ELETROTEC EMPOWER SOUTH AMERICA
THE smarter E SOUTH AMERICA

EXHIBITION & CONFERENCE
AUGUST 26-28, 2025
São Paulo – Brazil

EXECUÇÃO DE SISTEMAS DE ATERRAMENTO E PROTEÇÃO CONTRA RAIOS UTILIZANDO AS ARMADURAS DO CONCRETO ARMADO, COM ANÁLISE DE CASOS

Engº Galeno Lemos Gomes
Galeno Gomes Engenharia Consultoria
Projeto e Treinamento
aterramento@galenoengenharia.com.br
www.galenoengenharia.com.br

RESUMO

Sistemas de aterramento e proteção contra raios utilizando as ferragens do concreto armado por ser uma metodologia técnica eficiente, durável e economicamente muito vantajosa e tendo sido observado sua pouca utilização em nível nacional, nos motivamos a apresentar a experiencia adquirida nas aplicações da mesma em diversas instalações, tais como Usina de Geração de Energia Elétrica a Biogás, Data Centers, Abrigos Ferroviários,, Hangares Aeronáuticos, Prédios Industriais entre outros, com o principal objetivo de implementar a aplicação desta tecnologia em um maior número de instalações futuras e mesmo nas atuais.
.

SISTEMA DE ATERRAMENTO UFER

A primeira utilização conhecida das ferragens das armaduras do concreto armado no aterramento data da Segunda Guerra Mundial, mais precisamente em 1941, em um sistema idealizado pelo engenheiro **Herbert Gustav Ufe**r para os depósitos de bombas da base aérea Davis-Monthan em Tucson no Arizona, EUA. Pois os sistemas de aterramento convencionais não funcionaram bem neste local , visto ser um terreno desértico com pouquíssimas chuvas. E tendo em consequência condições extremamente secas do solo o que exigia a instalação de centenas de hastes e diversos metros de condutores convenientemente posicionados visando a obtenção de uma baixa resistência de aterramento. Sendo que o objetivo destes sistemas

eram o de proteger os referidos depósitos contra as descargas atmosféricas (raios) e a eletricidade estática, esta última causada pelos ventos e tempestades de areia. Anos mais tarde Herbert Gustav Ufer voltou a inspecionar essas instalações e concluiu que eletrodos de aterramento utilizando as armaduras do concreto das fundações promoviam um menor e mais consistente valor da resistência de aterramento que as próprias hastes e condutores de cobre, especialmente naquelas regiões cujo solo possuía valores de resistividade muito alta. Devido a esta antiga utilização do uso das armaduras e/ou condutores e hastes inseridos nas fundações e baldrames de concreto ficou sendo conhecido mundialmente pela denominação de aterramento “UFER” .

Com base no exposto, a União Alemã das Centrais Elétricas desde 1965 possui diretrizes para a utilização das armaduras das fundações como eletrodos de aterramento. Em 1979 foi publicada a norma Alemã (caderno 35 da VDE) sobre a inclusão do sistema de aterramento nas fundações dos edifícios residenciais. Em 2007 as normas Alemãs sobre o assunto foram atualizadas, A análise da norma DIN 18014:2007 e as exigências adicionais da VDE 0185-305 nos leva a condição básica de termos que instalar no caso das instalaçõ0es alemãs, um eletrodo de aterramento com elevada vida útil junto com as ferragens das armaduras das fundações e baldrames, aspecto este que difere das

ABNT NBR 5410 e 5419 atuais, que admitem e mesmo sugerem preferencialmente o uso da próprias armaduras do concreto armado, Cabe observar ainda que em fins da década de 70, as recomendações americanas incluíram sistemas de aterramento com condutores embutidos em concreto, sendo que em 1978 o "National Electrical Safety Code" (ANSI-C2)-NEC incluiu pela primeira vez especificações para eletrodos de aterramento embutidos nas fundações. Também o "Green Book" (ANSI/IEEE Standard 142-1982), que trata especificamente de aterramento, ressalta em várias seções as vantagens de se utilizarem as armaduras do concreto das fundações como eletrodos de aterramento. Podemos então dizer que os aterramentos utilizando as armaduras das fundações como eletrodos de aterramento, e a proteção contra descargas atmosféricas pelo método gaiola de Faraday utilizando as estruturas metálicas (telhas e/ou seus suportes metálicos) e as armaduras do concreto, são prática mundialmente consagradas há aproximadamente 80 anos. Isso foi inclusive reconhecido por importantes normas e recomendações publicadas ao longo desse período, como as normas brasileiras NBR 5419 e NBR 5410, a norma internacional IEC 61024-1-2 e os documentos estrangeiros ASE 4022, ANSI/IEEE std.142, BS 6651, entre outros.

As vantagens, descritas não só nas publicações mencionadas mas também as que serão resumidas no presente trabalho, deverão encorajar cada vez mais essa prática, tanto em edificações novas quanto nas já existentes, pois são **economicas**, devido a utilizarem materiais já existentes, muito **eficientes**, pois o concreto das fundações e baldrames oferecem menor condutividade do que a maioria dos tipos de solo e mais **duráveis,** pois os eletrodos de aterramento estão protegidos contra a corrosão bem como dos danos mecânicos. Além disso se considerarmos que a quantidade de condutores de ferro constituintes das armações ser muitas vezes maior do que a quantidade normalmente utilizadas de condutores de cobre, não há como não as utilizar como aterramento.

Vantagens da utilização das armaduras do concreto das <u>fundações</u> e dos <u>baldrames</u>:

Uma vez que 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 das fundações e baldrames 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 não só reduzir drasticamente o valor da ressistência de aterramento, mas também tornar este valor mais constante. Também facilita muito o cumprimento dos preceitos de eqüipotencialização das instalações elétricas (freqüência industrial), em concordância com a **ABNT NBR 5410** e mesmo com a **ABNT NBR 5419**, apezar de para os raios não equalizar como como gostariamos, devido as diversas e especialmente das altas frequencias que compoem o espectro de frequencias representativo dos mesmos (de CC até 10Mhz, as que tem efeitos significativos sobre os sistemas de aterramento, mas contribuem de certa forma para diminuir as diferenças de potencial. Certos conceitos deixam de existir, tais como:

Pontos de seccionamento para medição do valor da resistência de aterrmanto;

Execução de aterramentos independentes.

Utilização de ferros adicionais

Uma das diferenças fundamentais entre a norma alemã (DIN 18014:2007) com a norma brasileira ABNT NBR 5419:2015 está em que a DIN 18014 exige **incondicionalmente** uma fita ou uma barra redonda de aço exclusiva embutida no concreto e interligada as demais barras de ferro da armadura do eletrodo de aterramento de fundação.

Nos nosso projetos temos utilizados barras redondas de aço CA 50 interligadas por solda elétrica as demais ferragens da armadura, posicionadas sempre na periferia externa dos pilares, **nunca na parte central dos mesmos.**

Em alguns casos temos também utilizado condutores de cobre de 50mm² de seção transversal, Figura 1, pois o cobre instalado internamente ao concreto possue um potencial muito próximo ao do aço, minimizando assim a um nível aceitável a eventual corrosão eletrolítica, considerando-se inclusive nesta equação o volume de aço presente nas fundações e baldrames.

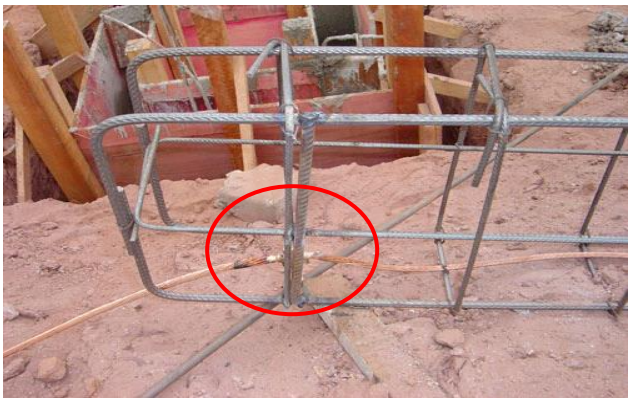

Figura 1 - Conexão exotérmica de cabo de cobre de 50mm² com as armaduras do baldrame utilizado como eletrodo de aterramento

Figura 2-Baldrame da Figura 3 sendo executado

Pilares, vigas e lajes

A efetividade na utilização das armaduras das **fundações** e **baldrames** como sistema de aterramento, tornou lógico e natural a utilização das armaduras dos pilares, vigas e lajes, bem como de outros elementos metálicos pertencentes às edificações como elementos formadores de uma **Gaiola de Faraday** visando a proteção contra as descargas atmosféricas (raios).

Com o uso das ferragens das armações destes elementos, a a consequente divisão da corrente dos raios por diversos caminhos de descida até o sistema de aterramento, os campos eletromagnéticos internos à edificação são diminuidos reduzindo-se portanto as forças eletromotrizes induzidas nos circuitos ali existentes, e. em conseqüência, as interferências prejudiciais às pessoas e equipamentos eletrônicos sensíveis, como os de tecnologia da informação (ETIs).

Contribuindo ainda mais para esta redução dos efeitos eletromagnéticos internamente à edificação se soma-se o fato da redução da velocidade de propagação das correntes aperiódicas dos raios quando se deslocam internamente no concreto.

Além destes fatos favoráveis, o valor da **impedância das descidas** sendo feitas pelas armaduras de inumeros pilares, fica devido a esta divisão, bastante reduzido.

Cuidados e restrições

Como premissa básica inicial para se utilizarem as armaduras do concreto para os fins citados, deve-se garantir a **continuidade elétrica** entre os pontos extremos da armadura, de modo que possa ser comprovado por meio de medições com instrumento adequado, nomalmente o microhmímetro microprocessado, com ligação Kelvin (esquema de quatro fios, dois para injeção de corrente e dois para medir a diferença de potencial), para efetuar as medições das resistência de contato, o aparelho de medição deve fornecer uma corrente cujo valor esteja entre 1 A e 10 A com frequência diferente de 60 Hz e seua multiplos, normalmente é usado corrente continua, na **Figura 3** exemplo de um destes aparelhos usados nas medições de continuidade eletrica das armadurtas. **Não é permitido o uso de multímetros na função de ohmímetro**. Os **valores máximos permissíveis**, conforme **Anexo F** da ABNT NBR 5419-3:2015 são de **1 Ω**, quando se verifica a continuiidade elétrica de cada um dos pilares que serão utilizados como descidas naturl, e todos os pilares devem ser verificados. O valor máximo quando são feitas as verificações finais em um sistema de proteção contra descargas atmosféricas que estejam utilizando componentes naturais nas descidas, deve ser menor o no máximo igual a **0,2 Ω.** As medições devem ser executadas entre as partes mais altas da edificação, entre o subsistema de captação e o subsistema de aterramento, preferencialmente na barra de equalização principal (**BEP**). Medições cruzadas devem também serem feitas, entre a parte superior de um pilar contra parte inferior de um outro pilar visando verificar as interligações entre os mesmos. Para a verificação de descontinuidades nas armaduras deverão também serem executadas medições em trechos intermediários das mesmas.

Figura 3 - Microhmímetro digital microprocessado com ligação Kelvin, que foi utilizado nas medições de continuidade elétrica das armaduras, modelo MPK 254 da Megabrás.

Observação restritiva importante, as armaduras utilizadas como descidas naturais tanto na sua parte superior como na inferior não podem sob hipótese nenhuma estar expostas em contato direto com o solo na parte inferior e ao ar livre na parte superior, na cobertura ou no beiral da edificação,

como temos encontrado na prática em diversos casos, **Figura 4** é um exemplo desta exposição indevida na parte inferior.. .

Figura 4 – Armadura em contato indevido com o solo, para ser conectado também indevidamente com condutor de cobre do aterramento**,**
Devemos observar e não permitir a formação de pares galvânicos, nas extremidades das armaduras visando evitar corrosão.

Sistemas de aterramento complementares

Em certos casos específicos, em conformidade com o projetista, o **sistema de aterramento pelas fundações** pode ser complementado por um sistemas de aterramento com configuração em anel, ao redor da edificação, ou diversas radiais ou em comumente chamada de "pé de galinha" em pontos estratégicos.

Interligação entre sistemas de aterramento complementar e aterramento pelas fundações

As interligações dos sistemas de aterramento complementares com as armaduras, devem ser executadas com **vergalhões de cobre maciço** de seção transversal igual a seção utilizada nestes sistemas complementares **e nunca** com condutores de aterramento encordoados, por exemplo quando o sistema de aterramento projetado tiver uma seção de 50 mm² o condutor circular teria uma formação (encordoamento) executado com 7 fios de 3mm de diâmetro cada (ABNT NBR 6524), que se fosse utilizado para a citada interligação iria permitir a entrada de umidade no pilar, causando corrosão nas armaduras. A interligação deverá ser executa por solda elétrica com eletrodo especifico para soldar cobre com o aço.

Proteção das armaduras expostas durante a execução

O recobrimento (proteção) das armaduras expostas durante a instalação deve ser feito com concreto de no mínimo 25mm de espessura.

Minimizar a impedância dos aterramento complementares

Com o objetivo de minimizar a impedância dos sistemas de aterramento complementares, utilizamos em todos os casos executados **fitas de cobre** de igual seção transversal dos condutores de seção circular.

Soldas nas armaduras

Quando for necessário para garantir a continuidade, executar soldas entre as armaduras, as mesmas devem ser feitas com **solda elétrica** com cordão duplo de no mínimo 3 mm de diâmetro e 50 mm de comprimento

Cabe alertar que não pode ser utilizada **solda exotérmica** dos ferros componentes da construção estrutural das armaduras.

Restrições quanto a substituição do condutor de proteção (PE) por armaduras (ou outro componente metálico condutor) e circulação de corrente de curto-circuito

Quando utilizadas para fins de equalização e/ou aterramento em instalações de baixa tensão, **as armaduras do concreto não podem sob hipótese nenhuma substituir os condutores de proteção (PE) como em certos casos, erroneamente tem sido sugerido e executado.**

Não se permite a circulação de correntes de defeito (curto-circuito) pelas armaduras, pois causam danos às ferragens das armaduras e ao concreto.

Estruturas pré-moldadas

Em estruturas pré-moldadas, as armaduras podem e devem também serem utilizadas como descidas naturais interligadas às figas formando tanto quanto possível uma Gaiola de Faraday e as armaduras das fundações e baldrames como 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, **Figuras 5, 6, 7 e 8.** Estas

interligações devem preferencialmente ser feitas com solda exotérmica

Figura 5- Pilar do pré-moldado ainda no fabricante, enorme quantidade de ferros

Figura 6- Ferros e placa que serão interligadas as armaduras do pilar deixando as placas expostas para execução das interligações e formação da Gaiola de Faraday

Figura 7- Placas para as conexões pilares vigas, para formação da Gaiola de Faraday

Figura 8- Interligações executadas com solda exotérmica entre as vigas e os pilares para garantir a continuidade elétrica e formar a Gaiola de Faraday

- Durante a montagem das estruturas pré-moldadas, providenciar as necessárias interligações das armaduras das fundações (cálices) com as armaduras das vigas pré-moldadas (placas ou cabos de cobre citados)de modo a garantir a continuidade elétrica entre captores, descidas naturais pelas vigas e o aterramento pelas fundações (cálices), **Figura 9**. **Este ponto é de extrema importância, e que no entanto costuma ser posto em segundo plano ou mesmo esquecido, interrompendo desastrosamente a desejada e necessária continuidade elétrica entre subsistema de captação e o subsistema de aterramento pelas fundações e baldrames.**

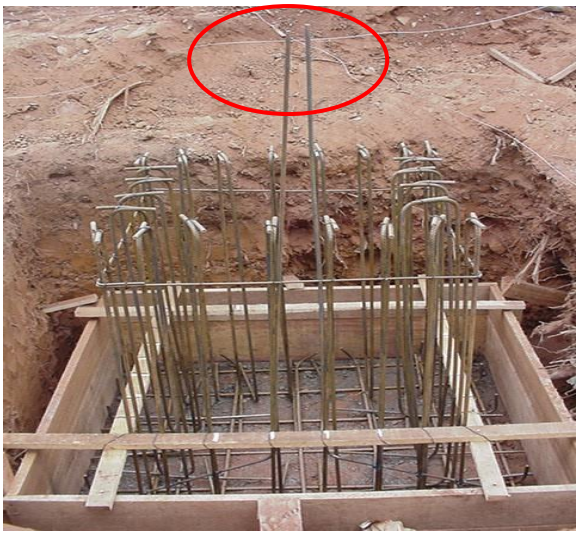

Figura 9 – Armaduras das fundações (cálices) preparadas para as interligações com os pilares

- No caso das estruturas pré-moldadas**, o** próprio processo de fabricação exige que as barras de aço sejam muito bem amarradas**,** o que garante uma continuidade elétrica com um valor de resistência elétrica de contato geralmente muito baixa, da ordem de dezenas de mΩ

- Por fim cabe ressaltar que normalmente não é permitido por quase todas as normas de diversos países inclusive a IEC a utilização das armaduras pré-moldadas protendidas como componentes do sistema de proteção contra descargas atmosféricas. Podem existir exceções, desde que estudadas e resolvidas em conjunto com o fabricante dos pré-moldados. A norma Inglesa é uma das exceções que permite a passagem da corrente dos raios, desde que o fabricante tenha estudado, concordado e que tenha executado antes da fusão do concreto uma interligação entre os vários cabos de aço da peça protendida e tenha inclusive deixado um "rabicho" para interligação com as outras peças ou mesmo com o subsistema de captação..

Estudo de casos

Os conceitos descritos, foram aplicados em diversas na execuções, tais como nas seguintes:

1-Usina de Geração de Energia Elétrica a Biogás de aterro sanitário de 20 MW de potência.

Os parágrafos anteriores basicamente descrevem as etapas de construção aplicadas em todos os caos e as **Figuras 6, 7, 8, 9** e **10** deixam claro os conceitos explicitados , ou seja o **aterramento pelas fundações** e **baldrame**s, e a utilização das armações dos pilares, vigas e lajes para a formação da **Gaiola de Faraday** destinada a proteção contra descargas atmosféricas, com todas as vantagens anteriormente citadas

24 grupos geradores de 925 kW cada, **Figura 10,** com um sistema de controle eletrônico ajusta automaticamente a relação ar-combustível de acordo com a composição do metano. Todos que além dos condutores de proteção (PE) individuais, possuem as seus invólucros metálicos interligados nas ferragens das suas respectivas bases como pode ser visto nas **Figuras 10 e 11**

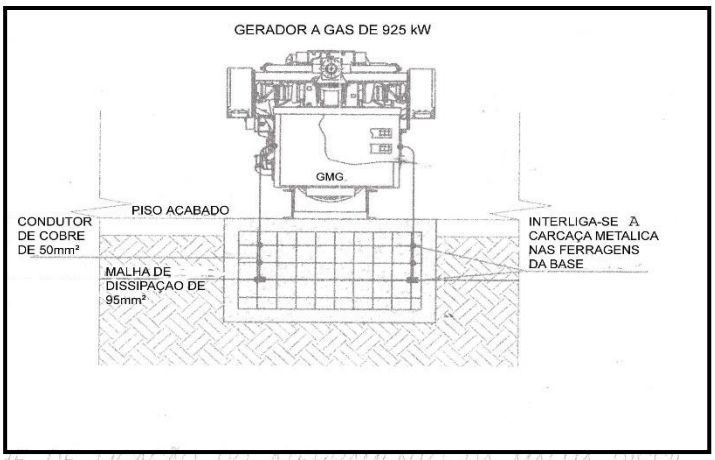

Figura 10-Geradores de 925 kW cada a gás da Usina citada, com os invólucros metálicos interligados às armaduras de suas fundações

Figura 11- Geradores de 925 kW cada a gás da Usina termoelétrica, com as carcaças metálicas interligadas nas ferragens e na malha complementar de 95mm²

Praticamente todas as principais etapas das instalações de aterramento pelas fundações e do Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas através da Gaiola de Faraday, foram explicitadas nos parágrafos anteriores.

Cabendo observar ainda que na presente instalação foi projetado e implantada uma malha de média tensão, também interligada as armaduras das fundações e telas **Telcom** ,com o objetivo de controlar ainda mais os potencias de toque e passo internamente a mesma.

Etapa de finalização da construção da Usina pode ser vista na **Figura 12**. Observa-se que também foram tomados cuidados especiais quanto aos canalizações metálicas de escape dos geradores, quanto à minimizar a possibilidade de se atingidos por raio, que as correntes sejam em sua maior parcel dissipadas para terra antes de adentrar na edificação, além de cabos captores terem sido instalados sobre as citados escapes dos geradores

com o objetivo de diminuir a possibilidade de que os mesmos fossem atingidos diretamente por raio.

Figura 12- Usina em sua fase final de construção

Medições de verificação da continuidade elétrica

Foram executadas medições de verificação da continuidade elétrica dos pilares e da Gaiola de Faraday após sua executada, obtendo-se nos dois casos valores menores que **1 Ω e 0,2Ω** respectivamente, em consonância com o **Anexo F da ABNT NBR 5419-3:2015.**

A título de exemplo estão os valores medidos conforme a metodologia a seguir descrita**:**

Tomou-se como referência o ponto de acesso 8 indicado na **Figura 13**

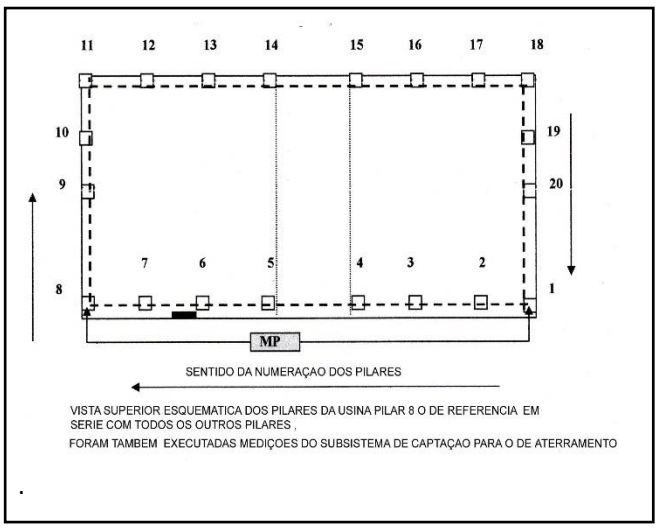

Figura 13 – Vista superior esquemática dos pilares da Usina sob medição

Sendo:

☐ Pontos accessíveis nos pilares sob medição vide **Figura 14**

MP Microhomímetro MPK 254 da Megabrás utilizado nas medições de continuidade elétrica

▬ Barra de aterramento

▬ ▬ Interligação entre as diversas estruturas pré-moldadas, tais como pilares com as vigas.

Figura 14- Ligação do microhmímetro digital microprocessado no **Ponto 8** da Gaiola de Faraday

valores da resistência de contato medidas:

Ponto .8 em série com os pontos de acesso de interligação com a Gaiola de Faraday, números **7, 6, 5, 4, 3,2, 1 valor medido = 2,89 mΩ. conforme Figura 13 (MP é o microhmímetro – C1-P1 do aparelho no Ponto 8 e C2-P2 no Ponto 1)**

Ponto .8 em série com os pontos de acesso da Gaiola de Faraday, números **9, 10 e 11** o **valor máximo das três medições foi de 2,46 mΩ.**

Ponto .8 em série com os pontos de acesso de interligação com a Gaiola de Faraday, números **18, 19**, **20**, **1, 2, 3, 4, 5, 6, 7** valor medido **= 2,91 mΩ.**

Ponto .8 com Barra de aterramento externa valor medido igual a **2,34 mΩ**

Ponto 8 com um ponto do subsistema de captação na cobertura valor medido igual à **2,95mΩ**

Outras **configurações e posicionamento do microhmímetro** foram seguidas objetivando a obtenção de uma certeza absoluta quanto a perfeita continuidade elétrica dos diversos setores interligados, em todos os casos foram obtidos valores menores do que **2,95 mΩ**.

2- Abrigo (House) ferroviário

Nos **abrigos ferroviários,** não só se necessita de uma dissipação eficiente das elevadas correntes associadas aos raios como também um **plano de referência** para os **ETI's** , nos mesmos também foram aplicados os conceitos anteriormente expostos, tais como a

utilização das ferragens dos pilares e lajes para formar uma Gaiola de Faraday, e as armaduras das fundações e dos baldrames como aterramento, conforme pode ser visto na **Figura 14.**

O plano de referência de sinal é obtido através da **malha de referência de sinal – MRS,** devidamente projetada instalada. Para que os equipamentos sensíveis que se comunicam entre si tenham uma referência de "terra" o mais constante possível. A **MRS** no presente caso foi instalada embutida no piso, com o objetivo de evitar roubo ou vandalismo. Cabe observar que quando forem utilizados ferros específicos (dedicados) para captação das correntes dos raios, os mesmos devem ser instalados sempre na **periferia dos** pilares (e não no centro das ferragens do pilar, como em alguns casos estão sendo instalados) e deverão ser também interligados com os demais ferros estruturais constituintes desses pilares. Apezar de não existir uma necessidade premente desta complementação, as mesmas ajudam muito no controle da Gaiola de Faraday durante sua execução na obra. Devem ser utilizados ferros lisos **CA 50 ((5/8")**, e as conexões devem ser executadas com solda exotérmica, nos ferros que não forem estruturais.

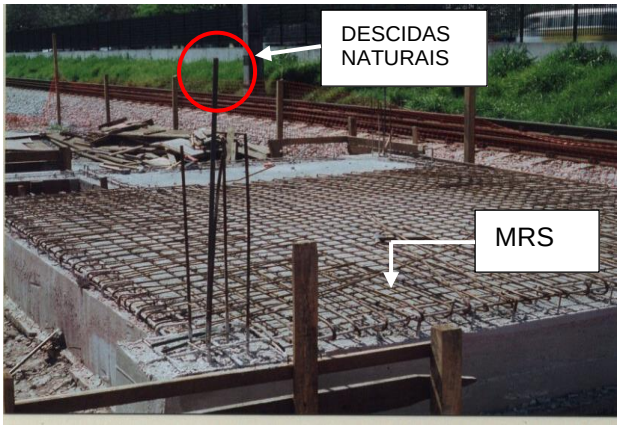

Figura 14- Abrigo Ferroviário (House) com subsistema de descidas pelos pilares e a Malha de referência de Sinal interligada às ferragens (Tela Telcom) do piso, para gerar um plano de referência de "terra" o mais constante possível.

Figura 15- Abrigo ferroviário semipronto, o subsistema de captação, é formado por fitas de cobre de 50mm² de seção que são instaladas na parte superior do mesmo.

Sistemas de aterramento Complementares

Os sistemas de aterramento complementares foram utilizados praticamente em todas as construções exemplificadas,

O principal cuidado na execução dos mesmos foi o de se obter a menor impedância possível, utilizando não só o formato dos condutores como a configuração do sistema que nos leve a uma menor impedância possível, para isto devemos procurar obter baixos valores de indutância e resistência e valores elevados de condutância e capacitância o que é conseguido usando os condutores em forma de fita e para ajudar ainda mais, as configurações em forma de radiais ou conforme a necessidade, mesmo em anel ao redor da edificação, mas também com os condutores em fita.

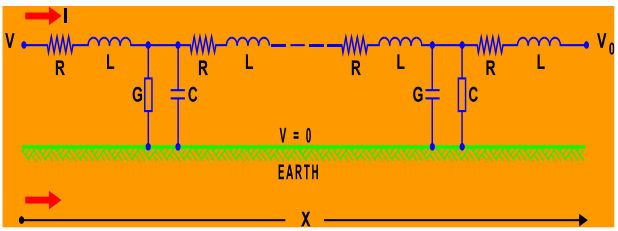

Figura 16 – Circuito equivalente aproximado de um condutor horizontal de aterramento

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R+jwL}{G+jwC}}$$

Z_0 = Impedância de impulso

G= Condutância shunt, relacionada com o inverso da resistividade (ρ) do solo e com a resistência de contato.

1/G= Resistência de aterramento

R e L= Resistência e indutância do próprio condutor .

Do ponto de vista da dissipação de ondas impulsivas (raio) na primeira fase do impacto, irá predominar **impedância de impulso** (**Z_0**) na segunda fase (variação rápida, efeitos indutivos predominam e presentes altas frequências), as **indutância predominam**, na terceira fase (cauda da onda, variação lenta, frequências mais baixas e dissipação de energia) a **resistência predomina**
/6

CONCLUSÃO:

Os **sistemas de aterramento utilizando as ferragens das armações das fundações e baldrames**, bem como os **sistema de proteção contra descargas atmosféricas** (raios) por uma consequência lógica estimulada pelas inúmeras ferragens também utilizadas nas armaduras dos

pilares, vigas e lajes, também devem ser utilizadas com os mesmos critérios e visando sempre que possível procurar formar a eficiente **Gaiola de Faraday**.

São metodologias técnicas muito eficientes, duráveis e economicamente também muito vantajosas, testadas no mundo inteiro a muitas décadas, devendo ser mais utilizadas no maior número de projetos novos e mesmo nas construções já existentes.

O que temos provado a 25 anos em diversas das nossas obras, tais como:

Usina de Geração de Energia Elétrica a Biogás, Data Centers, Abrigos Ferroviários,, Hangares Aeronáuticos e de Clubes Náuticos, Prédios Industriais entre outros.

Referências Bibliográficas

1-Miranda A.P Reis
Armadura do Concreto Integrando o Sistema de Proteção;
N°349 Abril 2003
Aranda Editora
Páginas 158-164

2-Leite, D.M. and Kameyama F.H.
Use of the Concrete Reinforcing Steel as Natural Components of Extermnal Lightning Protection System:Laboratory Investigation
20 th ICLP Intelaken, Swtzerland
September 24-28, 1990
Páginas 3.6/1 à 3.6/4

3-Debate Miranda A.P Reis e Sobral Sérgio
Sistema convencional ou uso das armações do concreto ?
Eletricidade Moderna
Maio 1996
Aranda Editora
Páginas 86 à 93

4-Sobral T.Sérgio e Sobral C.Sérgio
Considerações sobre pontos críticos na revisão da NBR 5419
Eletricidade Moderna
Outubro 2001
Páginas 222 à 238

-