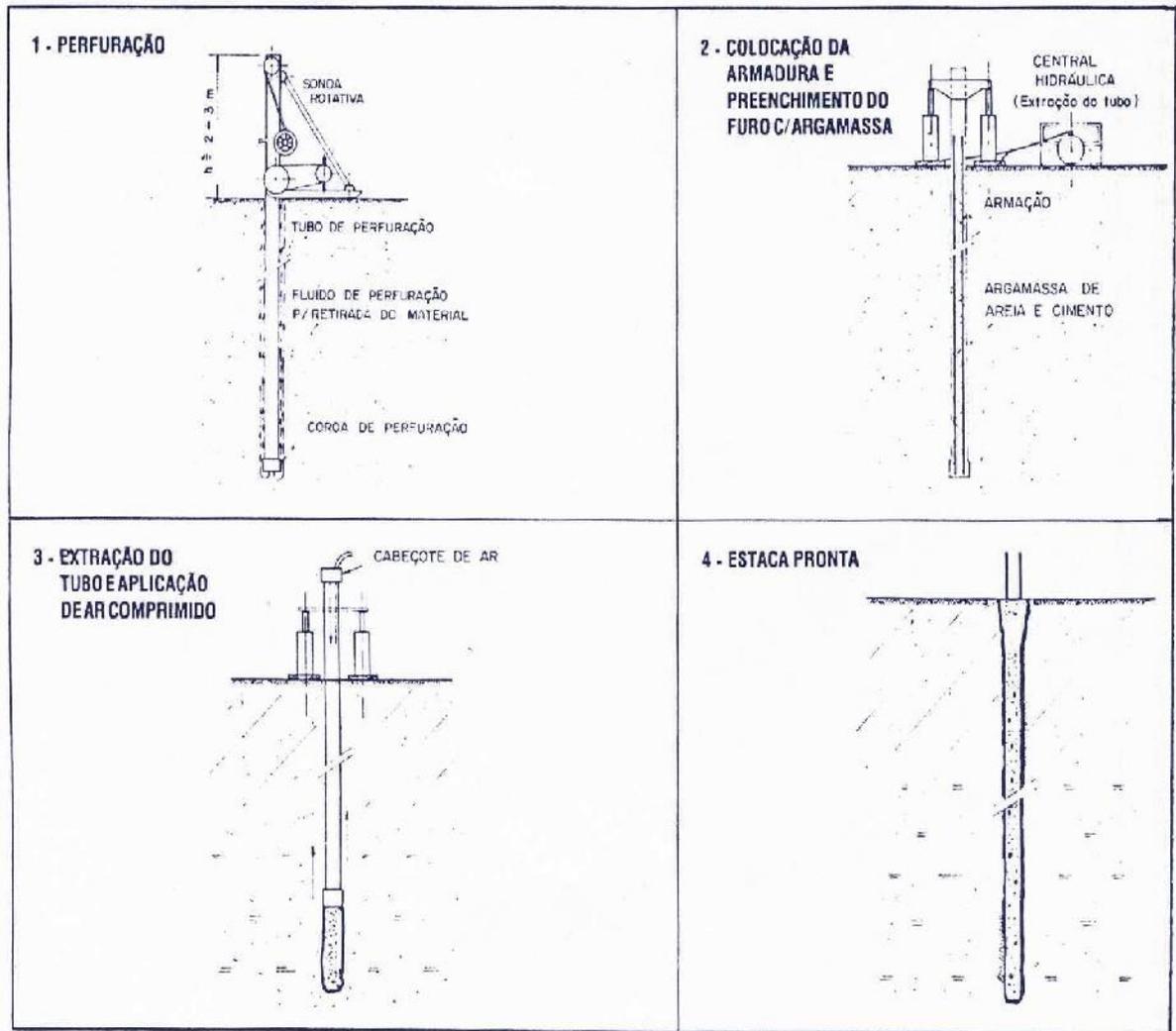
Quando se utilizam estacas com diâmetros iguais ou menores que 20 cm atravessando espessas camadas de argila mole deve ser considerado o efeito de flambagem na estaca. Neste caso, a verificação da capacidade de carga à compressão não pode ser feita a partir de prova de carga à tração.

A execução de uma estaca injetada moldada no solo compreende as seguintes fases:

- escavação do furo;
- colocação da armadura;
- moldagem do fuste.

A escavação do furo na vertical ou inclinada é executada com equipamentos mecânicos apropriados.

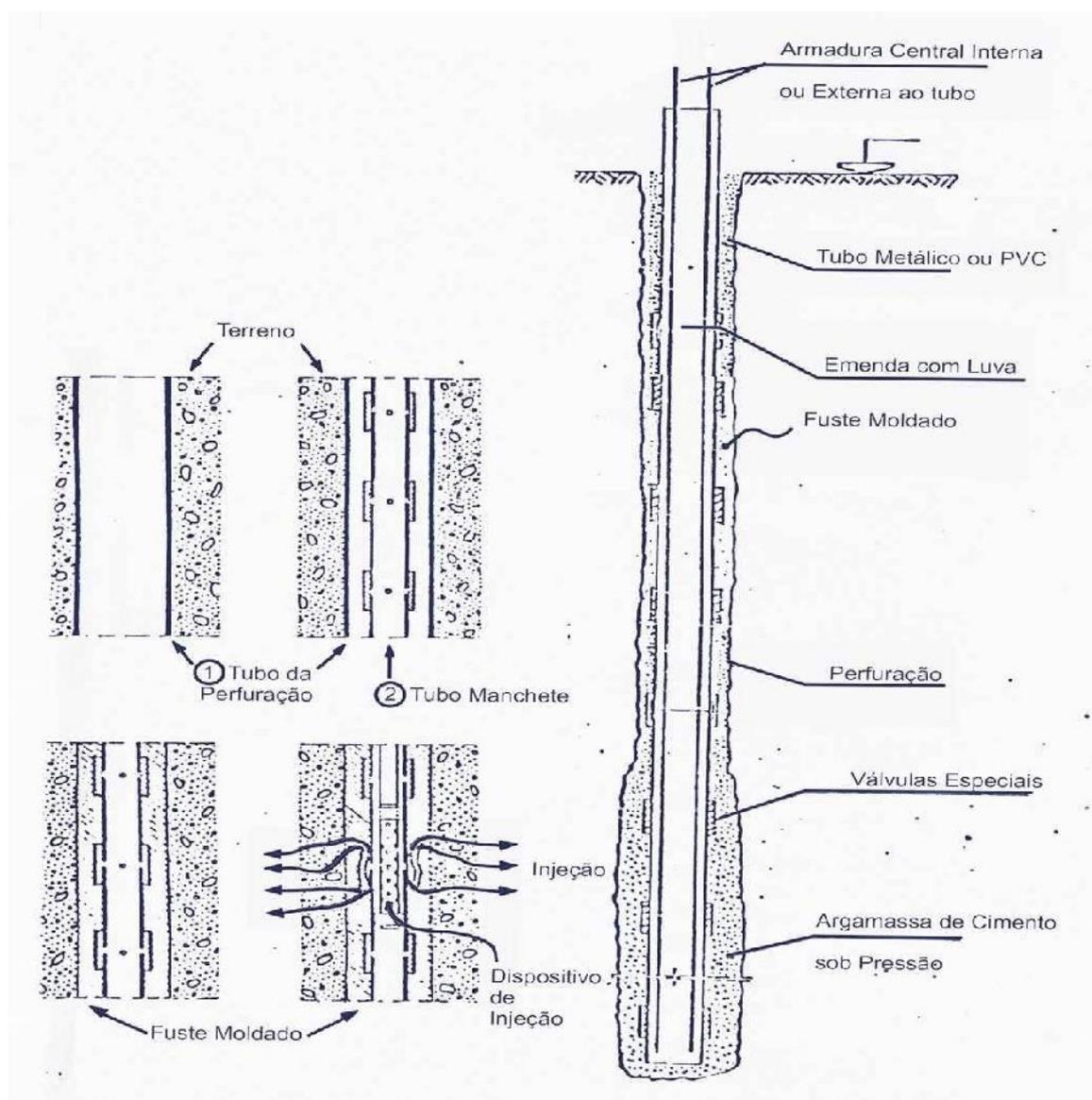
Figura 10 – Execução de fundação injetada



Esquema executivo

FONTE: Estacas Franki

Figura 11 – Detalhamento do esquema executivo.



FONTE: Estaca Franki

As principais características destes equipamentos são:

- pequenas dimensões, porém possuem ferramentas especiais de perfuração;
- facilidade de deslocamento e acesso fácil a locais já edificados ou em locais de difícil acesso tais como subsolo, encostas, etc;
- permite atravessar solos de qualquer natureza com matacões ou rocha, bem como atravessar estruturas como alvenarias ou concreto armado.

A perfuração é executada por rotação ou roto-percussão com circulação de água, lama bentonítica ou ar comprimido e com revestimento parcial ou total do furo.

O fluxo do fluido de circulação carregando o solo desagregado, se processa pelo lado externo do revestimento conferindo ao furo um diâmetro maior do que o diâmetro do revestimento utilizado na perfuração. Todos são ligados entre si por juntas rosqueadas. A perfuração prossegue até ser atingida a cota prevista no projeto.

Terminada a perfuração, se foi utilizado lama bentonítica deverá ser efetuado uma lavagem com água para ser retirada totalmente a lama bentonítica empregada, é colocada a armadura metálica no interior do tubo de perfuração.

A armadura pode ser constituída de uma ou mais barras montadas em gaiolas conforme especificado pelo projeto estrutural da estaca.

Quando for o caso, um tubo com dispositivos de injeção com válvulas múltiplas (manchetes) pode ser introduzido isolado ou junto com a gaiola da armadura. A moldagem do fuste pode ser executada com a utilização de injeção posterior ou sem utilização de injeção posterior.

Moldagem do fuste sem injeção posterior - Estas estacas são denominadas: RAIZ. Desce-se no tubo de perfuração um tubo até o fundo, através deste tubo é injetada a argamassa de cimento de baixo para cima o que provoca o deslocamento da água para fora.

Esta operação é executada com o furo totalmente revestido com o tubo de perfuração é executada com o furo totalmente revestido com o tubo de perfuração, portanto, realizado com o máximo de segurança para a continuidade do fuste da estaca.

Quando o tubo de perfuração estiver totalmente cheio com a argamassa, a sua extremidade superior é tamponada e aplicada uma pressão de ar comprimido sobre a argamassa. Esta pressão provoca a penetração da argamassa no solo aumentando a resistência do mesmo e facilita a retirada do tubo de perfuração.

Deve ser acrescentada argamassa no interior do tudo à medida que vai se processando a retirada de trechos do tubo aplicada sucessivas pressões sobre a argamassa. A pressão aplicada na argamassa é função da absorção pelo terreno da mesma e deve ser, no mínimo de 5,0 kgf/cm².

Moldagem do fuste com injeção posterior - Junto com a armadura ou isolado desce um tubo metálico ou PVC com dispositivos de injeção com válvulas múltiplas (manchete). A operação de moldagem do fuste é idêntica a da moldagem sem injeção posterior.

Após o termino da moldagem do fuste da estaca, deixa-se este adquirir uma resistência inicial compatível com o tipo do terreno existente.

Atingida a resistência inicial esperada, inicia-se a injeção nos pontos indicados no projeto.

A injeção é executada por intermédio de um dispositivo especial que desce por dentro do tubo manchete deixando no fuste da estaca. A injeção é feita com nata de cimento e aplicada uma ou várias vezes até ser atingida a pressão indicada no projeto.

Após a operação de injeção é retirado o dispositivo especial e então é feito o enchimento total do tubo que fica perdido no interior do fuste da estaca.

Historicamente, as estacas injetadas foram utilizadas inicialmente como sub fundação de prédios antigos onde não poderia ter vibrações ao serem executadas as novas estacas, bem como os equipamentos deveriam ser de pequeno porte para permitir a entrada em locais com o pé direito reduzido.

Com o desenvolvimento da técnica executiva deste tipo de estaca, o campo de aplicação ampliou-se onde destacamos as seguintes aplicações principais:

- reforço de fundações;
- fundações;
- estabilização de encostas;

- contenção de taludes;

No campo das fundações, as estacas injetadas são utilizadas preferencialmente nos seguintes casos:

- terrenos apresentando blocos de rocha, solo concrecionado, ganga de minério de ferro;
- locais de difícil acesso tais como: encostas, galpões industriais, etc
- máquinas industriais sujeitas a vibrações. A estaca injetada possui uma enérgica ação amortecedora, transmitindo as vibrações a grande massa do terreno impedindo fenômenos de ressonância;
- pisos de subsolos sujeitos a grande esforço de sub pressão, devido a grande capacidade de atrito lateral. As estacas injetadas são indicadas para absorverem cargas de compressão e tração alternadamente;
- ancoragem de estacas pré-moldadas submetidas a elevada carga de tração.

6.3.2 – As superestruturas de edificações convencionais (pilares, vigas e lajes)

Com o uso das armações do concreto destes elementos, diminuem-se os campos eletromagnéticos internos à edificação, reduzindo as forças eletromotrizes induzidas nos circuitos ali existentes e, em consequência, as interferências prejudiciais a pessoas e equipamentos eletrônicos sensíveis, como os de tecnologia da informação (ETIs). Além disso, conceitos ultrapassados, como sistemas de aterramento independentes e seccionamento para medição da resistência de aterramento, passam a não existir quando aplicado o método da gaiola de Faraday utilizando as armaduras dos pilares, vigas e fundações para a composição do sistema de proteção contra descargas atmosféricas diretas.

Durante a etapa que acompanha a construção da estrutura são usados: barra de aço galvanizada a fogo de diâmetro 3/8” (10 mm), comprimento de 3,40 m e cliques de aço

galvanizado de diâmetro 3/8" (10 mm). Após a construção da estrutura, haverá mais duas etapas (captação e equalizações) que demandam outros materiais, porém a lista irá variar de acordo com as definições específicas de cada projeto.

Para evitar os problemas de continuidade, o modo mais seguro consiste na colocação de uma barra de aço liso Ø 10 mm, galvanizada a fogo (tabela 4 da Norma NBR-5419/05) dentro de todos os pilares da torre do prédio, desde a fundação até o ponto mais alto.

O primeiro ponto a ser observado é o tipo de fundação e a profundidade média. Existem diversos tipos de fundação e, entre as mais usuais, estão a estaca Franki, a Strauss, a pré-moldada redonda (centrifugada) e quadrada, a estaca trilho, tubulão mecanizado ou manual, hélice contínua, fundação direta, radier plano e não-plano, etc.

Independente do tipo de estaca, o procedimento básico consiste em instalar a barra adicional dentro das fundações, garantindo a continuidade com três cliques galvanizados. Para as estacas Franki e Strauss e tubulão, o procedimento é o mesmo e consiste na colocação das barras adicionais dentro das fundações (re-bar), o mais profundo possível, sem, no entanto, atingir o solo (aproximadamente 20 cm), pois a acidez desse poderá corroer a barra, mesmo esta sendo galvanizada a fogo.

No caso da fundação rasa, o procedimento é o mesmo. Não é necessário colocar a barra em todas as fundações, bastando apenas um tubulão/estaca para cada pilar. Assim, o número de fundações aterradas coincide com o número de pilares do pavimento-tipo.

Nas fundações rasas (sapatas e cintas ou baldrame), deverá ser instalada uma barra adicional (re-bar) horizontalmente, interligando todas as barras adicionais, assim como nas fundações profundas (estacas moldadas em loco), que terá continuidade nas armaduras dos pilares (verticais), como também nas vigas e lajes (horizontais).

A garantia deste método executivo é assegurada quando as armaduras de aço dos pilares, lajes e vigas tiverem cerca de 50% de seus cruzamentos firmemente amarrados com arame recozido ou soldados. Nas emendas das barras, os transpasses devem ter no mínimo 20

vezes o seu diâmetro, estando firmemente amarradas com arame recozido, de forma a garantir a equalização de potenciais da estrutura.

Assim, fica evidenciado uso opcional de ferragem específica em estruturas de concreto armado NBR 5419/01, garantindo a equipotencialidade entre as ferragens da fundação, pilares, vigas e lajes.

6.4 – Captação

A captação consiste basicamente na interligação horizontal das barras adicionais que estiverem aflorando no topo do prédio. Essa captação se divide em dois tipos:

6.4.1 – Captação por cima

Nos locais onde não existe fácil acesso ao público, as barras deverão sair por cima dos parapeitos (telhados de cobertura, casas de máquina, tampas de caixa d'água etc.) e ser interligadas com cabo de cobre de seção mínima de 35 mm² na horizontal. Nesse caso, não é necessário o uso da barra chata de alumínio pois, como os cabos vão ficar por cima dos parapeitos, não há problemas estéticos, pois são áreas onde somente o pessoal de manutenção tem acesso.

6.4.2 – Captação por fora

Nos locais onde existe acesso de público, a barra deverá ser direcionada para o lado de fora do parapeito/platibanda, reduzindo, assim, os riscos de acidentes pessoais pelo contato direto com o SPDA, depredações no sistema e o medo que é provocado pela sua presença. Nesse caso, as barras adicionais são interligadas na horizontal, pelo lado de fora do parapeito.

6.5 – Equalizações de potenciais

No nível mais baixo da edificação (normalmente o subsolo), deverão ser tomadas as seguintes providências:

- O BEP (barramento de equipotencialidade) deve ser instalado o mais próximo possível da fundação e equidistante do DG (quadro da concessionária telefônica) e do QDG (quadro da concessionária de energia elétrica) interligando a caixa(carcaça) a qualquer barra do pilar. Além disso, um trecho de cabo de cobre de seção 50 mm² (no mínimo) deverá estar ligado à fundação.
- Interligar toda a massa metálica (prumadas de tubos de gás, incêndio, recalque, água quente, guias do elevador e contrapesos etc.), na caixa de equalização, por meio de cabo de cobre de seção 16 mm².
- A conexão com as respectivas tubulações deverá ser feita com a fita perfurada de latão niquelada para abraçar tubos com diferentes diâmetros. Para a tubulação de incêndio e recalque, é recomendável que essas sejam aterradas no BEP.
- Conectar os aterramentos telefônico e elétrico na caixa de equalização de potenciais com cabo de cobre isolado seção 16 mm². Essa conexão deverá ser feita no BEP, lembrando que caso existam outros aterramentos (elevadores, interfone etc.) o procedimento será o mesmo.

A central de gás, normalmente localizada nos pilotis, deverá ser aterrada, com chapas de inox perfuradas no piso do cubículo, de modo que os botijões de gás sempre estejam em contato direto com a chapa.

A tubulação metálica que sai da central de gás para distribuir para o prédio também deverá ser aterrada ainda dentro do cubículo com chapa de inox, assim como o portão metálico

da central de gás. Após todas essas estruturas aterradas, esse conjunto deverá ser interligado com a ferragem da laje, no ponto mais próximo da central.

A medida tem como objetivo equalizar os potenciais das diferentes estruturas metálicas (botijões, portões e tubulações), evitando, assim, a possibilidade de centelhamento e possível explosão, pois as tubulações de entrada do gás canalizado também deverão ser aterradas logo assim que penetrarem no solo das edificações.

6.6 – Fundação em perfil metálico

No caso de fundação com perfil (trilho) metálico, é dispensado o uso da barra adicional na fundação vertical, pois o próprio trilho já funciona como aterramento natural, atingindo grandes profundidades. A barra adicional deverá ser soldada no topo do trilho, atravessar o bloco e entrar nos pilares. Na fundação direta deverá ser adotado o mesmo critério das fundações escavadas. Na fundação de estaca pré-moldada de concreto centrifugado, o procedimento será o mesmo da estaca trilho, visto as estacas terem seus ferros soldados nos anéis metálicos presentes nas extremidades.

Existem, porém, edificações cuja infra-estrutura básica é toda constituída de perfis metálicos. Nesses casos, com muito mais razão, todos os conceitos aqui descritos podem e devem ser aplicados, tirando proveito das vantagens técnicas oferecidas por esse tipo de gaiola de Faraday natural.

É preciso tomar cuidados especiais para que eventuais descargas atmosféricas laterais possam ser captadas e conduzidas à terra pelas estruturas metálicas. Para isso, devem ser instalados captosres específicos convenientemente localizados e interligados às estruturas, evitando a quebra da alvenaria de acabamento lateral da edificação.

Uma observação importantíssima deve ser feita, mesmo neste caso em que praticamente toda a estrutura da edificação é metálica: em hipótese nenhuma pode ser

eliminado o condutor de proteção (PE), o qual deve ser passado junto com as fases dos diversos circuitos.

De acordo com a NBR 5419/05, jamais a estrutura metálica deve ser usada como condutor PE. Também é terminantemente vedado o aproveitamento da estrutura metálica da edificação como neutro de tomadas ou função similar. O neutro do sistema de distribuição de baixa tensão deve ser ligado ao aterramento somente na origem da instalação, junto com o aterramento do transformador fonte de alimentação da instalação. Conforme determina a norma de instalações de baixa tensão, deve-se passar um condutor de cobre específico para a função de neutro, com isolamento na cor azul.

6.7 – Fundação em estruturas pré-moldadas

Nas estruturas pré-moldadas, as armaduras podem ser também utilizadas como descidas naturais e aterramento, desde que tomados os seguintes cuidados: prever essa utilização já no projeto das estruturas, possibilitando, assim, que sejam deixadas placas específicas ou condutores de cobre acessíveis para as devidas interligações entre os pilares e vigas, após a montagem. Essas interligações devem preferencialmente ser feitas com solda exotérmica. Durante a montagem das estruturas pré-moldadas, providenciar as necessárias interligações das armaduras das fundações (cálices) com as armaduras dos pré-moldados (placas ou cabos de cobre citados), de modo a garantir a continuidade elétrica entre captos e descidas naturais e os cálices. Este é um ponto de extrema importância que, no entanto, costuma ser posto em segundo plano ou mesmo esquecido. Por fim, cabe ressaltar que não é permitida a utilização das armaduras componentes de estruturas pré-moldadas pretendidas como componentes de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas.

Como foi dito acima, devem-se prever, durante o projeto das estruturas pré-moldadas, pontos acessíveis, interligados com as demais armaduras constituintes dessas estruturas. Esses pontos devem ser disponibilizados externamente aos diversos componentes pré-moldados, possibilitando que estes sejam interligados (normalmente por solda exotérmica) após sua montagem final, de modo a formar uma gaiola de Faraday. Normalmente esses pontos acessíveis são constituídos por placas metálicas específicas ou condutores de cobre, para que as interligações entre pilares, vigas e armaduras das fundações possam ser feitas durante a construção.

Os pontos de acesso deixados devem ser estrategicamente escolhidos, destinados à execução de futuras medições de continuidade elétrica, como determinado no Anexo E da NBR 5419/05.

7.0 – ESTUDO DA CORROSÃO NAS ARMADURAS

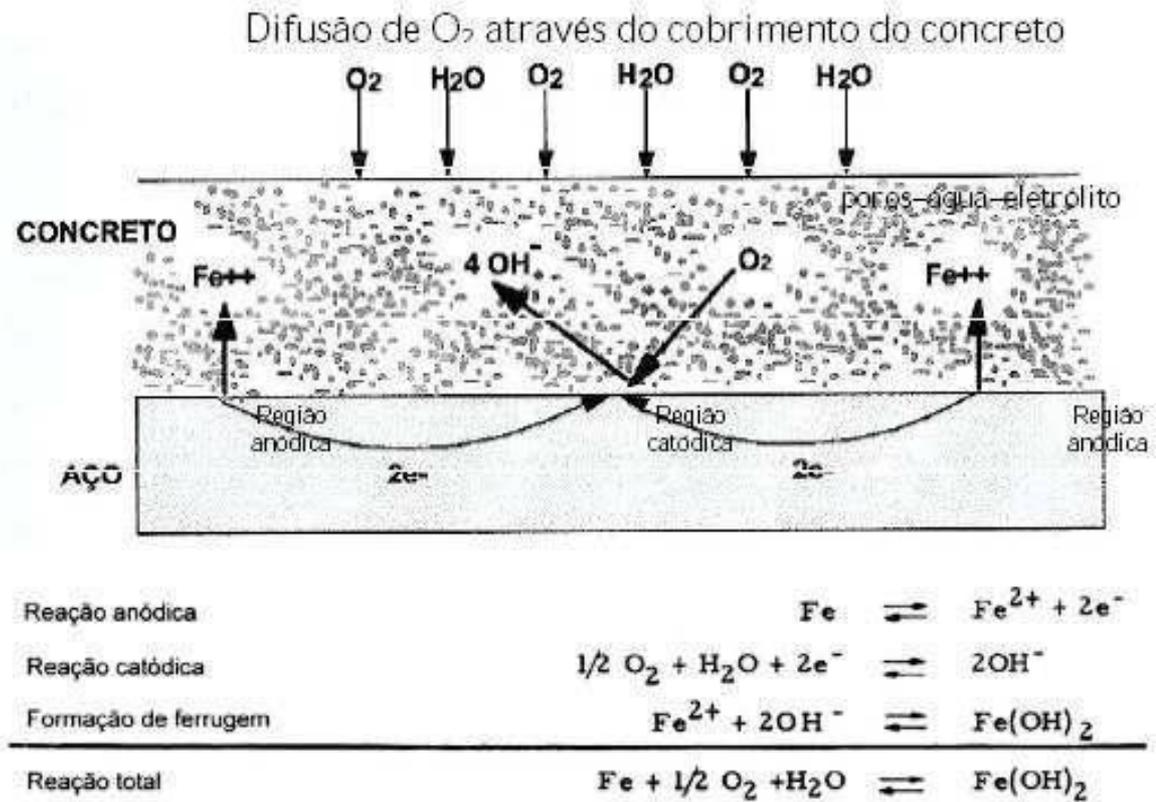
RATTMANN (2005), afirma que o aço para concreto armado não possui requerimentos particulares com respeito à corrosão.

As normas ABNT que tratam dos materiais metálicos para concreto são as seguintes:

- NBR 7480, barras e fios de aço destinados à armadura para concreto armado.
- NBR 7482, fios de aço para concreto protendido.
- NBR 7483, cordoalhas e aço para concreto protendido.

A complicação da corrosão de armaduras em concreto se dá devido aos produtos da corrosão do aço, os quais são diversos: óxidos e hidróxidos de ferro, com seu volume entre três e dez vezes maiores ao volume original do aço não corroído, podendo ocorrer tensões internas com variações entre 15 a 40 MPa. A corrosão do aço se dá pelas reações anódicas e catódicas conforme figura 12.

Figura 12: Esquema de corrosão da armadura no concreto armado



FONTE: Rattmann (2005, p.36)

No ânodo os íons de ferro carregados positivamente infiltram na solução dos poros e os elétrons liberados na reação anódica vão até as regiões catódicas a partir da barra metálica. No cátodo ocorre a redução do oxigênio, o qual é dissolvido em solução aquosa ou do íon de hidrogênio.

CASCUDO (1997) relata que a corrosão de armadura pode ser definida como uma interação destrutiva ou uma inutilização para uso, de um material com determinado ambiente, podendo ser por eletroquímica ou por uma reação química. Quando se trata de um metal este pode se converter em um estado não metálico, com isso ocorrerá a perda das qualidades essenciais do metal, como a elasticidade, resistência mecânica e ductilidade.

7.1 – Inibição do processo da corrosão

ANDRADE (1992) define inibidores de corrosão como substâncias que tem a capacidade de neutralizar a reação anódica da reação catódica, ou ambas, enquanto que o concreto preservar sua boa qualidade, sendo que estas substâncias devem ser ativas em um meio alcalino (pH entre 12,6 e 13,5) sem alterar suas propriedades físicas, químicas e mecânicas.

LIMA (2000), diz que para resolver o problema da corrosão de armadura, as técnicas aplicadas devem atuar diretamente sobre o aço, como a proteção catódica, tratamento superficial e os aditivos inibidores de corrosão, sendo que a única técnica que efetivamente interrompe o processo de corrosão é a proteção catódica que utiliza a própria eletroquímica da corrosão para neutralizá-la.

GENTIL (2003), afirma que inibidor é uma substância ou mistura de substância que, quando presente em concentrações adequadas, no meio corrosivo, reduz ou elimina a corrosão.

RATTMANN (2005), define o inibidor de corrosão com um componente químico capaz de prevenir a corrosão do aço, retardando, reduzindo e impedindo a corrosão sem afetar as propriedades do concreto, tanto no estado fresco quanto no endurecido.

Esses inibidores podem ser utilizados em concretos (dissolvidos na água de amassamentos), aplicado na superfície do concreto ou do aço, em argamassas de reparos ou em “*grout*” (concreto com agregado de granulometria fina).

A ABRACO relata as principais aplicações dos inibidores de corrosão: Destilação de petróleo, tratamento de água, limpeza química, decapagem ácida, sistemas de gasodutos e oleodutos, testes hidrostáticos, sistemas de embalagem e áreas de perfurações.

Os inibidores agem de acordo com os seguintes mecanismos: por formação de barreiras, por passivação através da oxidação da superfície do aço e influenciando o meio que está em contato com o metal.

7.2 Classificação de inibidores

Dentre as classificações existentes, os inibidores podem ser classificados:

7.2.1 – Inibidores seguros e perigosos

7.2.1.1 – Inibidores seguros

Referem-se àquele que provoca uma corrosão uniforme, sem causar danos localizados, devido a sua concentração insuficiente para proteger a superfície do aço, provocando, com isso, um sistema “não inibido”.

7.2.1.2 – Inibidores perigosos

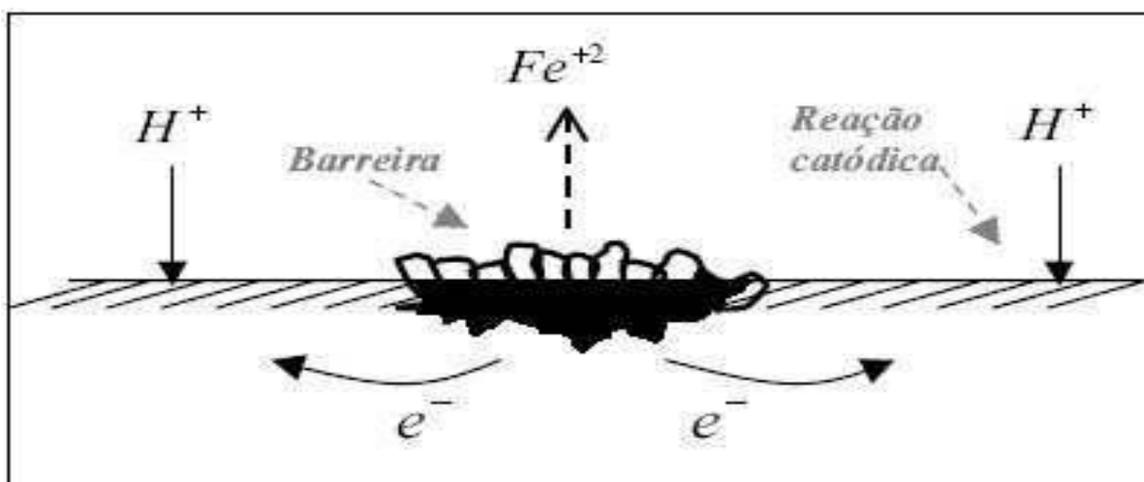
Ao contrário dos seguros, em concentração insuficientes, podem provocar corrosão localizada, isto é, corrosão por picadas, e na maioria dos casos faz com que essa situação apresente corrosão mais acentuada do que um sistema sem a presença do inibidor (MEDEIROS, 2002).

7.2.1.3 – Inibidores anódicos e catódicos

Inibidores anódicos são aqueles que atuam nas reações anódica, ou seja, aqueles que migram para a superfície anódica, causando passivação em presença de oxigênio dissolvido, (MEDEIROS, 2002). Este tipo de inibidor reage com o produto de corrosão inicialmente instalado, dando origem a um filme aderente e extremamente insolúvel em sua superfície (aço), resultando numa proteção a armadura.

HELENE (1986) define os produtos químicos de propriedades inibidoras anódicas em meio alcalino: nitritos de sódio, cromatos de potássio, benzoatos de sódio e fosfatos.

FIGURA 13 – Processo de inibição na superfície anódica



FONTE: Lima (2000).

7.2.2 – Inibidores de Corrosão – vegetais tropicais

GOMES (1999) fez seu doutorado de modo a extrair e calcular a eficiência dos inibidores de corrosão a partir de vegetais tropicais. Foram escolhidos como vegetal a casca de manga e a casca de abacate, pois estes apresentam um alto teor de óleo. Escolheu também folhas de repolho branco devido a sua utilização como antioxidantes de alimentos. O aço 1020 foi escolhido para ser atacado por ser muito utilizado na construção civil. Os meios agressores foram o ácido sulfúrico, ácido clorídrico e o cloreto de sódio. Através de estudo GOMES (1999) chegou à conclusão que os extratos das cascas de manga e cascas de abacate e das folhas de repolho apresentaram um bom desempenho inibidor, em meio contendo ácido sulfúrico. A casca de manga em meio de cloreto de sódio se apresentou bastante eficaz, podendo ser comercializado devido o seu baixo custo. A substância extraída da casca de manga também poderia ser utilizada como inibidor da corrosão do aço no concreto.

7.3 – Revestimentos protetores

Os revestimentos protetores como películas aplicadas sobre a superfície metálica que tem por função dificultar o contato da superfície com o meio corrosivo. Existe proteção por barreira (são os revestimentos), a inibição anódica e por proteção catódica, porém se a proteção é dada somente por barreira, qualquer danificação por mecanismo mecânico, o eletrólito conseguirá chegar à superfície do aço e se iniciará novamente o processo corrosivo, isso se denomina retardamento do movimento iônico, em virtude da porosidade da película. Se desejar aumentar a vida útil do revestimento deve-se adicionar mais de um mecanismo de proteção como a proteção catódica.

7.3.1 – Revestimentos metálicos

Consiste na interposição de uma camada metálica entre o meio corrosivo e o metal que se quer proteger. Para a ABRACO, os revestimentos metálicos mais comuns são:

- cladização: Os clads constituem de chapas de metal ou ligas, resistentes a corrosão revestindo o metal. Os clads mais usados são dos de monel, aço inoxidável e titânio.
- deposição por imersão a quente: são as superfícies zincadas (Galvanização) e estanhadas.
- metalização: é aquele que deposita em sua superfície um camada de materiais metálicos.

Por metalização faz-se revestimentos como zinco, alumínio, chumbo, estanho e cobre.

7.3.2 – Revestimentos não metálicos

Consiste na interposição de uma camada não-metálica entre o meio corrosivo e o metal que se quer proteger. Os revestimentos não-metálicos mais comuns são eles:

- anodização: tem por finalidade tornar a camada protetora mais espessa em certos metais, em especial o alumínio;
- cromatização: consiste em uma reação da superfície metálica com soluções ácidas que contem cromatos;
- fosfatização: adiciona uma camada de fosfato a superfície metálica, deixando uma base excelente para pintura devido a sua rugosidade;
- argamassa cimento: é a aplicação de uma camada de nata de cimento sobre a superfície do aço;
- revestimento com vidro: camada de vidro sob a forma de esmalte e fundida de fornos, consegue-se película de alta resistência.

7.3.3 – Revestimentos orgânicos

A interposição consiste numa camada de natureza orgânica entre o meio corrosivo e o metal que se quer proteger. Os revestimentos orgânicos mais comuns são eles:

- pintura industrial: é um revestimento largamente empregado na construção civil em superfícies enterradas ou submersas para se proteger o aço;
- revestimento com asfaltos: revestimento com asfalto aplicado a quente e reforçado com fibras de vidro;
- revestimento com polietileno: é um moderno revestimento no qual utiliza o polietileno de baixa densidade;
- revestimento com tinta epóxi em pó: é também um moderno sistema de proteção anticorrosiva. Suas principais propriedades são a excelente adesão e proteção da corrosão.

7.3.4 – Concreto: o revestimento que reduz o valor da resistência elétrica

Durante o II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica realizado em João Pessoa – PB, foi apresentado por SOUZA et al.(2007) um projeto de alternativas para a construção de aterramento num solo com alta resistividade elétrica.

Para este projeto foram construídas três malhas de aterramento, com as mesmas configurações, a partir de hastes verticais e cabos horizontais. Para cada aterramento foram utilizadas três hastes verticais, do tipo Copperweld – aço revestido com fina camada de cobre – com diâmetro de 12,7 mm, comprimento de 2,0 m e cuja extremidade superior está a 0,15 m da superfície do solo. Cada haste foi distanciada uma da outra de 2,0 m e interligadas por cabos horizontais de cobre nu, com seção circular de 50 mm², a uma profundidade de 0,20 m da superfície do solo. As conexões entre as hastes verticais e o cabo horizontal foram feitas através de conectores de aperto. As malhas foram construídas em uma mesma área, porém distantes entre si de maneira que não houvesse superposição de suas áreas de atuação, o que diferencia as três malhas de aterramento e a maneira com que cada uma foi tratada.

7.3.4.1-Ensaio experimentais e seus resultados

Após a construção das três malhas teve início às medições das resistências de aterramento, e para isto foi utilizado um terrômetro digital de quatro pontas, de acordo com o método apresentado pelo autor KINDERMANN (1992). Os valores das resistências de aterramento foram obtidos durante dois períodos distintos, chuvoso e seco.

Os valores da resistência de aterramento do período chuvoso foram obtidos ao longo dos meses de outubro a dezembro do ano de 2006. No caso dos resultados correspondentes ao

período seco, às medições iniciaram-se no mês de agosto de 2007. É importante ressaltar que para ambos os períodos analisados, foram utilizadas as mesmas malhas de aterramento, as quais não sofreram nenhuma modificação a não ser da ação do tempo.

7.3.4.2-Análises dos resultados experimentais

Através dos valores das resistências de aterramento obtidos no período chuvoso e seco, a partir das medições feitas nas três malhas, pode-se fazer uma análise dos resultados obtidos. Apesar das três malhas de aterramento possuir dimensões e configurações semelhantes, os valores das resistências de aterramento das malhas tiveram comportamentos bem distintos no período chuvoso.

A malha que utilizou hastes concretadas foi a que apresentou menores valores de resistência de aterramento e pequenas oscilações dos resultados ao longo do período analisado. Este comportamento se deve a capacidade do concreto de reter água e de aumentar a área de contato entre a malha e o solo.

Em contrapartida, a malha que recebeu o tratamento químico do solo foi a que apresentou maiores valores de resistência de aterramento e maiores oscilações dos resultados no mesmo período. Estes resultados estão relacionados com o caráter construtivo da malha, ou seja, com a má compactação do solo.

No caso da malha de aterramento tradicional os valores relativamente altos da resistência de aterramento, bem como as oscilações destes valores neste período, já eram esperados, pois neste caso o valor da resistência de aterramento é extremamente dependente das condições do solo e de fatores climáticos da região metropolitana de Palmas-TO.

Tendo as três malhas de aterramento as mesmas dimensões e configurações, e situadas em um mesmo tipo de solo, variando apenas a sua forma de tratamento e o período da realização das medições, foram obtidos valores de resistência de aterramento bem distintos.

Dentre as três malhas a que apresentou menor valor de resistência de aterramento e oscilação dos resultados nos dois períodos analisados foi a que utilizou concreto envolvendo as hastes verticais. Pode-se concluir que este fato está relacionado com a facilidade de o concreto absorver e reter água, provocando assim uma redução da resistividade elétrica do solo nas proximidades da malha. Está relacionado também com o contato entre a malha e o solo, pois o uso do concreto proporciona um aumento significativo da área de contato das hastes e o solo, reduzindo assim a chamada resistência de contato.

Apesar de o estudo estar sendo realizado com apenas uma configuração de malha de aterramento, este projeto oferece argumentos suficientes para um estudo mais aprofundado a respeito do aproveitamento de fundações prediais, das estruturas de postes de concreto das redes de distribuição, como parte integrante da malha de aterramento construída em solos com alta resistividade elétrica.

8.0-SPDA NATURAL – Prédio de salas de Aula constituído de cinco pavimentos.

8.1-Considerações gerais

Nesta proposta de trabalho será desenvolvido um SPDA em que todos os pilares do corpo do prédio deverão ser instaladas barras galvanizadas a fogo denominada “re-bar”.

8.2-Métodos de execução dos serviços

Em todos os pilares do corpo do prédio deverão ser instaladas barras galvanizadas a fogo denominada "re-bar " ref. Tel - 760, transpassadas de 20 cm, conectadas com 3 clip' s

galvanizados Ref. Tel – 5238.

A instalação das barras e ligações entre pilares e lajes deverá ser executada pela construtora durante a concretagem da estrutura. A captação e a equalização de potenciais poderá ser executada por empresa especializada a qual deverá emitir relatório técnico dos serviços executados e ART junto ao CREA/RJ.

Para que este sistema seja executado com sucesso e com o menor custo possível, deverá ser iniciado junto com a fundação da edificação sendo importante o acompanhamento de pessoa responsável pela obra, para conferir a presença da barra nos pilares e fundação, o transpasse de 20 cm e a interligação das ferragens dos pilares com as ferragens das lajes.

Em cada pilar do prédio deverá ser instalada 1 barra, sendo que nos pilares externos deverá ser localizada na face mais externa, porém dentro do estribo, e nos pilares internos poderá ser instalada em qualquer posição, sempre fixada nos estribos por arame torcido.

No encontro das ferragens da laje com os vergalhões longitudinais dos pilares, deverá ser feita uma interligação através de aço doce de diâmetro 3/8" (10 mm) transpassado em 20 cm na vertical e na horizontal em formato de letra L, sendo interligado em primeiro lugar na barra do SPDA "re-bar" e as demais ferragens do pilar, uma sim, uma não, em posições alternadas.

Na última laje, as "re-bars" deverão ser inteligadas na horizontal, aos pilares mais próximos que irão subir para a casa de máquinas ou caixa d'água, de modo que haja uma continuidade de todos os pilares, desde a fundação até o ponto mais alto da edificação.

Nos locais onde não existe acesso ao público (telhado da cobertura, laje da casa de máquinas, tampa da caixa d'água), a "re-bar" deverá aflorar acima dos parapeitos no mínimo 30 cm para que durante a execução da captação estas barras sejam interligadas na horizontal por cabo de cobre nú seção 35mm², TEL-5735, através de conectores adequados.

Nos locais de acesso de pessoas (parapeito do terraço) as "re-bar" deverão ser direcionados para o lado externo da edificação, na horizontal antes de chegar no nível da soleira

(pingadeira) de modo a sobrar 20 a 30 cm.

Na etapa da execução da captação as barras deste nível deverão ser interligadas na horizontal pelo lado externo do guarda corpo com barra chata de alumínio ref. TEL-770 e curva de alumínio ref. TEL-779, fixadas por buchas e parafusos adequados.

Para certificação da continuidade elétrica da estrutura da edificação, deverá ser realizado teste de continuidade elétrica através de microohmímetro, conforme anexo "E" da NBR-5419/05.

9.0 – RESULTADOS ESPERADOS

A qualidade do sistema começa com a qualidade do projeto e atenção, uma vez que esse processo tem que ser iniciado junto com as fundações.

Para uma maior garantia de fidelidade ao projeto, é altamente recomendável a execução dos testes de continuidade elétrica de acordo com o anexo "E" da norma NBR 5419/05, para garantir que o que foi projetado foi realmente executado e evitar futuros questionamentos.

Esses testes deverão ser realizados por empresa especializada que emita um laudo desse trabalho para que seja anexado ao projeto do SPDA. Os critérios da Norma devem ser seguidos, usando-se método adequado e equipamento específico.

As inspeções visuais anuais deverão ser realizadas de acordo com os critérios da norma, e inspeções completas em prazos maiores, também variando de acordo com o nível de proteção definido no projeto.

Durante a execução, cabe ao engenheiro civil responsável pela obra e ao encarregado certificarem-se de que todos os procedimentos acima sejam seguidos antes das concretagens.

10-CONCLUSÃO

O grande número de barras de aço das fundações e das estruturas provê aterramento eficiente e gaiola de Faraday, que protege e atenua campos eletromagnéticos internos, diminui forças eletromotrizes induzidas nos circuitos da instalação e minimiza interferências prejudiciais a pessoas e equipamentos.

Como foi visto, deve-se preparar a estrutura, isto é, executar o projeto prevendo a utilização das armaduras do concreto da edificação como descidas naturais e as das fundações como eletrodo de aterramento.

Esse procedimento não só resultará em maior eficiência técnica como também econômica, tendo como “subproduto”; a atenuação dos campos eletromagnéticos internamente, atuando como blindagem (a qual pode, em certos casos, ser aumentada com a utilização de outros materiais, tais como telas e/ou chapas metálicas convenientemente especificadas e instaladas nas paredes, pisos e tetos).

Além disso, o sistema armadura condutora natural não necessita de anéis de cintamento horizontal (Item 5.1.2.5, d) da NBR-5419/05, visto que as ferragens de cada laje, ao serem interligadas com as ferragens dos pilares, fazem a função do anel horizontal.

Pelo mesmo motivo acima, ao ligarmos as massas metálicas às ferragens da laje, estamos garantindo a equalização com o SPDA.

O SPDA natural, reconhecido por importantes normas e recomendações publicadas ao longo desse período, como as normas brasileiras NBR 5419/05 e NBR 5410/04, a norma internacional IEC 61024-1-2 e os documentos estrangeiros ASE 4022, ANSI/IEEE std.142, BS 6651, entre outros, descritas nas publicações mencionadas encorajam cada vez mais essa prática, tanto em edificações novas quanto nas já existentes.

Enfim, o SPDA natural proposto neste trabalho deverá ser executado desde o início das fundações pela construtora, com orientação do projetista.

A captação e equalizações deverão ser executadas por empresa especializada que emita uma ART, junto ao CREA, dos serviços prestados, possibilitando a confiabilidade e a segurança que o aterramento elétrico deve proporcionar.

11-RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Uma proposta para estudos futuros pode ser a utilização das armaduras de prédios já existentes como parte integrante do SPDA estrutural proposto para prédios em construção da Universidade Federal Fluminense, objeto deste trabalho, pois há casos como o bloco do C do Campus do Gragoatá, Instituto de Física, já mencionados anteriormente.

Observa-se que o sistema de proteção está comprometido pela deficiência do SPDA, ou pela falta de manutenção, assim como também pela falta de acesso às caixas de inspeção das hastes de terra.

Também no Bloco E da Escola de Engenharia, especificamente no pavimento térreo, observou-se o seccionamento do mesmo cabo de aterramento acima mostrado, a fim de que pudesse ser erguida, recentemente, uma edificação de um pavimento, provavelmente um laboratório do Curso de Engenharia Química, pois observou-se também a execução contígua de um abrigo para cilindros de gás.

Considerando que a outra extremidade do condutor de descida está ligada ao captor, há risco de explosão caso aquele captor opere durante uma descarga atmosférica.

Enfim, conforme foi observado ao longo do trabalho, a eficiência do O SPDA natural está comprovada e reconhecida não só pela Norma Brasileira NBR-5419/05 como também por importantes Normas internacionais. Cabe mencionar que a Norma brasileira Projeto de Concreto não faz menção a este tipo de SPDA, objeto deste trabalho.

Pelos motivos aqui expostos seria providencial que a Associação Brasileira de Normas Técnicas solicitasse estudos no sentido de revisar a NBR-6118/03 a fim de que os projetistas de cálculos estruturais pudessem contar com mais este recurso durante a elaboração dos seus projetos.

12-BIBLIOGRAFIA

ABNT – NBR 5419/2000. Proteção de edificações contra descargas atmosféricas.

ANDRADE, Carmen. **Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras**. São Paulo: Pini, 1992.

ANDREOLLO, Francisco R. **Notas técnica para controle e inspeção do concreto. Foz do Iguaçu: Itaipu Binacional**, 1976.

ASSIS, J.P.; CAMARGO, J.T., FERNANDES, J.C.; CARMO, R.M.; LIMA, S.T.; CARVALHO, W.F. : **”Relâmpagos atmosféricos”**. São José dos Campos, SP, setembro 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO, ABRACO. **Inibidores de corrosão**. Disponível em <http://www.abraco.org.br/corros20.htm>. Acessado 14 /10 /09.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: **Projeto e execução de obras de concreto armado**. Rio de Janeiro, 2003.

BALLAROTTI, M. G. **Estudo de relâmpago nuvem-solo através de câmera rápida**. São José dos Campos. 140p. (Não publicada). Dissertação (Mestrado em Geofísica), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2005

CÁNOVAS, Fernández M. **Patologia e terapia do concreto armado**. São Paulo: Pini, 1988.

CASCUDO, Oswaldo. **O controle da corrosão de armaduras em concreto: inspeção e técnicas eletroquímicas**. São Paulo: Pini, 1997.

CAVALIN, G; CERVELIM, S. **Instalações elétricas prediais**. 10. ed. São Paulo: ÉRICA, 2004, 387 p.

CLAUSEN, W.; FACCIANI, M.; RAIZER, A. L.; COELHO, V. **Nova técnica de aterramento para sistemas de distribuição de energia**. Revista Eletricidade Moderna, nº 381, pp 110/125. Dezembro/2005.

COPEL. **Manual de Aterramento**. Departamento de linhas de transmissão. Curitiba, 1990.

COTRIM, Ademaro A. M. B. **Instalações elétricas**. 4.ed. São Paulo: Printece Hall, 2003. 678p.

CPFL - Cliente BT - **Fornecimento em tensão secundária de distribuição - GED 13.pdf**

CPFL - **Fornecimento de energia elétrica a edifícios de uso coletivo - GED 119.pdf**

CREDER, Hélio **Instalações elétricas**. 14.ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2002. 480p.

DER/PR. **Obras de arte especiais: Estrutura de concreto armado**. Departamento de Estradas e Rodagem do Estado do Paraná: agosto 2005. Disponível em: http://www.pr.gov.br/derpr/pdf/PDF/pdf_OAE/ES-OA08-05EstruturasConcretoArmado.pdf.

Acessado em: 02/ ago/ 2006.

EIJI, H.; Burani, G.F., Geraldo Francisco. **Emendas em ferragens para proteção contra descargas atmosféricas**. Eletricidade Moderna, v. 33, n.373, p.54 – 64, Abr.2005.

FERRAZ, E.C. **Medidas de corrente contínua em raios nuvem-solo negativos naturais no Brasil: Desenvolvimento de instrumentação e primeiros resultados**. INPE-15786-TDI/1529. Disponível em <http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2009/06.29.19.40>, acessado em 10/01/10.

FIGUEIREDO, Enio J. P. **Fatores determinantes da iniciação e propagação da corrosão da armadura do concreto**. São Paulo: Escola Politécnica Universidade São Paulo, 1993.

FILHO R. B.S., Gin R. B. B., Bianchi R.A. C. **Sistema de visão omnidirecional para o monitoramento de descargas atmosféricas**, 2005

GIAMMUSSO, Salvador E. **Manual do concreto**. São Paulo: Pini, 1992.

GIN, R.B.B.: “Estudo das Características dos relâmpagos nuvem-solo em Minas Gerais no Verão de 1993”. INPE, São José dos Campos, SP, 1997.

GOMES, Antônio W. M. **Inibidores naturais de corrosão extraídos em vegetais tropicais**. 1999. Monografia (Tese Doutorado). Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1999.

GRUPPIONI H.C.P.&JÚNIOR J.R.V.M.& RADE R.S.L.-**Avaliação do método da impedância para detecção de falhas em uma viga de alumínio –cobre**. 16° POSMEC-UFU-2006, pág 02.

HELENE, Paulo. **Manual de reparo, proteção e reforço de estruturas de concreto armado**. Rede Rehabilitar. São Paulo: Degussa, 2003.

HELENE, P. R. L. **Corrosão de armadura para concreto armado: pós-graduação em engenharia civil**. São Paulo: Epusp, 1984.

HELENE, P. R. L. **Corrosão em armaduras para concreto armado**. São Paulo: PINI, 1986.

IRIBARNE, J.V.; CHO, H.R.: “**Atmospheric physics**”. Dordrecht, D. Reidel, 1980.

KINDERMAN, G. **Aterramento Elétrico**. 4° ed., Editora Sagra – DC Luzzatto, Porto Alegre, 1992.

KINDERMAN, G. **Proteção contra descargas atmosféricas em estruturas edificadas**, 1° ed., Editora Sagra – DC Luzzatto, Porto Alegre, 1995.

Lessons in Electric Circuits, vol.II-AC-Kuphaldt Tony R., Sixth Edition, 2007, page 64.

LIMA, Rosele C. **Avaliação da eficiência de inibidores de corrosão em reparo de estruturas de concreto**. Monografia (Mestrado, trabalho de conclusão de curso). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

MEDEIROS, Marcelo H. F., MONTEIRO, Eliana B. **Utilização do nitrito de sódio como inibidor de corrosão em estrutura de concreto armado sujeitas a ação dos íons de cloretos**. Artigo. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto – estrutura, propriedades e materiais**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1994.

MOLION, L.C.B. **Aquecimento global, El Niños, manchas solares, vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico**. Revista Climanálise, Agosto de 2005, disponível em <http://www6.cptec.inpe.br/revclima/revista>

NACCARATO, K. P. **Análise das Características dos relâmpagos na região Sudeste do Brasil. São José dos Campos**. Tese (Doutorado em Geofísica Espacial), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2005.

OLIVEIRA S. B, MOLION L.C.B, VEIGA J. E. , E VALE P.M. **Aquecimento Global - Frias Contendas Científicas** -Editora Senac, São Paulo, 2008 , 2008. p.55-83.

OLIVEIRA, Manuela Q. **Estudo da Eficiência dos Silanos Aplicados em Estruturas de Concreto Armado com Corrosão de Íons Cloreto**. Pernambuco: Escola Politécnica de Pernambuco, 2005.

RATTMANN, Karla R. **Avaliação do desempenho de inibidores de corrosão de armaduras do concreto**. 2005. Monografia (Mestrado, trabalho de conclusão de curso). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2005.

RECUPERAR, Revista. **Problemas sobre corrosão de armaduras**. Disponível em: <http://www.recuperar.com.br/meuproblema.htm>. Acessado 16 /06 /06.

Revista Ciências do Ambiente On-Line Agosto, 2006 Volume 2, Número 2

SIKA. **Manual técnico**. São Paulo: 2005.

SILVA, Paulo F. A. **Durabilidade das estruturas de concreto aparente em atmosfera urbana**. São Paulo: Pini, 1995.

SILVA N.P., Francisco A.C., Kovalski J.L., Köpp F.M., Thomaz M.S.(UTFPR) - **Análise dos custos causados pelas descargas atmosféricas: um estudo de caso em uma empresa de energia elétrica do sul do Brasil**, 2008

SOUZA, K. T. **Resistência e potenciais elétricos para um aterramento situado na primeira camada considerando o solo com qualquer número de camadas**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Fevereiro, 2003.

SUETA, Hélio Eiji; BURANI, Geraldo Francisco. **Emendas em ferragens para proteção contra descargas atmosféricas**. Eletricidade Moderna, v. 33, n.373, p.54 – 64, Abr.2005.

SUETA, PINTO JR., O. & PINTO, I. R. C. A. **Tempestades e relâmpagos no Brasil**. São José dos Campos, SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2000.
ein transmission systems . Donver Publications, inc., New York, 1968.

THOMAZ, Ercio. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: Pini, 1989

UMAN, M.A. **All about lightning**. New York, Dover, 1987.

VDE- <http://www.vde.com/de/Institut/Seiten/Homepage.aspx>, acessado em 10/01/2010.

VEYRET, Yvette. **Os riscos – o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2007.

VISACRO, S. F. **Aterramentos elétricos: conceitos básicos, técnicas de medição e instrumentação, filosofia de aterramento.** São Paulo, Artlizer Editora, 2002.

VOLLAND, H. **Quasi electrostatic fields within the atmosphere. In: Handbook of atmospheric.** Florida, CA, CRC, 1982, v.1.

WILLIAMS, Earle. **A contribuição do Brasil para o circuito elétrico global.** Palestra ministrada no Centro Universitário

13–ANEXOS

ANEXO 1-Definições

1-Descarga atmosférica: Descarga elétrica de origem atmosférica entre uma nuvem e a terra ou entre nuvens, consistindo em um ou mais impulsos de vários quiloampères.

2-Raio: Um dos impulsos elétricos de uma descarga atmosférica para a terra.

3-Ponto de impacto: Ponto onde uma descarga atmosférica atinge a terra, uma estrutura ou o sistema de proteção contra descargas atmosféricas.

NOTA Uma descarga atmosférica pode ter vários pontos de impacto.

4-Volume a proteger: Volume de uma estrutura ou de uma região que requer proteção contra os efeitos das descargas atmosféricas conforme esta Norma.

5-Sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA): Sistema completo destinado a proteger uma estrutura contra os efeitos das descargas atmosféricas. É composto de um sistema externo e de um sistema interno de proteção.

É importante frisar que os casos particulares, o SPDA pode compreender unicamente um sistema externo ou interno.

6-Sistema externo de proteção contra descargas atmosféricas: Sistema que consiste em subsistema de captores, subsistema de condutores de descida e subsistema de aterramento.

7-Sistema interno de proteção contra descargas atmosféricas: Conjunto de dispositivos que reduzem os efeitos elétricos e magnéticos da corrente de descarga atmosférica dentro do volume a proteger.

8-ligação equipotencial: Ligação entre o SPDA e as instalações metálicas, destinada a reduzir as diferenças de potencial causadas pela corrente de descarga atmosférica.

9-Subsistema captor (ou simplesmente captor): Parte do SPDA destinada a interceptar as descargas atmosféricas.

10-Subsistema de descida: Parte do SPDA destinada a conduzir a corrente de descarga atmosférica desde o subsistema captor até o subsistema de aterramento.

11-Subsistema de aterramento: Parte do SPDA destinada a conduzir e a dispersar a corrente de descarga atmosférica na terra.

Em solos de alta resistividade, as instalações de aterramento podem interceptar correntes fluindo pelo solo, provenientes de descargas atmosféricas ocorridas nas proximidades.

12-eletrodo de aterramento: Elemento ou conjunto de elementos do subsistema de aterramento que assegura o contato elétrico com o solo e dispersa a corrente de descarga atmosférica na terra.

13-Eletrodo de aterramento em anel: Eletrodo de aterramento formando um anel fechado em volta da estrutura.

14- Eletrodo de aterramento de fundação: Eletrodo de aterramento embutido nas fundações da estrutura.

15- Resistência de aterramento de um eletrodo: Relação entre a tensão medida entre o eletrodo e o terra remoto e a corrente injetada no eletrodo.

16-Tensão de eletrodo de aterramento: Diferença de potencial entre o eletrodo de aterramento considerado e o terra de referência.

17-Terra de referência (de um eletrodo de aterramento): Região na terra, suficientemente afastada do eletrodo considerado, na qual a diferença de potencial entre dois pontos quaisquer, causada pela corrente nesse eletrodo, é desprezível.

18-Componente natural de um SPDA: Componente da estrutura que desempenha uma função de proteção contra descargas atmosféricas, mas não é instalado especificamente para este fim.

Seguem, os exemplos dos componentes naturais:

a) coberturas metálicas utilizadas como captores;

b) pilares metálicos ou armaduras de aço do concreto utilizadas como condutores de descida;

c) armaduras de aço das fundações utilizadas como eletrodos de aterramento.

19-Instalações metálicas: Elementos metálicos situados no volume a proteger, que podem constituir um trajeto da corrente de descarga atmosférica, tais como estruturas, tubulações, escadas, trilhos de elevadores, dutos de ventilação e ar-condicionado e armaduras de aço interligadas.

20- Massa (de um equipamento ou instalação): Conjunto das partes metálicas não destinadas a conduzir corrente, eletricamente interligadas, e isoladas das partes vivas, tais como invólucros de equipamentos elétricos.

21-Ligação equipotencial (BEP): Barra condutora onde se interligam ao SPDA as instalações metálicas, as massas e os sistemas elétricos de potência e de sinal.

22- Condutor de ligação equipotencial: Condutor de proteção que assegura uma ligação equipotencial.

23-Armaduras de aço (interligadas): Armaduras de aço embutidas numa estrutura de concreto, que asseguram continuidade elétrica para as correntes de descarga atmosférica.

24- Centelhamento perigoso: Descarga elétrica inadmissível, no interior ou na proximidade do volume a proteger, provocada pela corrente de descarga atmosférica.

25-Distância de segurança: Distância mínima entre dois elementos condutores no interior do volume a proteger, que impede o centelhamento perigoso entre eles.

26- Dispositivo de proteção contra surtos - DPS: Dispositivo que é destinado a limitar sobretensões transitórias.

27- Conexão de medição: Conexão instalada de modo a facilitar os ensaios e medições elétricas dos componentes de um SPDA.

28-SPDA externo isolado do volume a proteger: SPDA no qual os subsistemas de captadores e os condutores de descida são instalados suficientemente afastados do volume a proteger, de modo a reduzir a probabilidade de centelhamento perigoso.

29- SPDA externo não isolado do volume a proteger: SPDA no qual os subsistemas de captadores e de descida são instalados de modo que o trajeto da corrente de descarga atmosférica pode estar em contato com o volume a proteger.

30-Estruturas comuns: Estruturas utilizadas para fins comerciais, industriais, agrícolas, administrativos ou residenciais.

31- Nível de proteção: Termo de classificação de um SPDA que denota sua eficiência. Este termo expressa a probabilidade com a qual um SPDA protege um volume contra os efeitos das descargas atmosféricas.

32-Estruturas especiais: Estruturas cujo tipo de ocupação implica riscos confinados, ou para os arredores, ou para o meio ambiente, conforme definido nesta Norma, ou para as quais o SPDA requer critérios de proteção específicos.

33- Estruturas (especiais) com risco confinado: Estruturas cujos materiais de construção, conteúdo ou tipo de ocupação tornam todo ou parte do volume da estrutura vulnerável aos efeitos perigosos de uma descarga atmosférica, mas com os danos se restringindo ao volume próprio da estrutura.

34-Estruturas (especiais) com risco para os arredores: Estruturas cujo conteúdo pode ser perigoso para os arredores, quando atingidas por uma descarga atmosférica, tais como depósitos de explosivos ou de líquidos inflamáveis.

35- Estruturas (especiais) com risco para o meio ambiente: Estruturas que podem causar emissões biológicas, químicas ou radioativas em consequência de uma descarga atmosférica.

36- Estruturas (especiais) diversas: Estruturas para as quais o SPDA requer critérios de proteção específicos.

37- Risco de danos: Expectativa de danos anuais médios (de pessoas e bens), resultantes de descargas atmosféricas sobre uma estrutura.

38- Frequência de descargas atmosféricas (Nd): Frequência média anual previsível de descargas atmosféricas sobre uma estrutura.

39-Frequência provável (Ndc) de descargas atmosféricas: Frequência média anual previsível de descargas atmosféricas sobre uma estrutura, após aplicados os fatores de ponderação das tabelas B.1 a B.5.

40-Frequência admissível (Nc) de danos: Frequência média anual previsível de danos, que pode ser tolerada por uma estrutura.

41-Eficiência de interceptação (Ei): Relação entre a frequência média anual de descargas atmosféricas interceptadas pelos captosres e a frequência (Ndc) sobre a estrutura.

42- Eficiência de dimensionamento (Es): Relação entre a frequência média anual de descargas atmosféricas interceptadas sem causar danos à estrutura e a frequência (Ndc) sobre a estrutura.

43- Eficiência de um SPDA (E): Relação entre a frequência média anual de descargas atmosféricas que não causam danos, interceptadas ou não pelo SPDA, e a frequência (Ndc) sobre a estrutura.

44-Conductor de aterramento: Conductor que interliga um eletrodo de aterramento a um elemento conductor não enterrado, que pode ser uma descida de pára-raios, o BEP ou qualquer estrutura metálica.

45- Ponto quente: Aquecimento em uma chapa no lado oposto ao ponto de impacto e suscetível de causar inflamação de gases ou vapores em áreas classificadas.

46- Desastre: Resultado de evento adverso, natural ou provocado pelo homem, sobre um ecossistema vulnerável, causando danos humanos, materiais e ambientais e conseqüentes prejuízos econômicos e sociais.

Do estudo da definição, conclui-se que:

- desastre não é o evento adverso, mas a consequência do mesmo;

- a intensidade do desastre é medida em função da grandeza dos danos e prejuízos provocados.

Para que exista desastre, é necessário que:

- ocorra um evento adverso de magnitude suficiente para produzir danos e prejuízos;
- o ecossistema seja vulnerável aos efeitos do evento adverso;
- da interação entre os efeitos físicos, químicos e/ou biológicos do evento adverso e os corpos receptores existentes no sistema vulnerável, resultem danos ou prejuízos mensuráveis.

Na definição de desastre, aceita internacionalmente, não existe nenhuma idéia restritiva sobre a condição de que o desastre deva ocorrer de forma súbita.

47- Evento adverso: Acidente ou acontecimento prejudicial ou funesto.

Um acidente ou evento adverso pode provocar efeitos físicos, que podem ser mecânicos ou irradiantes, químicos e/ou biológicos.

São os efeitos dos eventos que, atuando sobre os corpos receptores, provocam danos ou lesões.

48- Dano: Medida que define a intensidade ou severidade da lesão resultante de um acidente ou evento adverso.

Perda humana, material ou ambiental, física ou funcional, que pode resultar, caso seja perdido o controle sobre um risco.

49-Medicina de Desastres

Departamento de Minimização de Desastres - SEDEC/MI 5

Intensidade das perdas humanas, materiais ou ambientais induzidas às pessoas, comunidades, instalações, instituições e ecossistemas, como consequência de um desastre.

Os danos materiais são aqueles que ocorrem na propriedade pública ou privada, como: destruição ou danificação de habitações, colégios, instalações de saúde e outros.

Os danos ambientais dizem respeito a processo de degradação da natureza, que pode ser reversível ou irreversível.

Os danos ou perdas humanas são mortos, feridos graves, feridos leves, enfermos, mutilados, desalojados, desabrigados, deslocados, carentes de água e de alimentos e desaparecidos.

ANEXO 2- Notas e Detalhamentos do Projeto de SPDA estrutural (descida natural).

NOTAS PARA O SISTEMA ESTRUTURAL SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS ESTRUTURAL

- 1- PARA QUE ESTE SISTEMA SEJA EXECUTADO COM SUCESSO E COM O MENOR CUSTO POSSÍVEL, DEVERÁ SER INICIADO JUNTO COM A FUNDAÇÃO DA EDIFICAÇÃO SENDO IMPORTANTE O ACOMPANHAMENTO DE PESSOA RESPONSÁVEL PELA OBRA, PARA CONFERIR A PRESENÇA DA BARRA NOS PILARES E FUNDAÇÃO, O TRANSPASSE DE 20 CM E A INTERLIGAÇÃO DAS FERRAGENS DOS PILARES COM AS FERRAGENS DAS LAJES.
- 2- A INSTALAÇÃO DAS BARRAS E LIGAÇÕES ENTRE PILARES E LAJES DEVERÁ SER EXECUTADA PELA CONSTRUTORA DURANTE A CONCRETAGEM DA ESTRUTURA. A CAPTAÇÃO E A EQUALIZAÇÃO DE POTENCIAIS PODERÁ SER EXECUTADA POR EMPRESA ESPECIALIZADA A QUAL DEVERÁ EMITIR RELATÓRIO TÉCNICO DOS SERVIÇOS EXECUTADOS E ART JUNTO AO CREA.
- 3- EM TODOS OS PILARES DO CORPO DO PRÉDIO (TORRE VERTICAL) DEVERÃO SER INSTALADAS BARRAS GALVANIZADAS A FOGO DENOMINADA "RE-BAR" REF. TEL - 760, TRANSPASSADAS DE 20CM, CONECTADAS COM 3 CLIP'S GALVANIZADOS REF. TEL - 5238 (VER DETALHE).
- 4- EM CADA PILAR DA TORRE DO PRÉDIO DEVERÁ SER INSTALADA 1 BARRA, SENDO QUE NOS PILARES EXTERNOS DEVERÁ SER LOCALIZADA NA FACE MAIS EXTERNA, PORÉM DENTRO DO ESTRIBO, E NOS PILARES INTERNOS PODERÁ SER INSTALADA EM QUALQUER POSIÇÃO, SEMPRE FIXADA NOS ESTRIBOS POR ARAME TORÇIDO. (VER DETALHE)
- 5- NO ENCONTRO DAS FERRAGENS DA LAJE COM OS VERGALHÕES LONGITUDINAIS DOS PILARES, DEVERÁ SER FEITA UMA INTERLIGAÇÃO ATRAVÉS DE FERRO DE CONSTRUÇÃO ϕ 3/8" (10mm) TRANSPASSADO EM 20CM NA VERTICAL E NA HORIZONTAL EM FORMATO DE "L" (VER DETALHE), SENDO INTERLIGADO EM PRIMEIRO LUGAR NA BARRA DO SPDA "RE-BAR" E AS DEMAIS FERRAGENS DO PILAR, UMA SIM, UMA NÃO, EM POSIÇÕES ALTERNADAS.
- 6- OS PROCEDIMENTOS ACIMA SE REPETEM EM TODOS OS PILARES E EM TODAS AS LAGES. NA ÚLTIMA LAJE, ONDE OS PILARES QUE IRÃO MORRER, AS "RE-BARS" DEVERÃO SER INTELIGADAS NA HORIZONTAL, AOS PILARES MAIS PRÓXIMOS QUE IRÃO SUBIR PARA A CASA DE MÁQUINAS OU CAIXA D'ÁGUA, DE MODO QUE HAJA UMA CONTINUIDADE DE TODOS OS PILARES DESDE A FUNDAÇÃO ATÉ O PONTO MAIS ALTO DA EDIFICAÇÃO.
- 7- NOS LOCAIS ONDE NÃO EXISTE ACESSO AO PÚBLICO (TELHADO DA COBERTURA, LAGE DA CASA DE MÁQUINAS, TAMPA DA CAIXA D'ÁGUA), A "RE-BAR" DEVERÁ AFLORAR ACIMA DOS PARAPETOS NO MÍNIMO 30CM PARA QUE DURANTE A EXECUÇÃO DA CAPTAÇÃO ESTAS BARRAS SEJAM INTERLIGADAS NA HORIZONTAL POR CABO DE COBRE Nº #35mm² TEL-5735, ATRAVÉS DE CONECTORES ADEQUADOS (VER DETALHE); NOS LUGARS DE ACESSO DE PESSOAS (PARAPETOS DO TELHADO) AS "RE-BAR" DEVERÃO SER DIRECIONADOS PARA O LADO EXTERNO DA EDIFICAÇÃO, NA HORIZONTAL ANTES DE CHEGAR NO NÍVEL DA SOLFIRA (PINGADURA) DE MODO A SOBRRAR 20 A 30CM. NA ETAPA DA EXECUÇÃO DA CAPTAÇÃO AS BARRAS DISTE NÍVEL DEVERÃO SER INTERLIGADAS NA HORIZONTAL PELO LADO EXTERNO DO GUARDA CORPO COM BARRA CHATA DE ALUMÍNIO REF. TEL-770 E CURVA DE ALUMÍNIO REF. TEL-779, FIXADAS POR BUCHAS E PARAFUSOS ADEQUADOS (VER DETALHE).
- 8- TODAS AS ESTRUTURAS METÁLICAS EXISTENTES NAS COBERTURAS DA EDIFICAÇÃO (ANTENAS, ESCADAS, CHAMINÉS, ETC.) DEVERÃO SER INTERLIGADOS AO PONTO MAIS PRÓXIMO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO PARA EQUALIZAÇÃO DE POTENCIAL E ESCOAMENTO DE ALGUMA POSSÍVEL DESCARGA.
- 9- DEVERÃO SER ADICIONADOS AO SISTEMA DE CAPTAÇÃO, TERMINAIS AÉREOS REF. TEL-044 COLOCADOS A CADA 6 METROS. ESSES TERMINAIS DIMINUIRÃO A PROBABILIDADE DE A MALHA CAPTORA SER DANIFICADA NOS PONTOS DE IMPACTO.
- 10- O ATERRAMENTO DESTE SISTEMA CONSISTE NA COLOCAÇÃO DE UMA "RE-BAR" DENTRO DA FUNDAÇÃO, SENDO QUE PARA CADA PILAR DA TORRE DO PRÉDIO DEVERÁ SER USADA APENAS UM ELEMENTO DA FUNDAÇÃO (ESTACA OU TUBULÃO).
- 11- NO TÉRREO E A CADA 20 METROS DE ALTURA DEVERÁ SER EXECUTADA UMA EQUALIZAÇÃO DE POTENCIAIS DE MODO A EQUALIZAR OS POTENCIAIS DO SISTEMA ELÉTRICO, TELEFÔNICO E MASSAS METÁLICAS CONSIDERÁVEIS TAIS COMO: INCÊNDIO, RECALQUE, TUBOS DE GÁS, TUBOS DE COBRE, CENTRAL DE GÁS, ETC.
- 12- PARA CERTIFICAÇÃO DA CONTINUIDADE ELÉTRICA DA ESTRUTURA DA EDIFICAÇÃO, DEVERÁ SER REALIZADO TESTE DE CONTINUIDADE ELÉTRICA ATRAVÉS DE MICRO-OHMMETRO, CONFORME ANEXO "E" DA NBR-5419/01.
- 13- O SISTEMA DEVERÁ TER UMA MANUTENÇÃO PREVENTIVA ANUAL E SEMPRE QUE ATINGIDO POR DESCARGAS ATMOSFÉRICAS, PARA VERIFICAR EVENTUAIS IRREGULARIDADES E GARANTIR A EFICIÊNCIA DO SPDA.
- 14- NÃO É FUNÇÃO DO SPDA A PROTEÇÃO DE EQUIPAMENTOS ELETRÓNICOS. PARA TAL, OS INTERESSADOS DEVERÃO ADQUIRIR SUPRESSORES DE SURTOS INDIVIDUAIS (PROTETORES DE LINHA) NAS CASAS ESPECIALIZADAS.
- 15- TODOS OS MATERIAIS ESPECÍFICOS SÃO DE FABRICAÇÃO DA TERMO-TÉCNICA IND. E COM. LTDA

NOTAS RELATIVAS AO ATERRAMENTO

SISTEMA DE ATERRAMENTO ATRAVÉS DA ESTRUTURA (ABNT - NBR 5419/1993)

1 - PARA OS PILARES (ITEM 5.1.2.5)

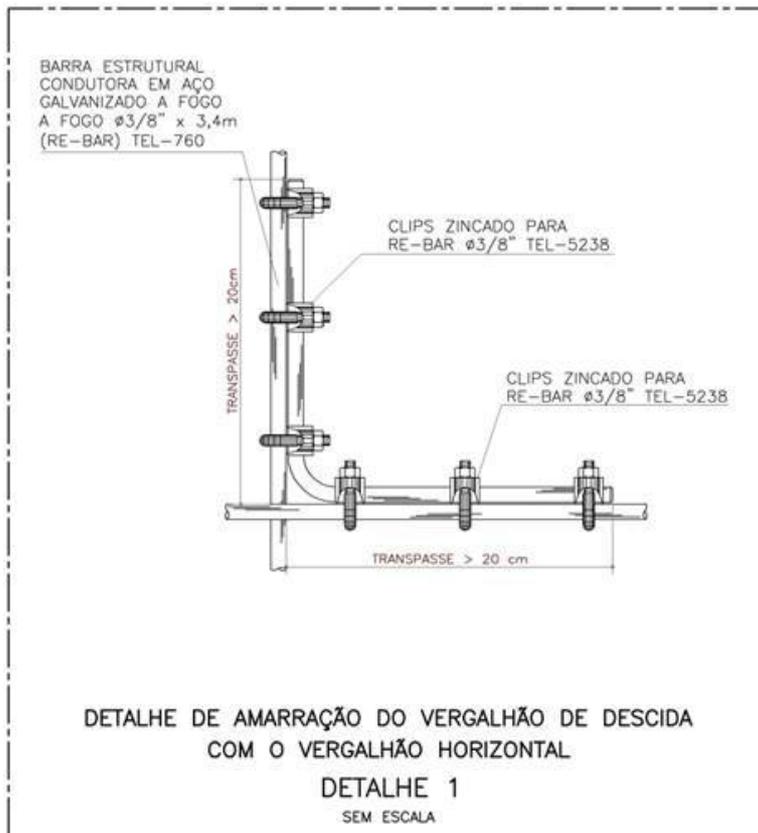
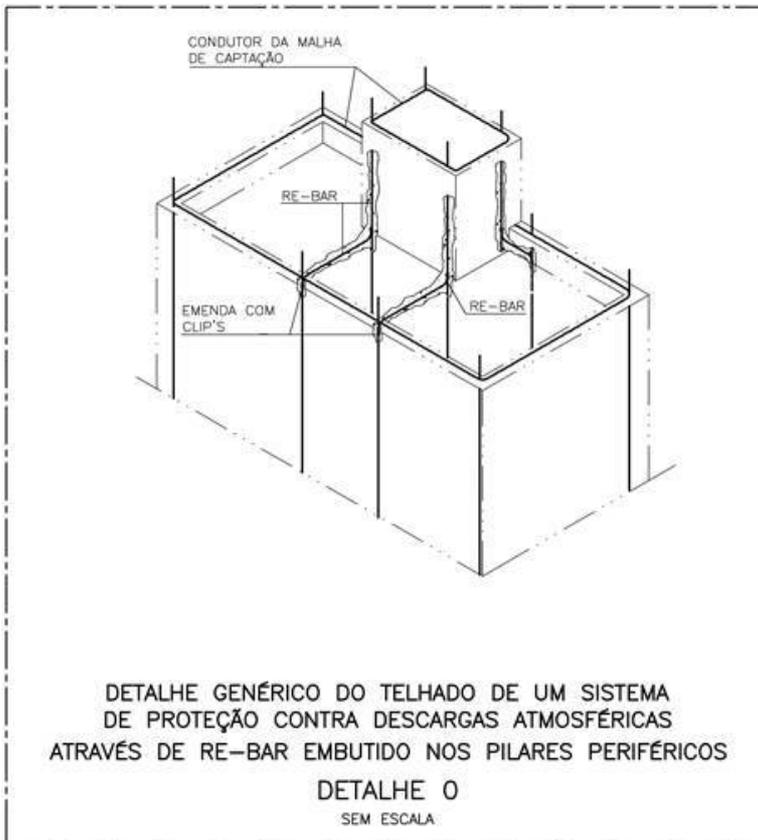
*CERCA DE, NO MÍNIMO, 50% DO CRUZAMENTO DAS BARRAS VERTICAIS DE AÇO COM AS HORIZONTAIS SEJAM FIRMEMENTE AMARRADOS COM ARAME TORÇIDO E AS BARRAS VERTICAIS SEJAM SOLDADAS OU SOBREPOSTAS POR, NO MÍNIMO, 20 VEZES SEU DIÂMETRO E FIRMEMENTE AMARRADAS COM ARAME TORÇIDO. O MESMO DEVERÁ SER FEITO ENTRE OS FERROS HORIZONTAIS DAS LAJES E OS FERROS VERTICAIS DOS PILARES.

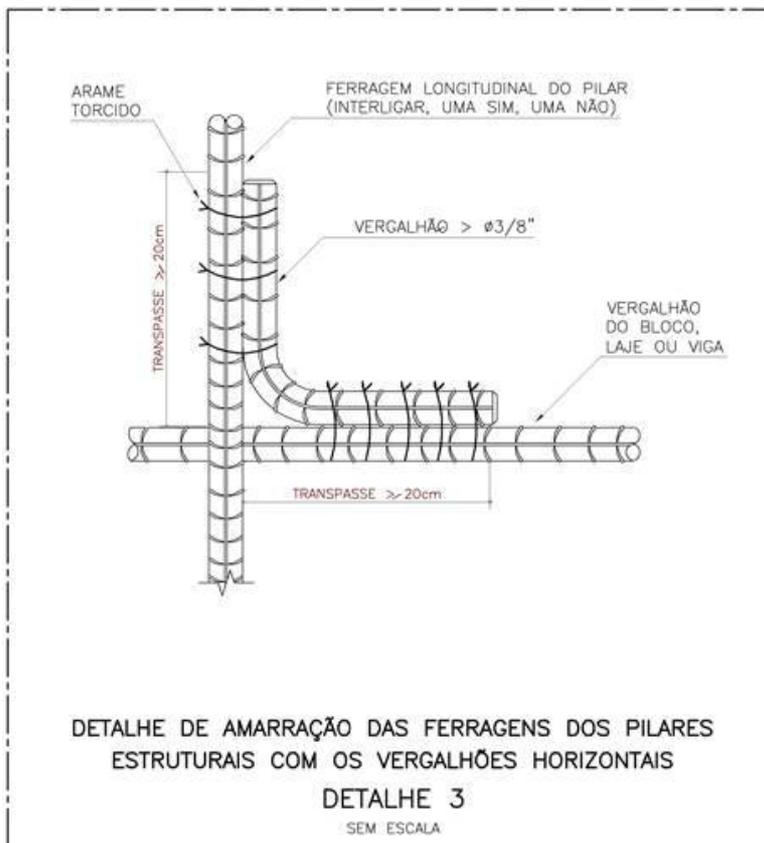
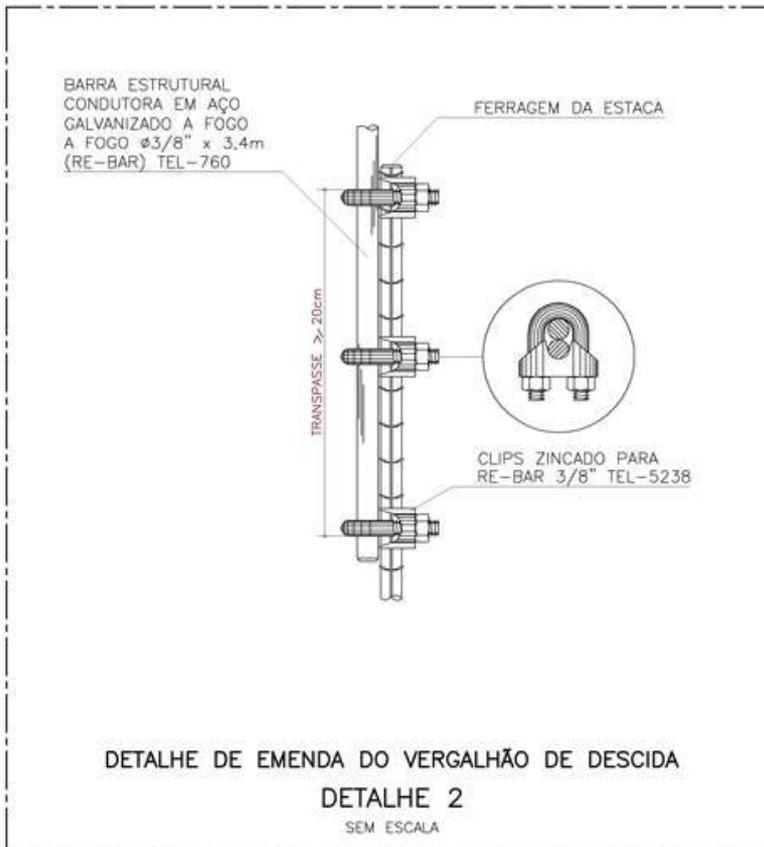
2 - PARA AS FUNDAÇÕES (ITEM 5.1.2.5)

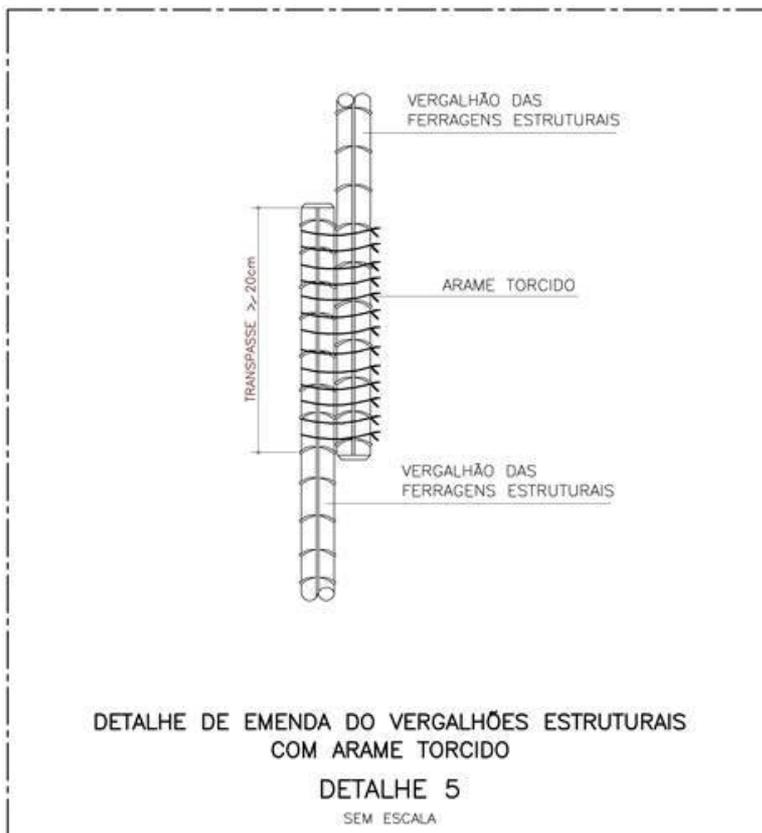
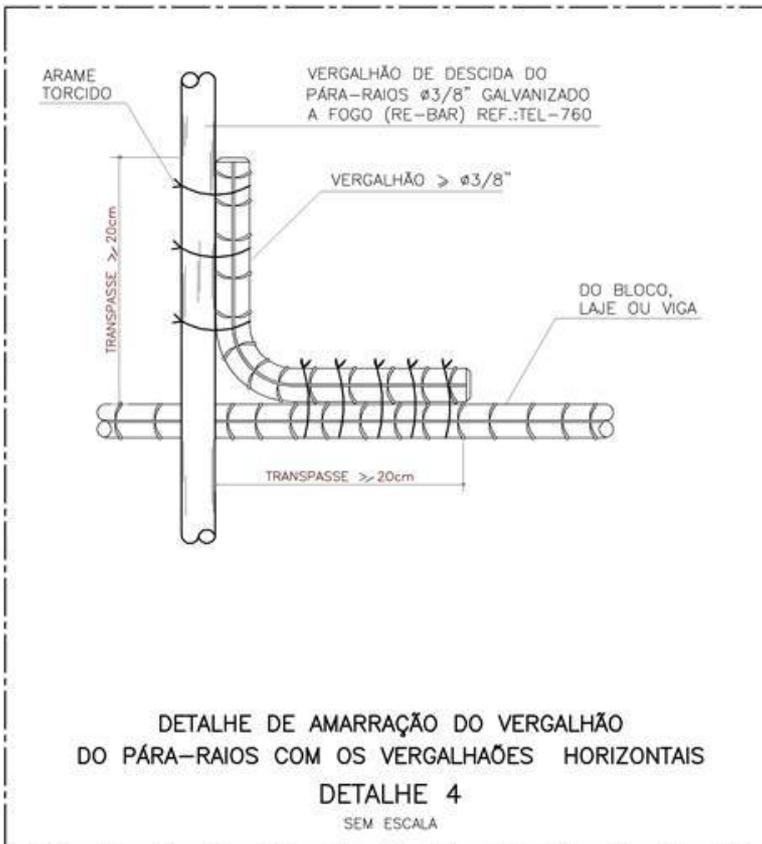
*AS ARMAÇÕES DE AÇO DAS ESTACAS DOS BLOCOS DE FUNDAÇÃO E DAS VIGAS BALDRAMES DEVEM SER SOLDADAS OU SOBREPOSTAS POR, NO MÍNIMO, 20 VEZES SEU DIÂMETRO E FIRMEMENTE AMARRADAS COM ARAME TORÇIDO.

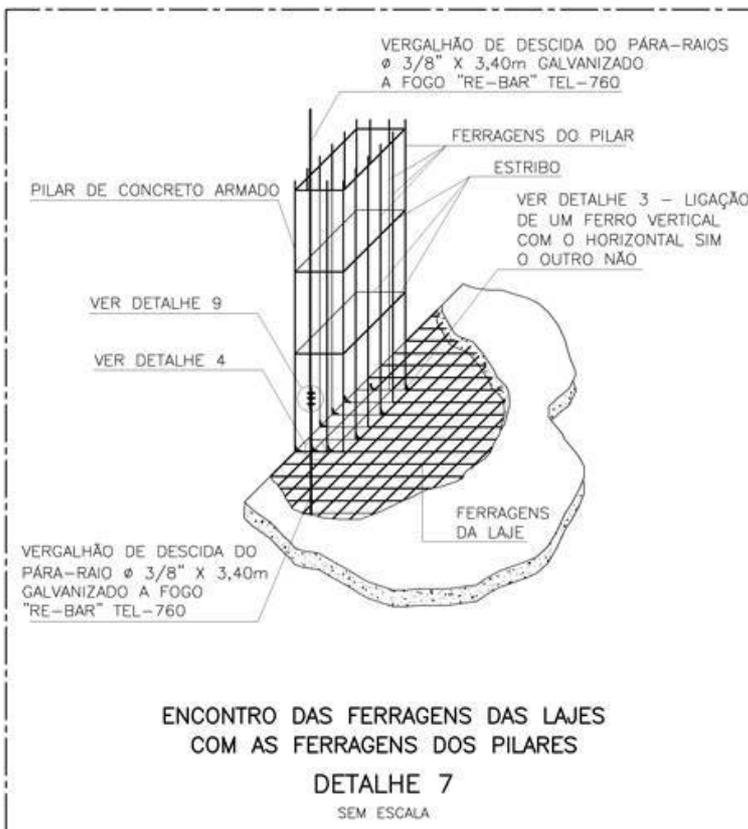
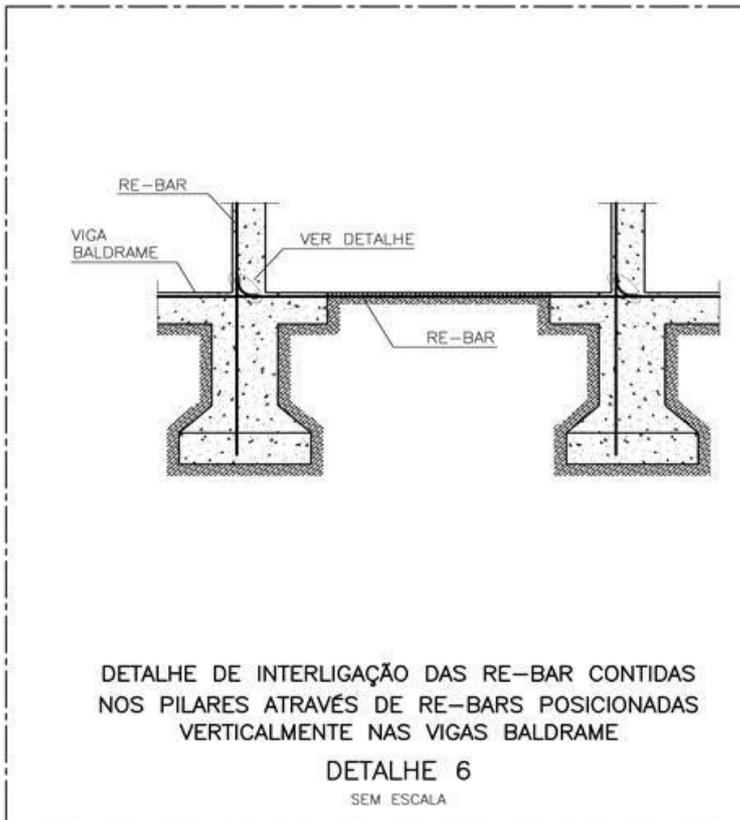
*AS ARMAÇÕES DE AÇO DAS FUNDAÇÕES DEVEM SER INTERLIGADAS COM AS ARMAÇÕES DE AÇO DOS PILARES DA ESTRUTURA, ATRAVÉS DE FIRME AMARRAÇÃO COM ARAME TORÇIDO.

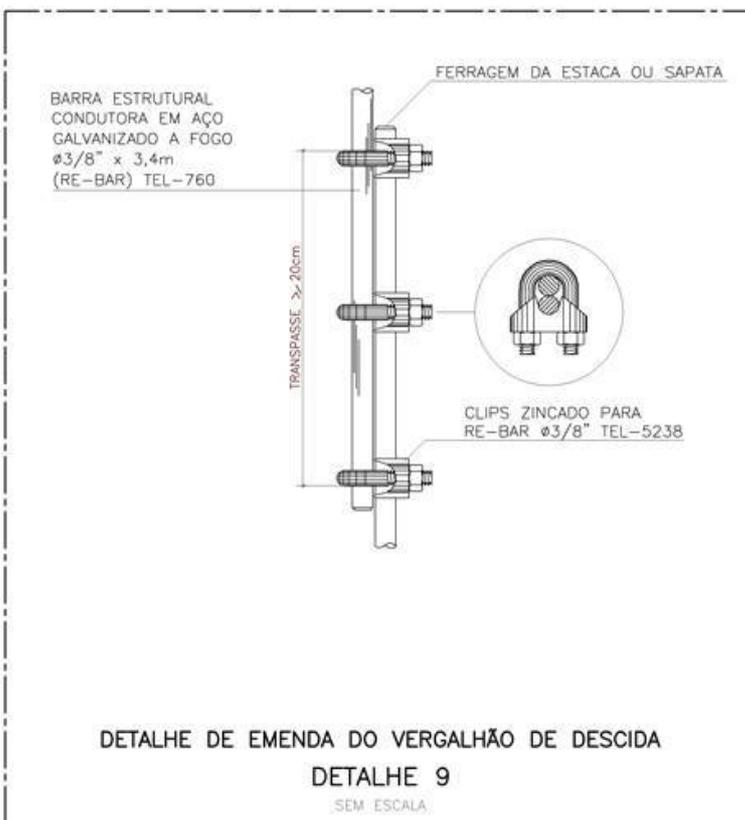
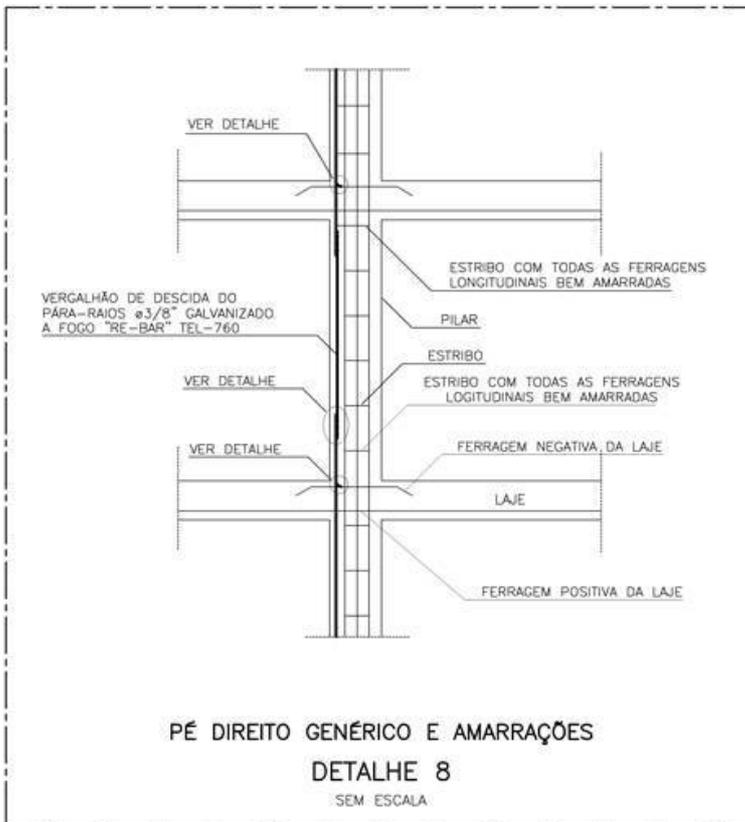
3 - O ATERRAMENTO PROPOSTO GARANTE A OBTENÇÃO DO VALOR DA RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO, PARA ATENDER A TENSÃO DE TORQUE E DE PASSO INFERIOR, OU IGLAL AO VALOR PERMISSÍVEL CONFORME NBR 5419.

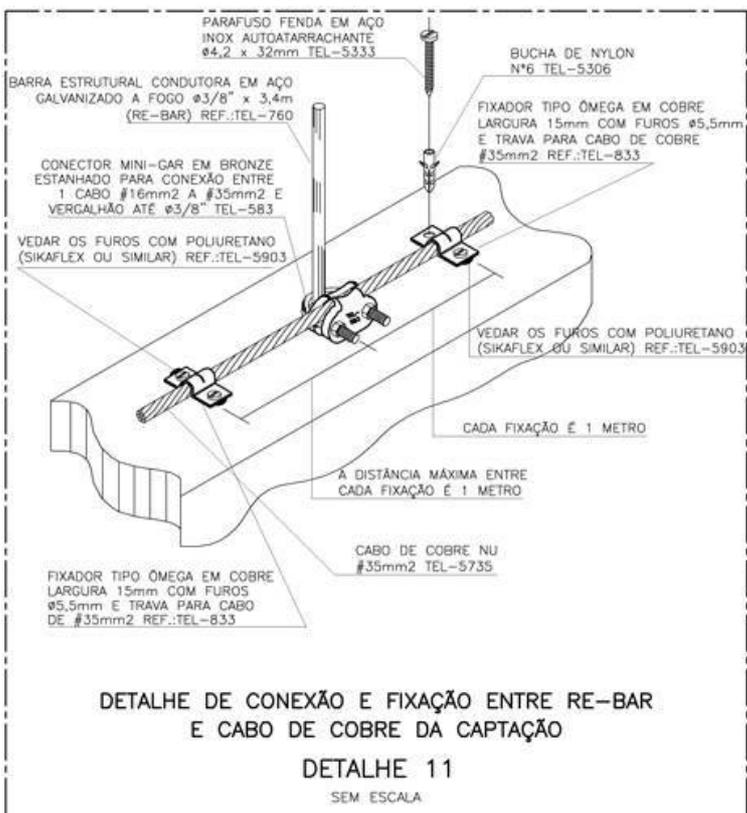
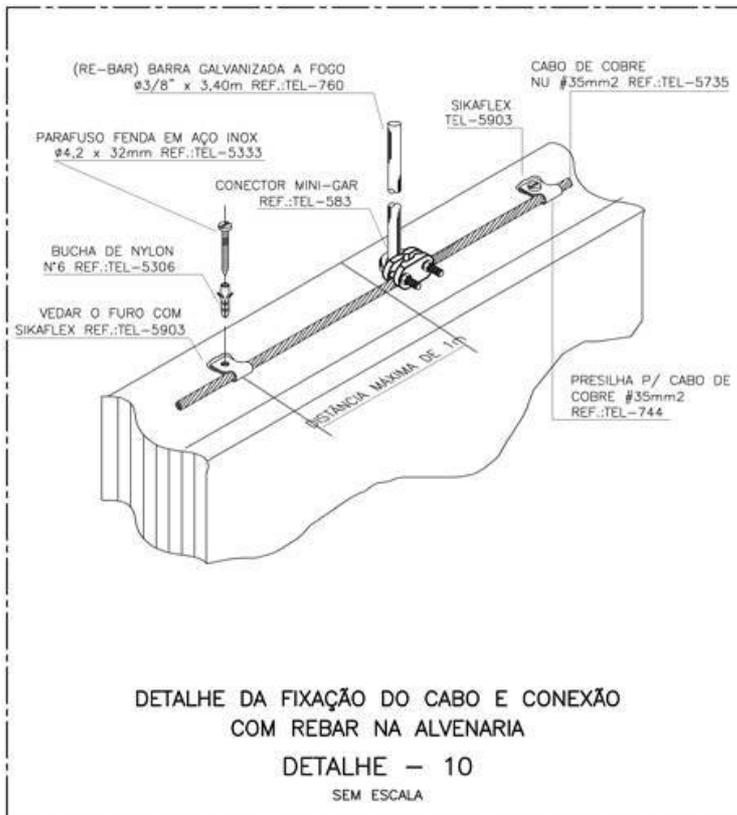


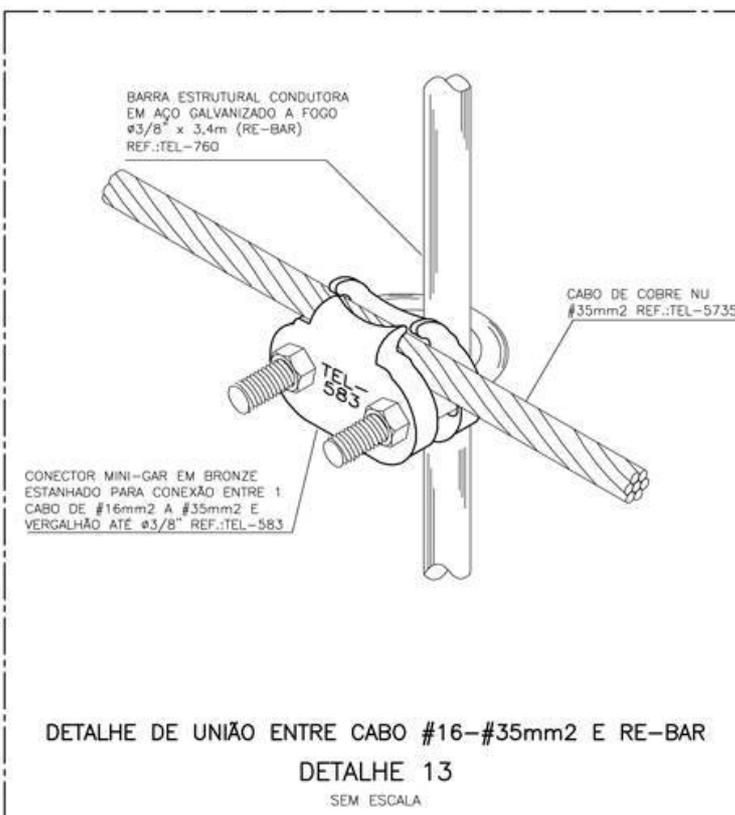
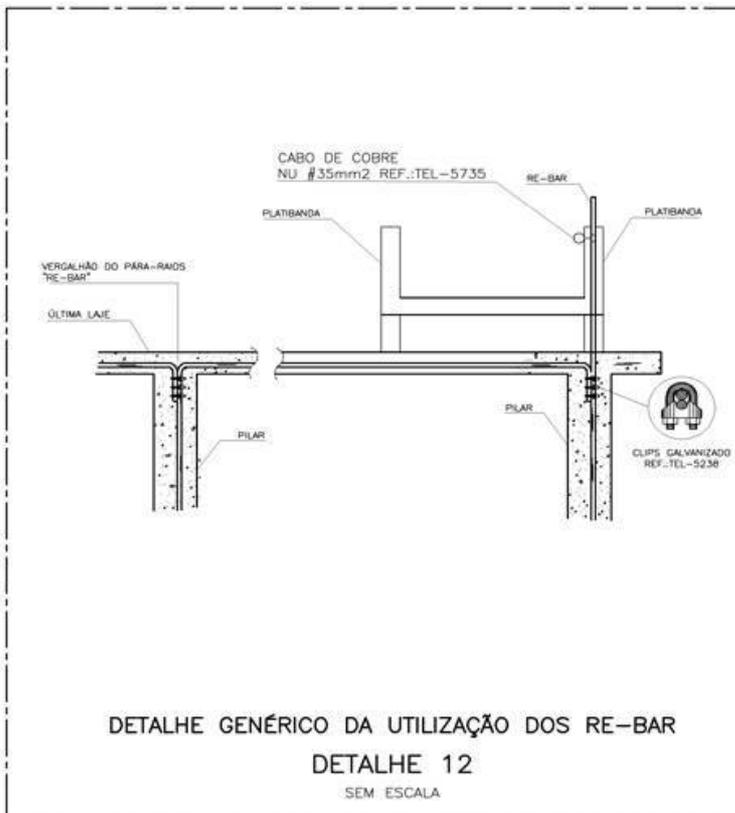


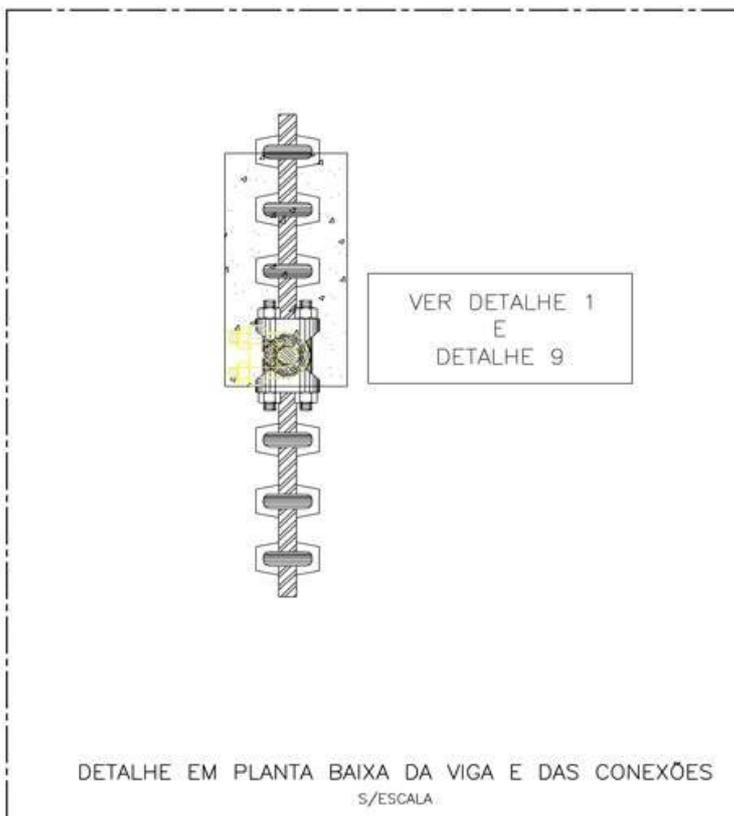
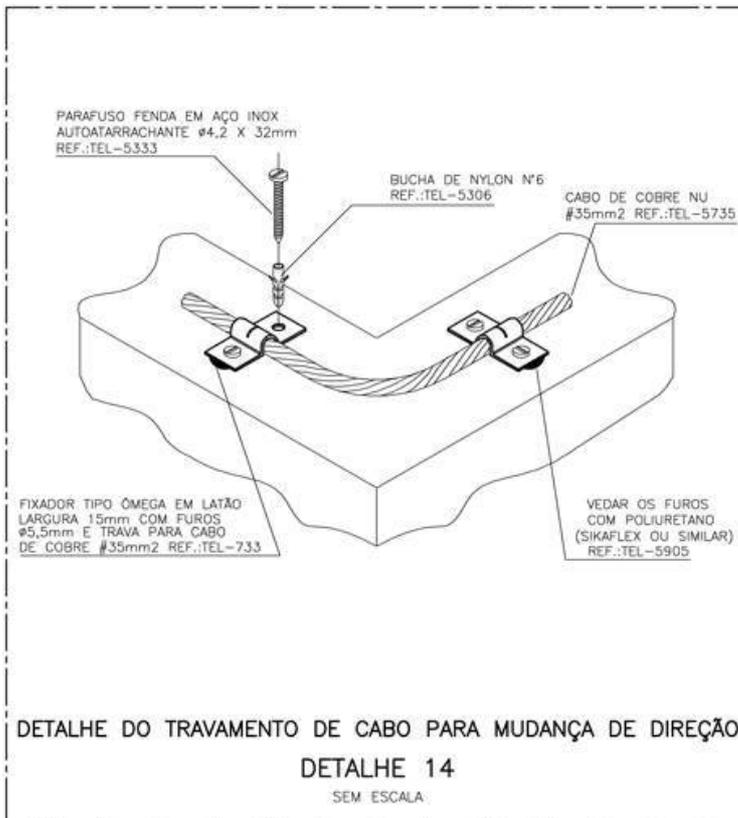


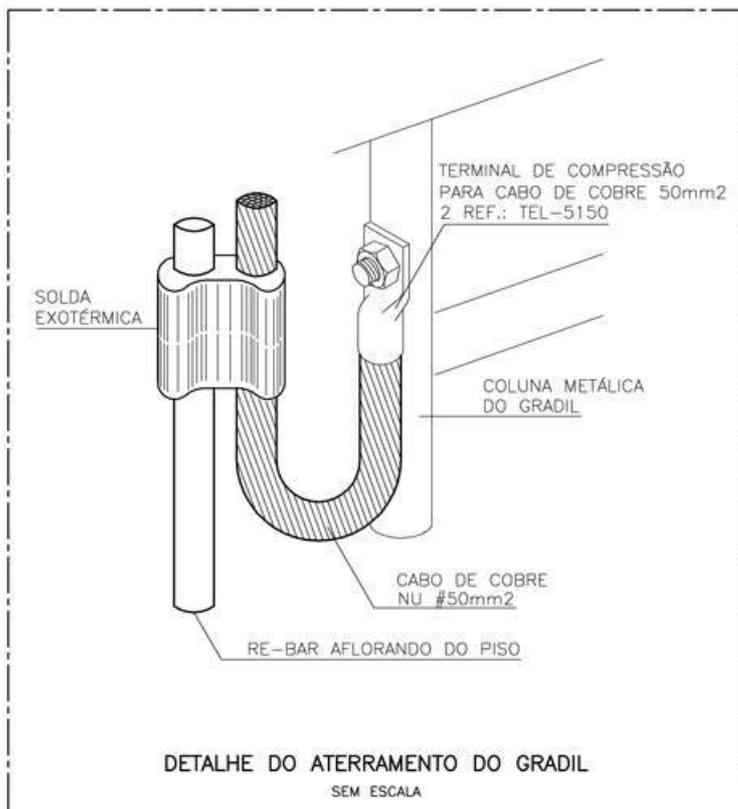
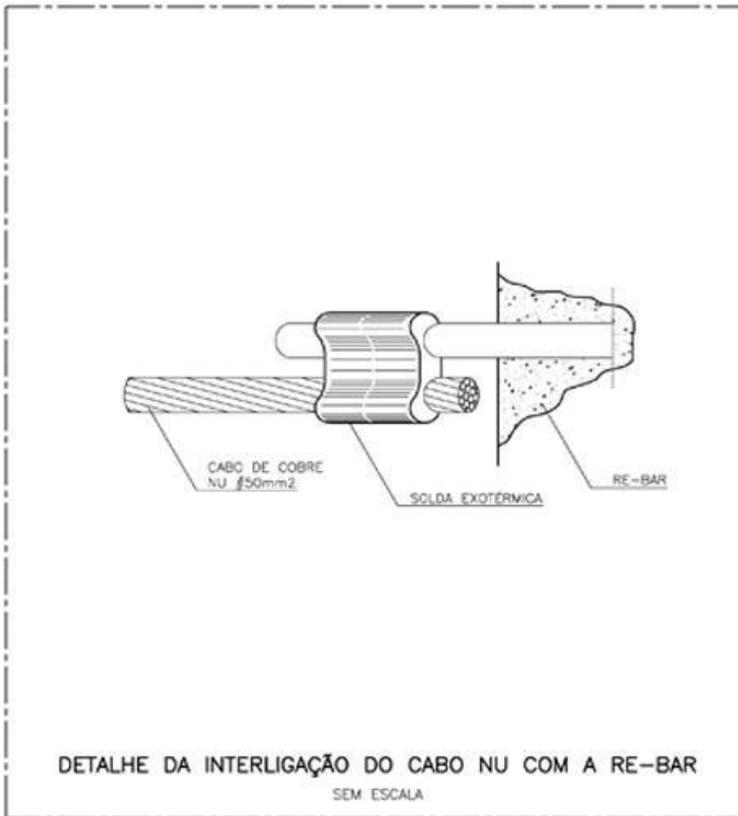


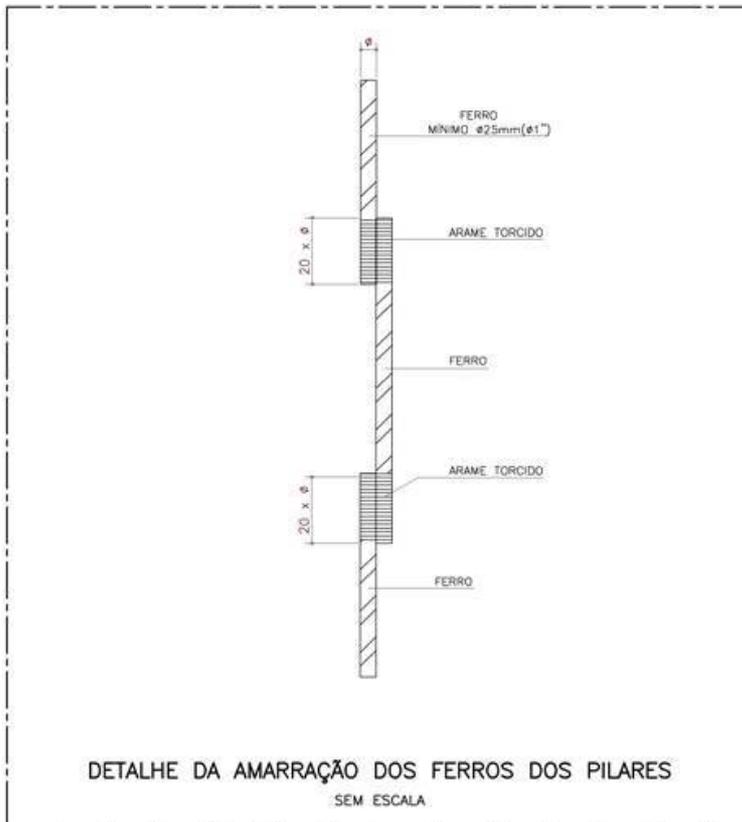












ANEXO 3-Fotografias de tipos de descargas atmosféricas.

1-Nuvem Cúmulo-nimbo(Cumulonimbus)

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Nuvem> acessada em 27/10/2009.



2-Nuvem-solo

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Nuvem> acessada em 27/10/2009.



3- Solo-nuvem

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Nuvem> acessada em 27/10/2009.



4-Intra-nuvens

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Nuvem> acessada em 27/10/2009.



5-Entre nuvens

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Nuvem> acessada em 27/10/2009.



6-Nuvem-ar

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Nuvem> acessada em 27/10/2009.



ANEXO 4- Fotografias referentes à obra de construção do Bloco A, Campus do Gragoatá, cujo SPDA está sendo desenvolvido pelo método da descida natural.

1-Placa da obra do prédio de salas de aula- Bloco A- Campus Gragoatá

Foto tirada em 06/02/2010.



2-Mostra escavação com 3 estacas concretadas no local, constituintes de um futuro bloco de 3 estacas.

Foto tirada em 06/02/2010.



3-Mostra em detalhe a marcação em vermelho da cota de arrasamento de uma estaca da foto anterior. A partir daí o bloco de coroamento será assentado.

Foto tirada em 06/02/2010.



4-Mostra um equipamento rotativo usado para perfurar o solo a uma profundidade de 20m e assim moldar *in loco* as estacas tipo raiz.

Foto tirada em 06/02/2010.



5-Mostra a armadura constituinte de um bloco de coroamento de 3 estacas.

Foto tirada em 06/02/2010.



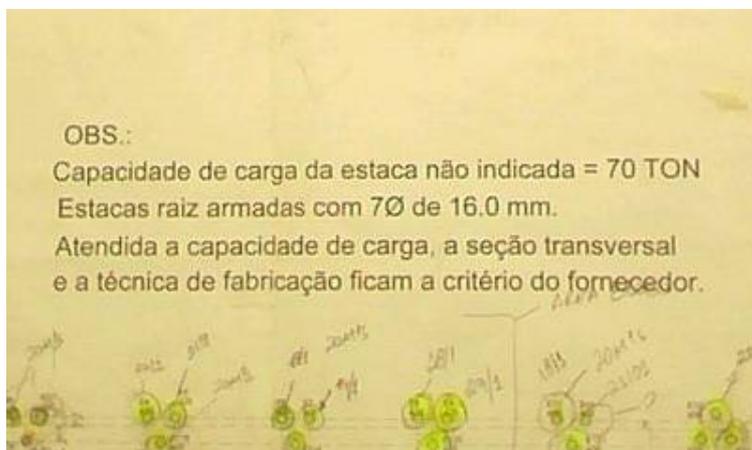
6-Mostra a execução de parte da armadura circular composta de 7 barras de aço de 16mm de diâmetro, circundada por estribos de 5mm de diâmetro, dispostos de forma helicoidal.

Foto tirada em 06/02/2010.



7-Mostra a capacidade de carga de cada estaca tipo raiz.

Foto tirada em 06/02/2010.



8-Mostra o detalhamento da ferragem da armadura principal das estacas raiz.

Foto tirada em 06/02/2010.



9- Mostra o equipamento rotativo com uma parte da armadura em meio ao concreto, inserida na abertura produzida pela perfuração do solo.

Foto tirada em 06/02/2010.



10-Mostra um segundo trecho de armadura sendo inserido no mesmo local da foto 16. Foto tirada em 06/02/2010.



11- Mostra no detalhe a fixação dos dois trechos de 8m de armadura acima referidos. segundo trecho de armadura sendo inserido no mesmo local da foto 16.

Foto tirada em 06/02/2010.



12-Mostra os corpos de prova dos concretos utilizados nas estacas já moldadas nos locais das perfurações.

Foto tirada em 06/02/2010.



13-Mostra em detalhe os corpos de prova dos concretos acima referidos, com etiqueta de identificação ostentando o nome da empresa responsável pela usinagem, localização da estaca e data de execução da moldagem.

Foto tirada em 06/02/2010.



14-Vista superior da execução das formas da infraestrutura.

Foto tirada em 13/02/2010.



15- Concretagem da infraestrutura. Observa-se detalhe da barra adicional de diâmetro 10mm erguida junto a armadura de um dos pilares.

Foto tirada em 05/03/2010.



16-Detalhe da barra adicional de diâmetro 10mm erguida junto à armadura de um dos pilares.

Foto tirada em 05/03/2010.



17-Retirada das formas e nivelamento do terreno.

Foto tirada em 30/03/2010.

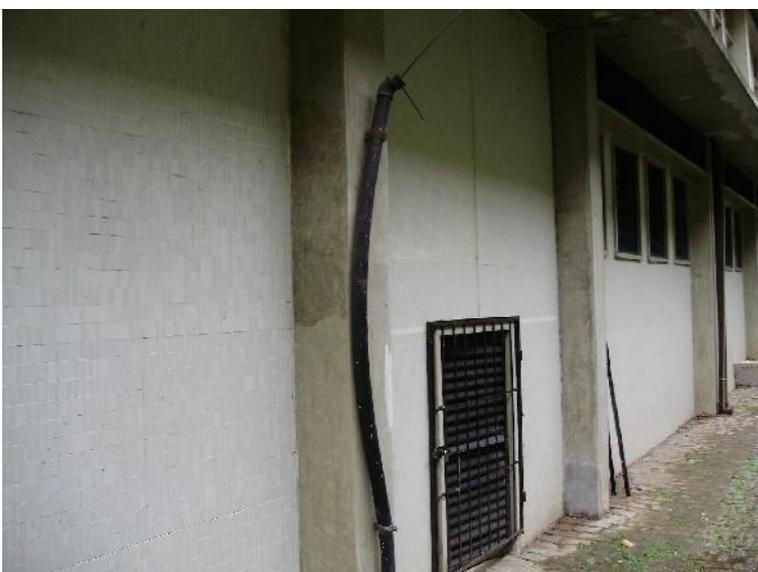


ANEXO 5-Fotografias referente às condições atuais do SPDA instalados em alguns prédios existentes na UFF.

1-Mostra o eletroduto de pvc aparente de aproximadamente 3,0m(proteção mecânica), e penetram no solo pavimentado, impossibilitando a inspeção das conexões dos cabos com as hastes de cobre, que deveriam estar protegidas por caixas de aterramento com tampa , a fim de facilitar a inspeção e manutenção, conforme fotografia abaixo referente ao bloco B
Foto tirada em 10/01/2010.



2- A foto abaixo, referente ao bloco C, mostra uma ação termoelétrica que ocorreu devido a uma descarga, pois o eletroduto e o cabo vergaram-se em decorrência do calor.█
Foto tirada em 10/01/2010.



3-Na foto abaixo, observa-se a deformação excessiva do condutor devido a passagem de corrente de descarga atmosférica em uma das descidas convencionais do Prédio do Instituto de Física, no Campus de Praia Vermelha.

Foto tirada em 10/01/2010.



4-A foto abaixo mostra oxidação e falta de isolamento do mastro e do condutor de descida do sistema de proteção convencional do Bloco E da Escola de Engenharia, no Campus de Praia Vermelha.

Foto tirada em 10/01/2010.



5- Mostra uma construção recente no local onde havia uma caixa de aterramento, pois o cabo de descida encontrava-se cortado e sobre o telhado da nova edificação no Bloco E da Escola de Engenharia, no Campus de Praia Vermelha.

Foto tirada em 10/01/2010.



6-Mostra em detalhe o cabo de cobre cortado acima referido.

Foto tirada em 10/01/2010.



7-Neste caso específico, observou-se que este cabo encontrava-se bem próximo ao abrigo de cilindros de gás.

Foto tirada em 10/01/2010.



8-Dentro deste depósito havia a presença de 10(dez) cilindros de 45kg, contendo os seguintes gases: He, H₂, N₂, CH₄, CO₂, CO, 5%CO/He, 5% H₂/Ar, 5,13% O₂/He e 20% CH₄/He.

Foto tirada em 10/01/2010.

