



Design de **Instalações Elétricas**

Memorial Técnico Descritivo

CAMPUS CIDADE OCIDENTAL

UFG

Goiânia, Goiás.

Revisão: R00

EMPREENDIMENTO: UFG CAMPUS CIDADE OCIDENTAL	CLIENTE: UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
CNPJ: 01.567.601/0001-43	ENDEREÇO: Gleba 2-A, Fazenda Saia Velha, Cidade Ocidental-GO CEP: 72.880-000

1. Objetivo

O projeto se refere às instalações elétricas e instalações da subestação -13800/380V para o Empreendimento UFG CIDADE OCIDENTAL, do proprietário **UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS**.

2. Normas Técnicas Utilizadas

O projeto referenciado foi elaborado em consonância com:

- **NT.00002** - Fornecimento de Energia Elétrica em Média Tensão - Classes (13,8/23,1kV e 34,5kV) - **Revisão 10**;
- **NBR 5410/2005** - Instalações Elétricas de Baixa Tensão;
- **NBR 14039/2003** - Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV;
- **NR-10** - Norma Regulamentadora de Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade.

Especial atenção foi dada às normas da ABNT NBR 14039 - “Instalações elétricas de média tensão de 1 a 36,2 kV” e a NBR 5410 - “Instalações elétricas de baixa tensão”, bem como à Norma Regulamentadora n° 10 - “Segurança em instalações e serviços em eletricidade” expedida pelo Ministério do Trabalho e Emprego, e principalmente à NT.00002, Rev. 10, da EQUATORIAL ENERGIA .

3. Considerações Gerais

Em resumo, a entrada de energia elétrica do campus em 13,8 kV, derivará da rede aérea primária existente da Equatorial à ser estendido em orçamento de conexão específico.

A medição será em Média Tensão, dentro de sala no limite do terreno do empreendimento, Após ser medida a energia medida volta à rede aérea, para então ser direcionada para aos transformadores, através de uma RDU interna.

Em resumo após ser medida a energia é redistribuída passa pela proteção Geral dotada de relé coordenado com a rede EQUATORIAL em estudo de coordenação. Após a medição a energia vai pela rede aérea de média tensão interna. Para a portaria e iluminação interna da universidade foi instalado um transformador ao tempo de 45kVA trifásico. A Rede de média tensão interna continua até chegar à sala de subestação. Na sala de subestação a energia medida passa pelo disjuntor de média tensão e posteriormente pelo transformador e vai até o QGBT + QTA que é alimentado pelo Gerador de Emergência.

A subestação deverá ser construída com paredes e porta corta fogo dotada de trinco e fechadura.

Este memorial se refere as instalações elétricas que saem da rede da equatorial até os cofres de derivações dos barramentos blindados. Demais observações ver no memorial e projeto de Instalações Elétricas.

4. Especificações Técnicas Baixa Tensão

4.1. Quadros de distribuição e caixas de medição

- Os quadros de distribuição, com exceção do QGBT, serão de sobrepor TTA, conforme indicado no projeto. Os quadros deverão ter grau de proteção mínimo IP-40 internos e externos/áreas de manutenção com água IP-65. Os quadros metálicos devem receber tratamento anticorrosivo pelo sistema de banho químico (desoxidação e fosfatização a base de fosfato de zinco). A porta, espelho e moldura serão na cor cinza, com pintura eletrostática epóxi a pó. A caixa, trilhos, suporte e chapa de montagem devem sofrer a aplicação de primer anticorrosivo na cor cinza. Deverão ser compostos de barramento DIN (TRIFÁSICO), com capacidade de corrente conforme projeto, acessórios de fixação, conjunto de barramentos Neutro e Terra, conjunto para fixação da tampa no corpo, conjunto para fixação da placa regulável e espelho, e palhetas plásticas. Todos quadros deverão possuir barramentos com capacidade de corrente maior ou igual ao determinado em projeto;

4.2. Condutores, Barramentos e Proteção

- Os barramentos da Subestação deverão ser feitos em cobre eletrolítico, dimensionados com base na sua classe de tensão do sistema, nível de curto e potência de curto, objetivando afastamentos mínimos.
- Os condutores utilizados serão de cobre nas bitolas especificadas no projeto, Ref. PRYSMIAN, NEXANS, AFUMEX, etc. Entre o transformador e o QGBT, deverão ser utilizados condutores com isolamento tipo ERP/XLPE 90°, flexíveis com encordoamento Classe nº 05.
- Nas linhas elétricas constituídas por condutos fechados só se admitem conexões contidas em invólucros apropriados, tais como caixas, quadros, etc., que garantam a necessária acessibilidade e proteção mecânicas. Estas deverão garantir continuidade elétrica durável, adequada suportabilidade mecânica e adequada proteção mecânica. As conexões devem ser realizadas de modo que a pressão de contato independa do material isolante;
- Nas linhas elétricas alimentadas por grupo gerador, serão identificados os cabos alimentadores;

- Para facilitar a passagem de condutores em eletrodutos, deverá ser passado antes da fiação, um arame galvanizado nº 14 BWG com pontas de 30cm nas caixas, ou deverá ser utilizado um cabo guia;
- Os condutores elétricos deverão ser instalados com o interior dos eletrodutos completamente limpos e secos;
- Os condutores de aterramento devem ser contínuos, isto é, não devem ter em série nenhuma parte metálica da instalação;
- A ligação e interligação dos condutores ao sistema de aterramento deverão ser feitas com conectores apropriados ou solda exotérmica.

4.3. Eletroduto

- O eletroduto de alimentação geral no trecho entre a via pública e o empreendimento deverá ser em aço carbono, zincado por imersão a quente com diâmetro de 100mm envelopado por 10cm de concreto, dotado de duas fitas zebradas com o indicativo “perigo alta tensão”.
- O eletroduto de alimentação geral no trecho do subsolo até a entrada no painel de média tensão será, zincado por imersão a quente com diâmetro de 100mm com pintura eletrostática laranja, com o indicativo, perigo alta tensão, a cada 20m dotado de caixa de passagem com dispositivo para lacre também com os mesmos indicativos.
- O eletroduto de alimentação, entre o painel de média tensão e o transformador, será em aço carbono, zincado por imersão a quente com diâmetro de 100mm;
- Os demais eletrodutos, desde que estejam embutidos, deverão ser Eletroduto Flexível Corrugado, Material não propagante de chama, Linha leve(Paredes - 320 N/5cm - Amarelo) ou Linha pesada(Pisos e Lajes - 750 N/5cm - Laranja), conforme NBR15465. Ref. Tigre, Legrand ou equivalente.
- Eletrodutos no entreforro deverão ser de aço galvanizado ser galvanizadas eletroliticamente. Ref. Elecon; ou material não propoagante de halógenos.
- Nas emendas de eletrodutos, deverão ser utilizadas luvas apropriadas de mesma característica e fabricação;
- Nas mudanças de direção, serão empregadas curvas de 90° e 135°, de acordo com a necessidade, com as mesmas características e do mesmo fabricante;
- Após o corte, as arestas dos eletrodutos deverão ser eliminadas;
- Durante a fase de concretagem ou revestimento, é recomendável que as extremidades dos eletrodutos sejam vedadas com buchas de papel (jornal);
- É recomendável a instalação de cuvas rígidas com diâmetro de pelo menos 1/2" em cada curva de 90° da Tubulação Flexível para proteção e impedir a dobra;
- Os eletrodutos deverão ser completamente limpos e secos quando da passagem de condutores elétricos;

4.4. Caixas de Passagem

- As caixas de passagem com dimensões internas de 800x800x1200mm serão construídas em alvenaria, com tijolos maciços de primeira categoria, assentados com argamassa de cimento e areia traço 1:6 ou concreto desde que mantidas as dimensões internas. O revestimento interno deverá ser feito com argamassa de cimento e areia traço 1:4, espessura de 10mm. Terão a tampa em ferro fundido com resistência mecânica mínima de 12.750kg. A sub-tampa e os chumbadores devem ser protegidos contra oxidação mediante processo de galvanização à fusão, além da obrigatoriedade do uso de ferro número 12USG para sua confecção. As dobradiças deverão ser do tipo anti roubo, não permitindo que a tampa seja separada do aro após a fabricação. O sistema de suspensão da tampa deverá suportar uma vez e meia o peso da mesma. A tampa deverá ter gravada em sua superfície o fabricante e o modelo. Deverá ser fundida com a gravação GELG D e BT. As características de construção encontram-se especificadas em detalhe no projeto;

4.5. Barramento Blindado

4.5.1 INVÓLUCROS

Os invólucros metálicos dos barramentos blindados devem ser construídos com chapa de aço carbono ou alumínio, podendo ainda possuir pintura eletrostática utilizando tinta em pó sintética isenta de metais pesados na sua formulação ou no caso do alumínio este pode ser submetido ao processo de anodização. O invólucro do barramento blindado pode ser utilizado como condutor de proteção (PE) desde que tenha sido devidamente ensaiado comprovando a sua eficácia. Nesta condição, o arramento blindado deve prever um ponto para conexão do cabo de aterramento das massas próximo às caixas de medição. As tampas de fechamento dos invólucros metálicos dos barramentos blindados devem possuir orifícios de aproximadamente 2.0 mm externos ao invólucro, ou seja, que não comprometa o grau de proteção deste e presente em pelo menos 4(quatro) pontos os elementos retos, em cada lado e na parte superior e inferior, para aplicação de lacre, salvo o invólucro que seja comprovadamente inviolável com a aplicação de rebites. Os demais elementos devem também ser dotados destes dispositivos sob o mesmo conceito.

4.5.2 GRAU DE PROTEÇÃO

O barramento blindado deve ser construído de forma a assegurar o grau de proteção mínimo IP 54 em toda a sua extensão.

A aplicação do barramento blindado em trechos de cruzamento com conexões, válvulas hidráulicas ou jatos de água de baixa pressão ou ainda em instalação em que a distância destes em relação à linha elétrica do barramento blindado seja igual ou inferior a 1,00 m ou que possa também estar sujeito à presença accidental de água, não cobertos pelo grau de proteção IP especificado nesta

norma como mínimo, estes trechos devem ser constituídos de barramentos blindados que assegurem em toda a extensão o grau de proteção mínimo de IP 55 ou superior, conforme necessidade.

4.5.3 PLACA DE IDENTIFICAÇÃO

O invólucro do barramento blindado deve possuir fita de advertência ao longo de todo o trecho da entrada consumidora até a subida do Shaft, com os dizeres: "Barramento Blindado – Cuidado Risco de Choque Elétrico – Apenas Pessoal Autorizado" e também o símbolo indicativo de perigo.

Deve ser prevista a fixação de placa de identificação no barramento blindado, próxima a uma das extremidades de cada elemento que constitui a linha elétrica e uma em cada elemento de derivação, em conformidade com a ABNT NBR IEC 60439-2, devendo conter, no mínimo, as seguintes informações:

- nome ou marca comercial do fabricante;
- designação do tipo e número do elemento da linha elétrica;
- identificação da(s) norma(s) de fabricação;
- data de fabricação (mês e ano);
- tensão nominal de operação (U_e);
- tensão nominal de isolamento (U_i);
- corrente nominal de operação (I_n);
- corrente suportável nominal de curta duração (I_{cw});
- corrente nominal condicional de curto-circuito (I_{cc});
- frequência nominal;
- grau de proteção IP;
- valores de resistência, reatância e impedância do sistema;
- valores de resistência, reatância e impedância do sistema em condições de falta;
- dimensões básicas.

5.4.4 ENSAIOS

Somente serão aceitos barramentos blindados oriundos de fabricantes que apresentarem os relatórios de ensaios de tipo, constantes na ABNT NBR 60439-2 e listados abaixo:

- a) limites de elevação de temperatura;
- b) propriedades dielétricas;
- c) corrente suportável de curto-circuito;
- d) eficácia do circuito de proteção;
- e) distâncias de escoamento e de isolamento;
- f) funcionamento mecânico;
- g) grau de proteção;
- h) características elétricas do sistema de linha elétrica pré-fabricada;

- i) resistência estrutural;
- j) resistência ao esmagamento;
- k) resistência dos materiais isolantes ao calor anormal;
- l) resistência à propagação de chama;
- m) barreira corta-fogo em passagem de edificações.

5. Especificações Técnicas Subestação

5.1 Proteções - alta tensão:

A proteção geral da instalação será feita por intermédio de:

- Pára-raios para proteção contra sobretensões, originárias de descargas atmosféricas ou do próprio sistema, instalados nos condutores fase, de óxido zinco, polimérico, sem centelhador com desligador automático, tensão nominal 12 kV, MCOV de 10,2 kV, para sistema de 13,8 kV, respectivamente, corrente nominal de descarga 10kA, frequência 60 HZ, tensão suportável de impulso atmosférico 95 KV.

5.2 Linhas De Distribuição Em MT

- Os cabos alimentadores de média tensão serão unipolares, com isolamento sólida extrudada de borracha etileno-propileno (EPR) conforme NBR-7286, classe 8,7/15kV, a campo radial + blindagem do condutor e da isolamento + blindagem metálica, e seção conforme mostrado nos desenhos de projeto.
- A instalação de cabos entre a saída do Disjuntor de Média Tensão e a Entrada da Subestação será rede de eletrodutos aparente, compostos por eletrodutos fabricados em aço carbono zincado à quente.
- Pára-raios para proteção contra sobretensões, originárias de descargas atmosféricas ou do próprio sistema, instalados nos condutores fase, de óxido zinco, polimérico, sem centelhador com desligador automático.
- Chave Seccionadora deverá ser tripolar com manual e previsão de comando elétrico, com operação acessível.
- Relé de Proteção P3, dispositivo digital microprocessado destinado à proteção, controle e supervisão de equipamentos em média tensão. O equipamento integra funções de sobrecorrente, faltas à terra, subtensão/sobretensão, frequência, falha de disjuntor e, quando aplicável, proteção diferencial e contra arco elétrico, assegurando seletividade, confiabilidade e segurança operacional do sistema, com possibilidade de integração a sistemas de automação e supervisão.
- Mufla de 15 kV, acessório de terminação destinado à isolamento elétrica e proteção mecânica de cabos de média tensão, permitindo a conexão segura com barramentos e equipamentos.

- Poste de média tensão, elemento estrutural destinado ao suporte mecânico de equipamentos elétricos, cabos e acessórios, garantindo a sustentação e o posicionamento adequado das redes e conexões. O componente é projetado para resistir a esforços mecânicos e condições ambientais, assegurando estabilidade, segurança e continuidade operacional do sistema elétrico.
- Barramento de cobre eletrolítico, destinado à condução e distribuição de correntes elétricas em painéis e conjuntos de média e baixa tensão. Fabricado em cobre de alta pureza, o componente apresenta excelente condutividade elétrica e resistência mecânica, assegurando baixa queda de tensão, elevada durabilidade e confiabilidade operacional do sistema elétrico.
- Travessia e vãos, responsáveis por sustentar os condutores em trechos retilíneos ou em vãos de maior extensão. O suporte será realizado por meio de isoladores de pino ou suspensão, de acordo com as condições de instalação e esforço mecânico do trecho.
- Estruturas de ancoragem nos pontos de mudança de direção, finais de linha ou locais de maior solicitação mecânica. Tais estruturas fixam os cabos através de isoladores de ancoragem, assegurando resistência, estabilidade e confiabilidade à rede.
- Isoladores elétricos de média tensão, destinados a garantir a isolação entre os condutores e as estruturas de sustentação. Os modelos podem ser de pino, suspensão ou pedestal, conforme a necessidade da aplicação, assegurando desempenho elétrico e mecânico adequado.

5.3 QGBT + QTA

- Os Painéis QGBTs serão do tipo TTA (Totalmente Testados), a fim de garantir a segurança das instalações elétricas. Deverá ser observado projeto específico.
- Todos os QGBTs e QDs deverão ter:
 - Barreiras como proteção básica contra choques elétricos conforme NBR 5410.
 - Placas de advertência conforme item 6.5.4.10 da NBR 5410.
 - Barra de neutro e barra de proteção (PE).
 - O Grau de proteção mínima para quadros abrigados será IP-21, e para quadros ao tempo será IP-65. (NBR5410)
- Os Painéis QTAs serão do tipo TTA (Totalmente Testados), a fim de garantir a segurança das instalações elétricas. Deverá ser observado projeto específico.
- Todos os QTAs e QDs deverão ter:
 - Barreiras como proteção básica contra choques elétricos conforme NBR 5410.
 - Placas de advertência conforme item 6.5.4.10 da NBR 5410.
 - Barra de neutro e barra de proteção (PE).
 - O Grau de proteção mínima para quadros abrigados será IP-21, e para quadros ao tempo será IP-65. (NBR5410).

6. Grupo Gerador

6.1 Geradores

Grupo Motor Gerador com kit de atenuação de 75 dB a 1.5m de distância da saída de ar do radiador, equipado com silencioso hospitalar. Potência nominal de 500KVA / 400 kW em regime de emergência e 456 kVA 365 kW em regime de fonte principal, 60 Hz, com tensão trifásica 380/220 VCA, com sistema de arrefecimento por radiador com sistema de controle micro processado para gerenciamento do Grupo Gerador e disjuntor motorizado montados junto aos geradores que permite a partida e paralelismo manual, independente do comando das transferências.

- a. Tensão de alimentação: 380/220V
- b. Frequência : 60HZ
- c. Potência : 500KVA em regime de emergência
- d. Tensão de comando: 24Vcc
- e. Kit de Atenuação: 75dB a 1,5m de distância
- f. Tanque sub-base: 500L no mínimo
- g. Torneira boia para abastecimento automático do tanque sub-base por gravidade.
- h. Boia magnética com 4 níveis de alarme de nível de combustível.
- i. Flexível de escape
- j. Aço Inox.
- k. Radiador
- l. Temperatura ambiente de 40°C.
- m. Combustível: Diesel
- n. Motor de partida: 24Vcc
- o. Baterias de partida: 2 de 150A/h ligadas em série.
- p. Carregador flutuador de baterias 5A / 24Vcc.
- q. Rotação: 1800rpm
- r. Disjuntor motorizado na base: 800A, 42kA.
- s. Governador eletrônico de velocidade
- t. Válvula solenóide de parada de combustível com tensão de 24Vcc
- u. Filtro de ar com elemento seco substituível e indicador de restrição
- v. Filtro de combustível separador de água
- w. Bomba injetora.
- x. Pré aquecimento em 220V.
- y. Manual em CD em português.

Atendimento obrigatório às normas, To BS4999/5000 pt 99, VIDE 0530, UTE5100, NEMA MG1-22, CEMA, IEC 34, CSA A22.2, AS1359, BSS 5514, ISSO 3046 e ISSO 8528.

6.2 Motor Diesel

Motor Diesel turbinado de 14 litros no mínimo, com sistema de injeção mecânica direta, sistema de arrefecimento através de radiador com ventilador acoplado e tanque de expansão incorporado, 6 cilindros em linha, desenvolvendo 451 kWm de potência bruta mínima a 1800 RPM em stand-by,

construção específica para acionamento de alternadores elétricos, ou seja, motor projetado e fabricado para aplicação exclusivamente estacionária.

6.3 Alternador

Alternador sem escovas, mancal único, Brushless, 4 pólos, síncrono, trifásico, com PMG*, classe de isolamento e elevação de temperatura H, impregnação à vácuo, grau de proteção IP-23, próprio para cargas deformantes, acoplamento direto ao motor através de discos flexíveis, arrefecimento por ventilador montado no próprio eixo, com regulador de tensão, 60 Hz, 1800 RPM, reconectável em diferentes tensões.

- a) PMG - Gerador de imã permanente:
- b) Equipamento instalado no Alternador que fornece energia ao regulador eletrônico de tensão independente da tensão de saída do alternador. Empregado para melhor desempenho na partida de motores e maior imunidade ao efeito de harmônicas induzidas por cargas não lineares.

6.4 Quadro de Transferência

- a) 3 (três) Quadros de Transferência padrão TTA, conforme norma (NBR IEC 60439-1) com sistema de transferência em Rampa, duas compostas por dois disjuntores de 2500A e uma composta por dois disjuntores de 1600A, 65kA, módulo de controle micro processado, capaz de comandar o paralelismo das máquinas e também a transferência de carga gerador / rede de maneira aberta ou fechada (em rampa). Equipado com controle micro processado, que monitora a rede e controla a transferência. Sistema de controle inteligente de carga, que aciona os equipamentos de acordo com a potência consumida pelo hospital. Esse sistema deverá executar o rodízio automático das máquinas, dando preferência para o funcionamento das máquinas com menor quantidade de horas de funcionamento. A interface do painel possibilita a visualização de indicação de status da transferência, monitoramento da rede. Os três quadros de transferência serão acoplados por barramentos na entrada dos geradores, de modo a permitir a divisão exata de cargas entre os oito geradores.
- b) Sincronismo com a rede - O controle incorpora uma função de sincronismo digital entre o barramento de paralelismo dos geradores e o barramento da rede elétrica da concessionária, permitindo a transferência em rampa.
- c) Botões de Controle para seleção de transferência Automática e Manual, Teste e Partida e Parada dos geradores.
- d) Tensão de alimentação: 380/220V
- e) Frequência : 60HZ
- f) Corrente QTA 1: 2500 A

- g) Corrente QTA 2: 1600 A
- h) Corrente QTA 3: 2500 A
- i) Tensão de comando: 24vcc
- j) Nível de Curto: 65kA
- k) Padrão de montagem: TTA
- l) Tipo da Transferência: Rampa
- m) Operação: Regime de emergência
- n) Comunicação MODBUS.

7. Serviços a Executar

O responsável pela execução somente deverá executar subestação após autorização da EQUATORIAL, e a execução da subestação, memorial descritivo e lista de materiais em anexo. O poste derivação deverá ser executada pela EQUATORIAL ou por empresa cadastrada na mesma após aprovação do projeto de distribuição.

Os responsáveis pela execução e manutenção deverão ter comprovação de experiência em execução de obras comerciais ou industriais e certificado de treinamento relacionado à NR-10, e somente devem trabalhar mediante autorização, e instruídos com relação às condições do local e às tarefas a serem nele executadas.

8. Itens mínimos de segurança estabelecidos pela NR-10

a) Especificação das características relativas à proteção contra choques elétricos, queimaduras e outros riscos adicionais;

No projeto das instalações elétricas foram consideradas as medidas de proteção para garantir a segurança estabelecida no capítulo 5 das normas de instalações elétricas, tanto na NBR 5410 quanto na NBR 14039.

Para proteção contra choques elétricos, foram instalados em todos os circuitos Dispositivos Diferenciais Residuais, com corrente residual nominal de 30 mA. Para proteção contra queimaduras foram instalados disjuntores com atuação térmica a frio e magnética. Para contatos diretos e indiretos, em todos os circuitos há um condutor de aterramento de proteção.

b) Todos os dispositivos de proteção e manobra devem ter indicação de posição de manobra dos circuitos elétricos: (Verde - “D”, desligado e Vermelho - “L”, ligado);

c) Descrição do sistema de identificação de circuitos elétricos e equipamentos, incluindo dispositivos de manobra, de controle, de proteção, de inter-travamento, dos condutores e os próprios equipamentos e estruturas, definindo como tais indicações devem ser aplicadas fisicamente nos componentes das instalações;

Todos as tomadas deverão ser identificadas com etiqueta adesiva de alta resistência, bem como condutores de ligação através de anilhas indicando o tipo de condutor (F-Fase, N-Neutro, T-Terra,) e o circuito que pertence (C1, C2...). Em todos os quadros de distribuição, os disjuntores deverão ser identificados.

d) Recomendações de restrições e advertências quanto ao acesso de pessoas aos componentes das instalações;

Os responsáveis pela execução e manutenção deverão ter comprovação de experiência em execução de obras comerciais ou industriais e certificado de treinamento relacionado à NR-10, e somente devem trabalhar mediante autorização, e instruídos com relação às condições do local e às tarefas a serem nele executadas.

Para proteção contra áreas energizadas, os condutores sempre devem passar dentro de eletrodutos e devidas quais e quadros, e os quadros de distribuição deverão possuir barreiras como proteção básica contra choques elétricos conforme NBR 5410, com a seguinte advertência, sinalizada de forma clara e visível:

1. Quando um disjuntor ou fusível atua, desligando algum circuito ou a instalação inteira, a causa pode ser uma sobrecarga ou um curto-circuito. Desligamentos frequentes são sinal de sobrecarga. Por isso, NUNCA troque seus disjuntores ou fusíveis por outros de maior corrente (maior amperagem) simplesmente. Como regra, a troca de um disjuntor ou fusível por outro de maior corrente requer, antes, a troca dos fios e cabos elétricos, por outros de maior seção (bitola).

2. Da mesma forma, NUNCA desative ou remova a chave automática de proteção contra choques elétricos (dispositivo DR), mesmo em caso de desligamentos sem causa aparente. Se os desligamentos forem frequentes e, principalmente, se as tentativas de religar a chave não tiverem êxito, isso significa, muito provavelmente, que a instalação elétrica apresenta anomalias internas, que só podem ser identificadas e corrigidas por profissionais qualificados.

A DESATIVAÇÃO OU REMOÇÃO DA CHAVE SIGNIFICA A ELIMINAÇÃO DE MEDIDA PROTETORA CONTRA CHOQUES ELÉTRICOS E RISCO DE VIDA PARA OS USUÁRIOS DA INSTALAÇÃO.”

e) Precauções aplicáveis em face das influências externas;

Como as instalações elétricas do QGBT estão sujeitas a projeção de água, o quadros foi dimensionado com proteção mínima IP-54. O restante pode ser IP-40.

f) o princípio funcional dos dispositivos de proteção, constantes do projeto, destinados à segurança das pessoas;

1. DISJUNTORES

O DISJUNTOR GERAL, do quadro de distribuição geral (QDG), será tripolar, padrão europeu e possuirá corrente nominal de interrupção conforme quadro de cargas e cálculo de demanda para a unidade.

2. PROTETOR CONTRA SURTOS

Deverá ser utilizados dispositivos de proteção contra surto de baixa tensão (DPS), e alta capacidade com varistores a óxido metálico à montante das proteções gerais do QGBT, Medição de Serviço, Centros de medição e conectados ao barramento de terra dos mesmos protegidos por disjuntor termomagnético monopolar, com corrente nominal 20A e capacidade de interrupção compatível com o nível de curto-circuito existente no ponto de instalação, conforme diagrama unifilar. No QGBT deverá ser utilizado DPS Classe I conforme especificações abaixo, na medição de serviço e centros de medição deverão ser utilizados DPS Classe II conforme especificações abaixo.

- **DPS Classe I**
- Tensão de Corte **275V**
- Frequência **60Hz**
- Corrente Nominal **25 kA (8/20µs)**
- Corrente Máxima **60 kA (8/20µs)**
- **DPS Classe II**
- Tensão de Corte **280V**
- Frequência **60Hz**
- Corrente Nominal **20 kA (8/20µs)**
- Corrente Máxima **40 kA (8/20µs)**

3. DISPOSITIVO DIFERENCIAL RESIDUAL (D.R)

Deverão ser utilizados dispositivos de proteção contra fuga de corrente, bipolar, corrente nominal de 25A para um circuito individual ou tetrapolar, com corrente nominal conforme indicado no projeto. Todos deverão possuir sensibilidade de corrente de fuga de 30 mA, tempo de atuação de 40 ms e utilizados para proteção contra choques elétricos em circuitos que possuam tomadas nas proximidades de área molhada, como tomadas de copa, área de serviço, banheiros, dentre outros.

4. SISTEMA DE ATERRAMENTO

Todos os sistemas serão aterrados através deste sistema de aterramento. A barra de TERRA do QGBT será utilizada como Barra de Equalização Potencial Principal (BEP).

g) descrição da compatibilidade dos dispositivos de proteção com a instalação elétrica.

Os dispositivos de proteção deverão atuar de forma coordenada, no qual deve-se levar em conta a seletividade, ou seja, que a capacidade que possui o sistema de proteção de selecionar a parte danificada da rede e retirá-lo de serviço sem afetar os circuitos sãos; exatidão e segurança,

que garante ao sistema uma alta confiabilidade operativa e sensibilidade, que representa a faixa de operação e não operação do dispositivo de proteção.

Então o sistema projetado foi feito de maneira que em caso de falha, o disjuntor do circuito terminal deverá atuar antes dos dispositivos de proteção gerais.

9. Projeto de Aterramento

O aterramento é, por definição, a conexão física com o solo efetuada com o auxílio de materiais condutores de eletricidade, em geral, denominados eletrodos. O sistema de aterramento de subestação aqui dimensionado visa exercer os papéis de proteção e funcional. O aterramento de proteção é construído com a finalidade de proteger pessoas contra choques elétricos por contatos indiretos. O aterramento funcional tem por finalidade proporcionar uma referência fixa para a grandeza tensão elétrica e visa o correto funcionamento da instalação.

O projeto referenciado foi elaborado em consonância com:

- **NTC 60 - Critério para Projetos e Procedimento para Execuções de Aterramentos de Redes Aéreas e Subestações de Distribuição;**
- **NBR 15751:2009 - Sistemas de aterramento de subestações — Requisitos**
- **NBR 7117**, Medição da resistividade do solo pelo método dos quatro pontos (Wenner)
- **NBR 15749**, Medição de resistência de aterramento e de potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento;
- **IEC 60479-1**, Effects of current on human beings and livestock - Part 1: General aspects
- **NBR 5410/2005** - Instalações Elétricas de Baixa Tensão;
- **NBR 15751:2009 Sistemas de Aterramento de Subestações - Requisitos**
- **NBR 16527** - Aterramento para sistemas de distribuição
- **NBR 14039/2003** - Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV;
- **NR-10** - Norma Regulamentadora de Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade.

Especial atenção foi dada às normas da ABNT NBR 15751 e a NTC 60 bem como à Norma Regulamentadora n° 10 - “Segurança em instalações e serviços em eletricidade” expedida pelo Ministério do Trabalho e Emprego.

9.1 Critérios de Segurança

Para um sistema de aterramento ser considerado seguro para qualquer condição de defeito devem ser definidas as tensões de toque e de passo admissíveis. Os critérios de segurança em relação a tensões de toque e passo admissíveis consideram como parâmetro uma pessoa de 50 kg.

9.2 Medição de Resistividade do Solo

Como método de medida da resistividade do solo usa-se o 'ARRAY DE WENNER' ou Método de Wenner, método este que tem como base o Teorema de Helmholtz (interação entre tomadas de terra).

O método, como é conhecido, consiste na colocação de quatro eletrodos numa linha que atravessa a parte do terreno onde se pretende medir a resistividade do solo (ρ). Os eletrodos foram colocados em linha, respeitando a distância e entre eles, que deverá ser de 2m,4m,6m,8m.

A corrente de teste foi injetada entre c1 e c2 (retorno efetuado pelo interior do solo). Essa corrente que circula pelo interior do terreno, provocou um diferente aumento do potencial nos eléctrodos P1 e P2, e essa diferença de potencial foi interpretada pelo instrumento como uma tensão U_x , dividindo essa tensão pela corrente I_x que está a ser injetada em c1 (ou c2), e com isso foi obtido uma Resistência de Terra (convencionada como R_t).

9.3 Material utilizado

- TERROMETRO DIGITAL: INSTRUM TMD 20KW nº de série IN 119022-18633
- Display LCD
- 4 estacas tipo Cooperweld de 40cm
- 4 faixas de medição : 0-20/200/2000/20kohms

9.4 Tipo e condições do Solo no momento da medição

O solo encontrado no local é do tipo argiloso (Latossolo), se encontrava seco no momento da medição e não houve nenhum tipo de tratamento químico no local.

9.5 Estratificação do Solo

Na análise foi verificada uma única camada do solo, sendo este considerado como monocamada de Latossolo. Porém foi escolhido utilizar uma modelagem matemática de duas camadas para uma avaliação completa do comportamento das tensões durante o percurso da malha.

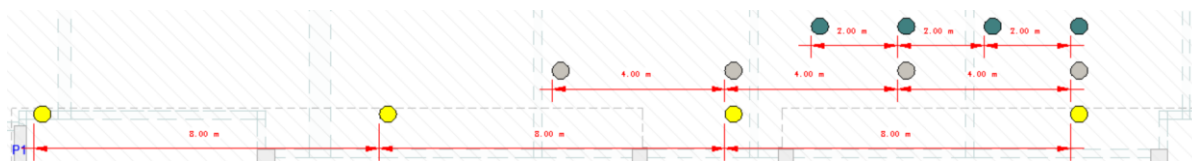
9.6 Data, hora e condições ambientais no momento da medição

A medição foi realizada no dia 10 de agosto de 2025, entre às 15h00min às 16h30min. Havia nuvens, a temperatura ambiente era de 29°C, com umidade relativa do ar de 63% segundo dados levantados em local e confirmado pelo endereço eletrônico do INMET.

9.7 Grandezas Elétricas

As resistências de terra indicadas abaixo foram verificadas após utilizarmos o Método de Wenner. O instrumento utilizado foi o INSTRUM TMD 20KW nº de série IN 119022-18633.

Foram feitas medições em 4 posições conforme croqui abaixo:

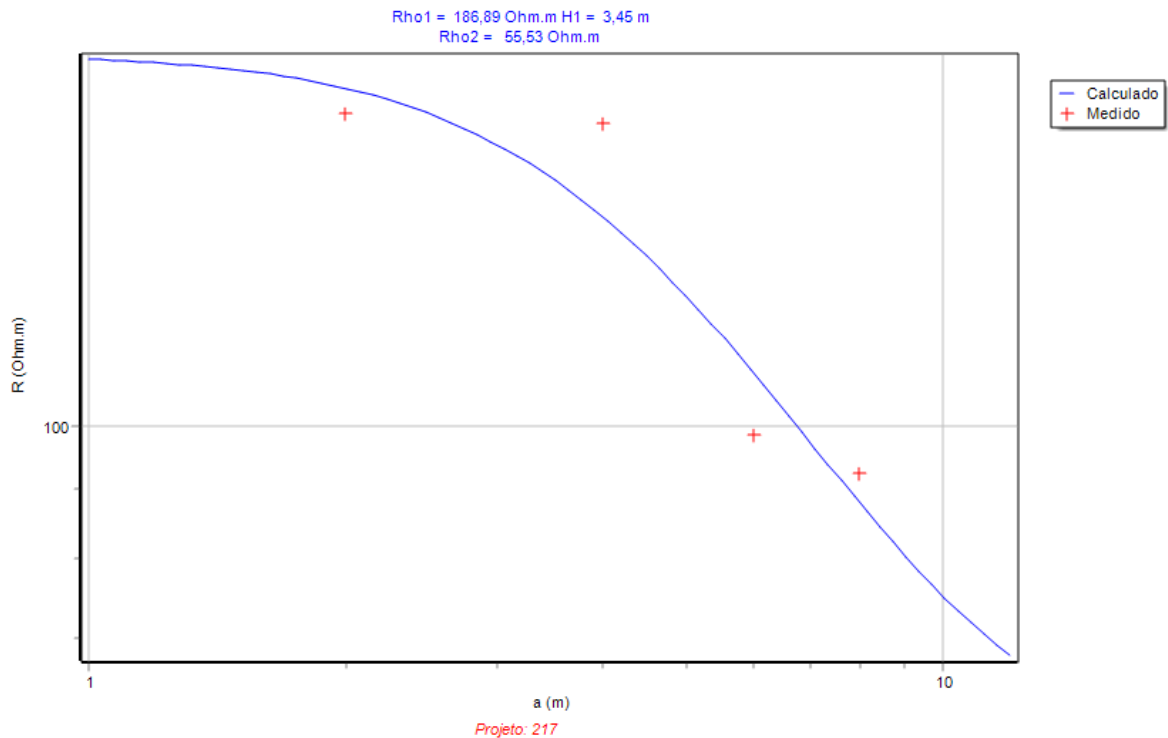


Utilizando a formula abaixo, os dados da tabela acima e sabendo que a distância entre as hastes (e) foi igual a 2,4 e 8 m, torna-se possível calcularmos a resistividade do solo, assim:

$$\rho = 2 \cdot \pi \cdot e \cdot R_t$$

LOCAL DA MEDIDA (VER ESQUEMÁTICO)	RESISTÊNCIA DE TERRA (Rt) Ω	DISTÂNCIA ENTRE AS HASTES (m)	RESISTIVIDADE Ω.m
A (VERDE)	167	2	2852,2712
A (VERDE)	171	2	2920,5891
B (AZUL)	193	4	3296,3374
B (AZUL)	140	4	2391,1256
C (PRETO)	91	8	1554,2316
C (PRETO)	94	8	1605,4700
RESISTIVIDADE MÉDIA Ω.m	2270,0042		

Deste modo o Cálculo da resistividade entrega o seguinte gráfico de resistividade:



9.8 Dimensionamento do Condutor da Malha

9.8.1 Mecânico

Para atender aos esforços mecânicos a NBR 15751:2009 estabelece que a seção nominal mínima é 50mm²

9.8.2 Térmico

O Condutor deve ter uma seção capaz de suportar a circulação de uma corrente de falta máxima durante um tempo sem que a temperatura se eleve a um valor acima do limite suportável considerando a temperatura ambiente.

A equação de Onderdonk permite o cálculo da seção, é dada por:

$$S = I_f \sqrt{\frac{t \times \alpha_f \times \rho_t \times 10^4}{TCAP \times \ln \frac{(k_0 + T_m)}{(k_0 + T_a)}}}$$

- S é a seção, expressa em milímetros quadrados (mm²);
- I_f é a corrente de falta fase-terra, expressa em quiloampères (kA);
- t é o tempo, expresso em segundos (s);
- α_r é o coeficiente térmico de resistividade do condutor a t °C (°C⁻¹);
- ρ_t é a resistividade do condutor de aterramento a t °C, expressa em ohm x centímetro ($\Omega \times \text{cm}$);
- $TCAP$ é o fator de capacidade térmica, em joule por centímetro cúbico vezes graus Celsius [$\text{J}/(\text{cm}^3 \times ^\circ\text{C})$];
- T_m é a temperatura máxima suportável, expressa em graus Celsius (°C), conforme Tabela 1;
- T_a é a temperatura ambiente, expressa em graus Celsius (°C);
- $k_0 = 1/\alpha_0$ ou $(1/\alpha_r) - T_r$;
- k_0 é o coeficiente térmico de resistividade do condutor a 0 °C;
- T_r é a temperatura de referência das constantes do material, em graus Celsius (°C).

PARÂMETRO	VALORES
CORRENTE DE FALTA FASE-TERRA EM KA	2,15
TEMPO DE ATUAÇÃO DA PROTEÇÃO (S)	0,15
COEFICIENTE TÉRMICO DO CONDUTOR	0,00393
RESISTIVIDADE DO CONDUTOR OHMxCM	172
FATOR DE CAPACIDADE TÉRMICA	3,42
TEMPERATURA MÁXIMA SUPORTÁVEL	850
TEMPERATURA AMBIENTE	40
TEMPERATURA DE REFERÊNCIA DO MATEIRAL	234
COEFICIENTE DE RESISTIVIDADE A 0 °C	1,72
SEÇÃO DO CABO PARA ATENDER O DIMENSIONAMENTO TÉRMICO DA NBR 15751 (mm ²)	3,42

Seção mínima do condutor na conexão: 3,16 mm²

Foi definida a cordoalha de 70mm² para o aterramento de todos os componentes da subestação, onde atende-se o dimensionamento térmico e mecânico.

9.9 Geometria Básica da Malha

Em cálculo preliminar a Resistência do aterramento pode ser expresso por :

$$R = \frac{\rho_a}{4r}$$

Onde ρ_a é a resistividade do solo aparente, expressa em Ωxm e r é o raio equivalente da área do sistema de aterramento expresso em m.

Para a malha do pav. Subsolo e térreo a resistência preliminar é dada pela equação:

$$R = \rho_a \left\{ \left(\frac{1}{Lt} \right) + \left(\frac{1}{\sqrt{20xA}} \right) x \left[1 + \left(\frac{1}{1 + H\sqrt{20xA}} \right) \right] \right\}$$

Onde Lt é o comprimento total da malha, H é a profundidade da malha e A é área da Malha.

Como geometria inicial foi estabelecido que o aterramento será feito por cordoalha de cobre Nú de 50mm², Soldas Exotérmicas, Hastes no Perímetro.

Malha com retículos divididos em ordem geométrica de 2 com 3 divisões em cada sentido com dimensões totais de 5mX8,0m.

Está configuração entrega uma resistência de 5,52 Ohm.

A fim de melhorar a configuração da malha foi feito uma nova configuração de malha com retículos de em Mesh geométrico de 2ª ordem e com 3 divisões em um sentido e 4 divisões no outro sentido nas mesmas dimensões gerais da primeira malha.

Está configuração entrega uma resistência de 5,27 Ohm.

9.10 Cálculo das Tensões Permissíveis

Levando em consideração o nível de curto e o tempo de duração da falta temos os seguintes valores de tensões máximas admissíveis

DADO	VALORES
CORRENTE DE FALTA FASE-TERRA EM KA	2,15kA
TEMPO DE ATUAÇÃO DA PROTEÇÃO (S)	0,15s
TENSÃO DE TOQUE ADMISSÍVEL	1844,63V
TENSÃO DE PASSO ADMISSÍVEL	6162,39V

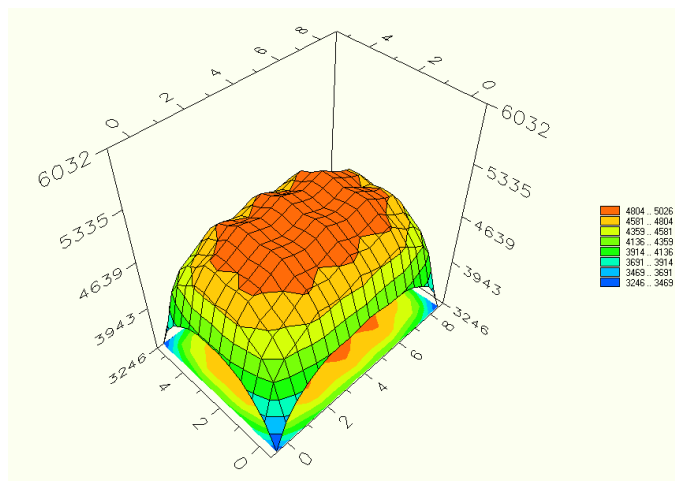
9.11 Cálculo da Máxima elevação de potencial da Malha

Levando em consideração o nível de curto e o tempo de duração da falta temos os seguintes valores de Máxima corrente de Malha:

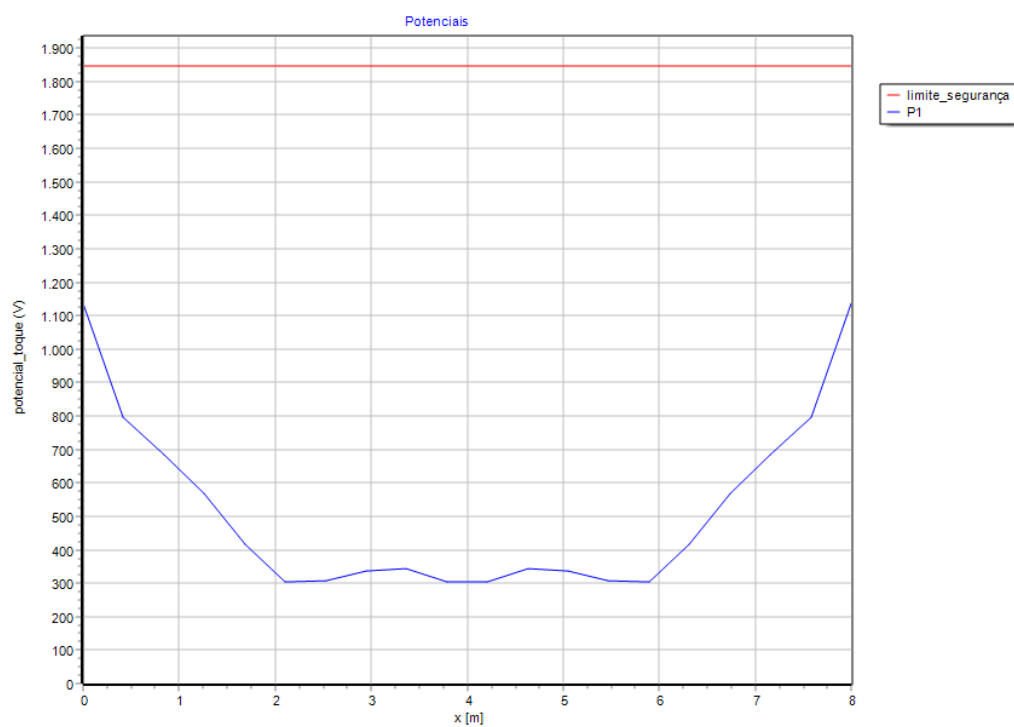
DADO	VALORES
CORRENTE DE FALTA FASE-TERRA EM KA	2,15kA
TEMPO DE ATUAÇÃO DA PROTEÇÃO (S)	0,15s
MÁXIMA ELEVACÃO DE POTENCIAL DA MALHA	5273,11V

9.12 Cálculo dos potenciais da Malha

Com software TECAT PRO 6 foi feita a Análise do Comportamento das tensões de passo e de toque da malha de aterramento

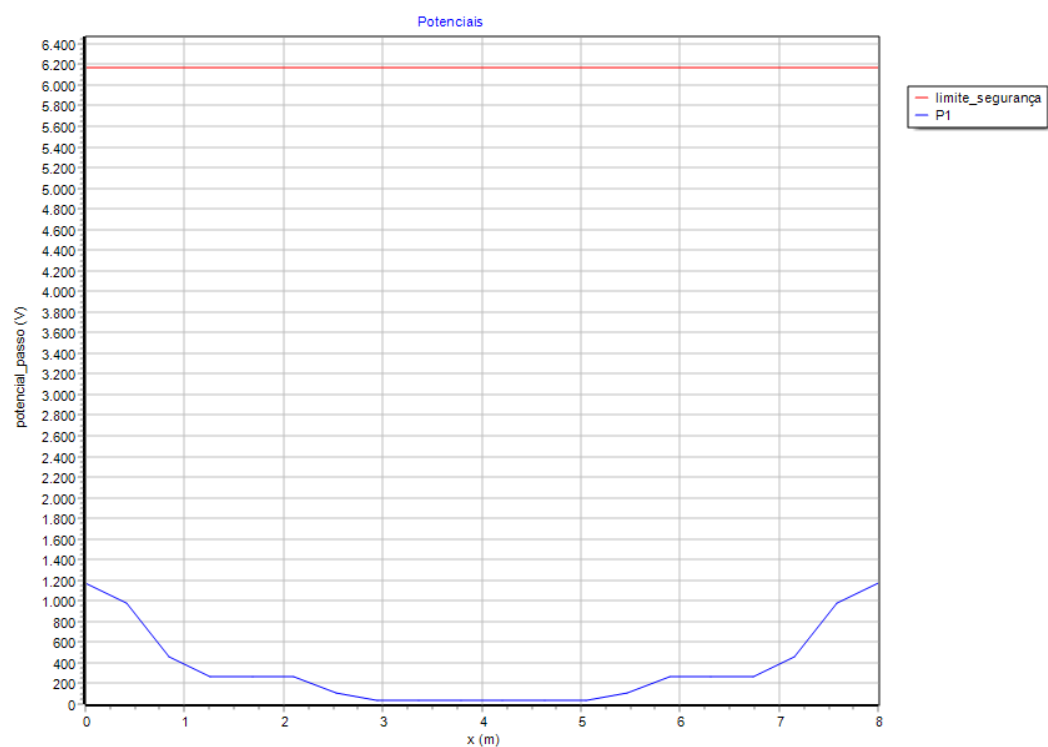


9.13 Potencial de Toque da Malha



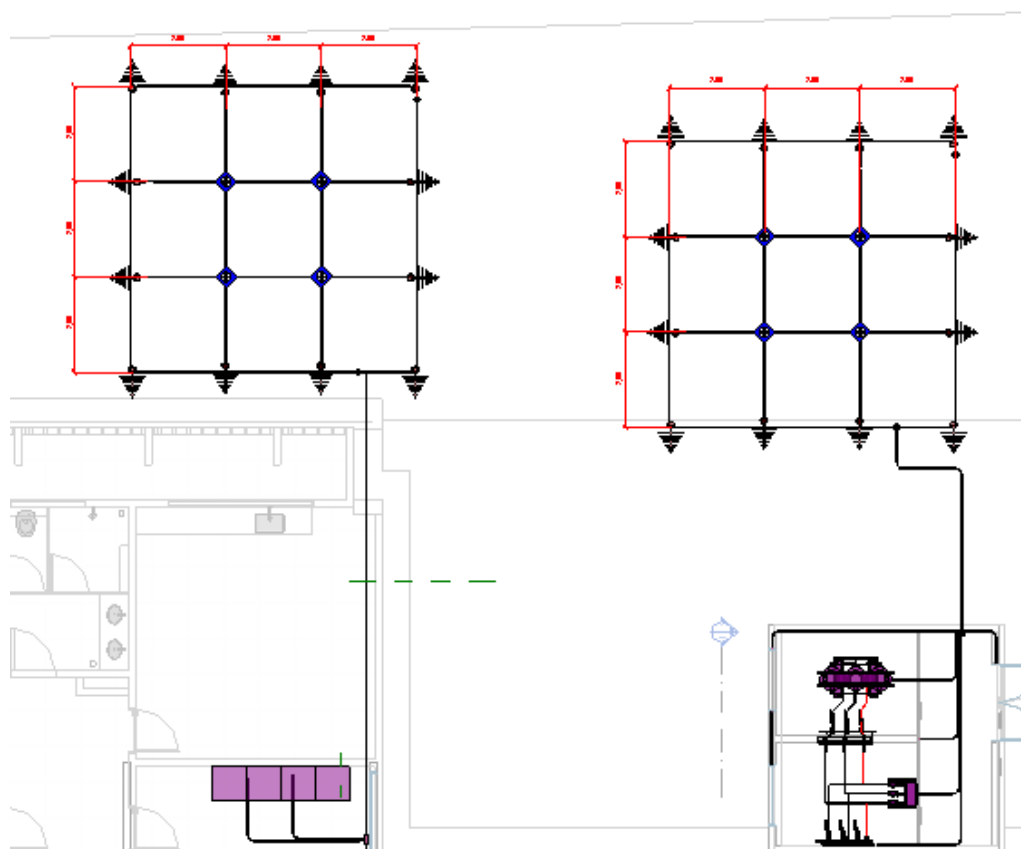
A Malha atende os requisitos de segurança.

9.14 Potencial de Passo da Malha



A Malha atende os requisitos de segurança.

9.15 Projeto da Malha



9.16 Especificações Técnicas dos Aterramentos e Componentes do Sistema

9.16.1 Aterramento dos Para Raios

- Do terminal de terra do equipamento, ligar um condutor de terra, de mesma seção que o condutor da malha, partindo do equipamento e descendo apoiado até o piso.
- Na descida do condutor para ligação à malha, recomenda-se que o último conector antes da ligação final com a malha possa atender à conexão de dois condutores.

9.16.2 Aterramento funcional

- Os condutores de aterramento (rabichos), onde pode ocorrer a injeção de correntes impulsivas (painéis de média, descidas de captosres pára-raios, aterramentos de pára-raios de linha) devem ser ligados diretamente ao eletrodo de aterramento.

9.16.3 Cordoalhas de Cobre Nú

- Nos locais de movimentação de veículos pesados dentro da subestação, recomenda-se que os cabos de cobre sejam lançados frouxos (não tensionados) de forma que a movimentação do condutor enterrado, devido à passagem da viatura sobre o solo, não produza esforços no restante da malha de aterramento, ocasionando o rompimento das conexões ou do próprio condutor.

9.16.4 Aterramento do Isolador pedestal

Como o isolador de pedestal não possui terminal de aterramento, utilizar um dos seus parafusos de fixação à base para a ligação do conector de aterramento.

9.16.5 Aterramento do Banco de Capacitores

O aterramento para bancos de capacitores deve ser de “ponto único”. Seus componentes devem ser aterrados da seguinte):

- estruturas: ligar um dos “pés” das estruturas metálicas de cada fase à malha de terra;
- capacitores: o barramento de neutro que interliga as fases do banco de capacitores deve ser ligado à malha em um único ponto e isolado das estruturas de sustentação. Para dois

ou mais estágios, o barramento que une o neutro dos vários estágios deve ser ligado à malha de terra em um ponto único

- transformador de potencial do banco: as blindagens dos cabos que partem dos terminais X1 e X2 devem ser ligadas na barra de terra do respectivo painel no interior da casa de comando. A bucha de neutro deve ser ligada à malha de terra, isolada da estrutura metálica do banco;
- reator: ligar um dos pés da estrutura metálica do suporte à malha de terra.

9.16.6 Aterramento das Chaves Seccionadoras

- Para qualquer acionamento manual, a alavanca ou haste deve ser aterrada por intermédio de cordoalha conectada à ligação da carcaça do equipamento com a malha de terra. Junto aos dispositivos de manobra podem ser instalados condutores adicionais

9.16.7 Aterramento dos Transformadores de Potência

- Ligar as buchas de X0 e de H0 em pontos bem próximos na malha de terra. Ligar apenas um ponto de aterramento do tanque principal à malha de terra.

9.16.8 Aterramento das Caixas de Passagem

- As caixas de passagem devem conter em seu interior, como nas canaletas, um condutor de blindagem passando por todos os seus lados, com a função de aterrar os eletrodutos que são interrompidos pela caixa.

Estando a caixa dentro dos limites da malha, aterrar somente o condutor de blindagem em um ponto da malha de terra o mais próximo possível da caixa.

Estando fora dos limites da malha, utilizar o mesmo procedimento acima, acrescentando-se um anel circundando a caixa, onde será ligado o condutor que aterra os eletrodutos da caixa. Nesse anel devem ser ligadas hastes de aterramento. Num percurso contendo várias caixas de passagem, todos os anéis devem ser interligados, devendo ainda ser previstas nessa interligação a colocação de hastes.

9.17 Conclusão

Na malha de aterramento dimensionada é utilizado cordoalha de 70mm² e hastes de 3 metros de aço cobreado, essa atende critérios de segurança com tensão de passo e de toque dimensionada conforme NT-60 e usando software TCAT

Planilha de Medição de Resistividade do Solo

El retiro		PLANILHA DE MEDIÇÃO				FOLHA Nº: 1		REV.: 00	
						Nº DOCUMENTO: 001			
						DATA: 26/07/2025			
01	EMPREENHIMENTO: UFG CIDADE OCIDENTAL								
02	Park Lozandes				CIDADE: GOIÂNIA			ESTADO: GO	
03	DADOS DO SISTEMA								
04	CLASSIFICAÇÃO DO SOLO	NATUREZA		TERRA	ARGILA	AREIA	PEDRAS SOLTAS		
05		ESTADO		ÚMIDO		SECO			
06	TEMPERATURA AMBIENTE: 35		°C	UMIDADE RELATIVA DO AR: 27		%			
07	INSTRUMENTO MEDIÇÃO: INSTRUM TMD 20KW					Nº SÉRIE: IN 119022-18633			
08	MEDIÇÃO DAS RESISTÊNCIAS EM CAMPO								
09	PONTOS	DISTÂNCIA SONDA DE CORRENTE(m)		PROFUNDIDADE DA SONDA(m)		RESISTÊNCIA MEDIDA Ω			
10	1	2m		0,5		167			
11	2	2m		0,5		171			
12	3	4m		0,5		193			
13	4	4m		0,5		140			
14	5	8m		0,5		91			
15	6	8m		0,5		94			
17	7								
18	8								
19	OBSERVAÇÃO								
20									
21									
22									
23									
24									
25	DADOS - CONTROLE								
26	ACOMPANHAMENTO TÉCNICO: Eng. Jorge Luiz/Materus Ribeiro					DATA:10/08/2025			
27	INÍCIO: DATA		HORA:	FIM: DATA		HORA:		hh EQUIP.:	
28	LIBERADO :		LIBERADO COM RESTRIÇÕES :			NÃO-LIBERADO:			
29	EXECUTANTES: Mateus Ribeiro					VISTO:			
30	RESPONSÁVEL PELA OBRA:-								
31	PARECER TÉCNICO: Laudo								

10 Referências Autorais

- Autor do Projeto: Engº Eletricista Jorge Luiz Rodrigues da Silva
- Registro Profissional: CREA **20.372/D-GO**
- Endereço: Ed. Buena Vista Office Design - Av. T-4, nº 619 - Sala 1213 - St. Bueno, Goiânia - GO, 74230-035
- Tel.: (62)3086-3937

Goiânia, 10 de Junho de 2025



ENG. JORGE LUIZ RODRIGUES DA SILVA

CREA-GO - 20.372/D-GO

AUTOR DO PROJETO