



Universidade Federal de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

BRUNO CLÁUDIO DUARTE CORRÊA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

Campina Grande, Paraíba
Janeiro de 2013

BRUNO CLÁUDIO DUARTE CORRÊA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

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

Área de Concentração: Eletrotécnica

Orientador:

George Rossany Soares de Lira.

Campina Grande, Paraíba
Janeiro de 2013

BRUNO CLÁUDIO DUARTE CORRÊA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

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

Área de Concentração: Eletrotécnica

Aprovado em / /

Professor Avaliador
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Professor George Rossany Soares de Lira.
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

Dedico este trabalho à minha falecida mãe, na tentativa de lhe fazer uma homenagem em agradecimento a tudo que ela fez por mim, sempre.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter me trazido a vida e ter me dado uma segunda chance após o acidente que sofri em agosto de 2008.

A meus pais e meus irmãos, por sempre estarem ao meu lado em minhas decisões, me oferecerem as melhores condições de estudo e sempre me motivarem nas horas mais difíceis.

Aos meus amigos, com quem convivi nesses anos, estudando nas horas de estudar, e me divertindo nas horas de me divertir.

À INTEREST Engenharia e aos seus colaboradores, por terem me dado uma oportunidade de estágio, assim como compartilhando parte do conhecimento na área de projetos de subestações.

Ao professor orientador George Lira, por ter me guiado nesses últimos passos, sempre prestativo e atencioso.

Enfim, agradeço a todas as pessoas que, com apenas um sorriso ou de alguma outra forma, contribuíram para que hoje eu possa dizer: - “Eu sou feliz”.

*“Tomara que chova logo
Tomara meu deus tomara
Só deixo o meu cariri
No último pau-de-arara.”*

Luiz Gonzaga.

RESUMO

O estágio supervisionado foi realizado na empresa INTEREST Engenharia LTDA. A empresa elabora projetos civis, elétricos e eletromecânicos de subestações de energia elétrica. O estágio foi realizado na área eletromecânica, que consiste basicamente na escolha, alocação e instalação de equipamentos, cabos, estruturas e edificações. Dentro do projeto eletromecânico, o estagiário realizou atividades em todas as áreas envolvidas no projeto: plantas, cortes, detalhes de instalação, lista de materiais, elaboração de estudos de esticamento de cabos, projetos de sistema de proteção contra descargas atmosféricas, malha de aterramento, canaletas e eletrodutos, diagramas unifilares, e tantos outros na área. Todas estas atividades desenvolvidas foram de grande importância na formação profissional do aluno, uma vez que ele passou a se aprofundar nos conhecimentos práticos na área Eletrotécnica da Engenharia Elétrica.

SUMÁRIO

Agradecimentos.....	v
Resumo.....	vii
Sumário	viii
1 Introdução.....	9
1.1 INTEREST Engenharia Ltda.....	9
2 Subestações	11
2.1 Descrição geral de uma subestação.....	11
2.2 Tipos de Subestações	11
2.2.1 Subestações Elevadoras	11
2.2.2 Subestações de Distribuição	11
2.2.3 Subestações de Manobra	12
2.2.4 Subestações Conversoras.....	12
2.3 Tipo de Instalação	12
2.3.1 Subestação Externa ou ao tempo	12
2.3.2 Subestação Interna ou abrigada	12
2.4 Equipamentos de uma subestação.....	12
2.4.1 Transformadores de Força	12
2.4.2 Para-raios.....	13
2.4.3 Transformadores de Corrente	14
2.4.4 Transformadores de Potencial	16
2.4.5 Chaves Seccionadoras	17
2.4.6 Disjuntores.....	19
3 O Projeto de uma subestação.....	21
3.1 Gerenciamento do Projeto.....	21
3.2 Etapas do Projeto	21
3.2.1 Projeto Elétrico	22
3.2.2 Projeto Eletromecânico.....	22
3.2.3 Projeto Civil.....	22
3.2.4 Projeto Arquitetônico	22
4 Projeto Eletromecânico	24
4.1 Projetos Estudados	26
4.2 Projetos Desenvolvidos.....	26
5 CONCLUSÃO.....	28
6 Bibliografia.....	29
7 Anexo 01	30

1 INTRODUÇÃO

O Estágio Supervisionado foi realizado na empresa INTEREST Engenharia LTDA, especializada na elaboração de projeto de subestações de distribuição.

Durante o período de estágio (20/08/2012 a 21/12/2012), o estagiário participou de diversos trabalhos, onde foi dado destaque às seguintes atividades envolvendo a elaboração de projetos de subestações:

- Plantas de situação e localização;
- Cortes e detalhes de Instalação;
- Malha de aterramento;
- Canaletas e Eletrodutos
- Instalações elétricas do pátio;
- Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas;
- Listas de material;
-

Este relatório descreve, de uma maneira sucinta e ilustrativa (Capítulo 4), as atividades realizadas na disciplina do Estágio Supervisionado sob supervisão da engenheira eletricista Dayanne Rocha Barbosa.

1.1 INTEREST ENGENHARIA LTDA

A INTEREST ENGENHARIA Ltda, fundada em 1990, é uma empresa de projetos, consultoria, acompanhamento e fiscalização de obras, referentes a sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.

É formada por engenheiros e técnicos especialistas, com reconhecida experiência, que se destacaram nas áreas de estudos, projetos e implantação de sistemas elétricos de potência.

As áreas de atuação são subestações de alta e extra alta tensão, tais como projetos básico e executivo, elétrico, eletromecânico e civil; projetos de "Retrofit", que significa substituir sistemas de proteção eletromecânicos ou estáticos por sistemas

digitais; especificações de sistemas de medição, proteção, comando, controle e supervisão, etc.

Já na área de engenharia de campo, oferece os seguintes serviços: gerenciamento e acompanhamento de obras, fiscalização de usinas e subestações em operação, fiscalização de montagem, "Retrofit", comissionamento de equipamentos, projeto Eletromecânico da subestação, como dimensionamento dos equipamentos, esticamento de cabos, malha de terra, entre outros.

2 SUBESTAÇÕES

2.1 DESCRIÇÃO GERAL DE UMA SUBESTAÇÃO

Uma Subestação é uma instalação elétrica de alta potência, contendo equipamentos para transmissão, distribuição, proteção e controle de energia elétrica. Funciona como ponto de controle e transferência em um sistema de transmissão elétrica, direcionando e controlando o fluxo energético, transformando os níveis de tensão e funcionando como pontos de entrega para consumidores industriais. As subestações podem ser classificadas das seguintes maneiras:

- Quanto à função;
- Quanto ao tipo de instalação;

2.2 TIPOS DE SUBESTAÇÕES

2.2.1 SUBESTAÇÕES ELEVADORAS

As subestações elevadoras estão localizadas geralmente na saída das usinas geradoras e tem como função elevar a tensão para os níveis de transmissão e subtransmissão. A tensão é elevada para facilitar o transporte da energia e diminuir as perdas do sistema.

2.2.2 SUBESTAÇÕES DE DISTRIBUIÇÃO

As subestações de distribuição estão localizadas geralmente dentro do perímetro urbano das cidades e tem como função abaixar o nível de tensão até o patamar característico de sua distribuição na cidade. Uma subestação de distribuição comumente recebe linhas de transmissão trifásicas que fornecem energia nas tensões de 69 kV ou 138 kV e abaixa a tensão, usando transformadores, para níveis padronizados de 11,9 kV, 13,8 kV, 23 kV ou 34,5 kV, considerando tensão de linha (fase-fase).

2.2.3 SUBESTAÇÕES DE MANOBRA

As subestações de manobra interligam circuitos sob o mesmo nível de tensão, possibilitando, assim, a sua multiplicação. É responsável pelo chaveamento de linhas de transmissão, pois possibilita o seccionamento de circuitos, permitindo sua energização em trechos sucessivos de menor comprimento.

2.2.4 SUBESTAÇÕES CONVERSoras

São subestações de manobra associadas a sistemas de transmissão em CC (SE Retificadora e SE Inversora).

2.3 TIPO DE INSTALAÇÃO

2.3.1 SUBESTAÇÃO EXTERNA OU AO TEMPO

São subestações construídas em locais amplos ao ar livre. Os equipamentos são instalados ao tempo e sujeitos, assim, às condições atmosféricas desfavoráveis, de temperatura, chuva, poluição e vento, as quais desgastam os materiais componentes e a eficácia do isolamento, exigindo, portanto, uma manutenção mais frequente.

2.3.2 SUBESTAÇÃO INTERNA OU ABRIGADA

São subestações construídas em locais abrigados. Os equipamentos são instalados ao abrigo do tempo, podendo tal abrigo consistir de uma edificação ou de uma câmara subterrânea.

2.4 EQUIPAMENTOS DE UMA SUBESTAÇÃO

2.4.1 TRANSFORMADORES DE FORÇA

Na entrada das subestações geralmente são encontrados transformadores que são responsáveis por elevar ou baixar a tensão. São de grande importância na transmissão de

energia elétrica, pois, com eles, é possível elevar ou abaixar a tensão até a grandeza necessária para reduzir as perdas no sistema. A figura 2.1 mostra um transformador elevador trifásico de 80/95MVA.



Figura 2.1 – Transformador Elevador 80/95 MVA

2.4.2 PARA-RAIOS

O para-raios (mostrado na Figura 2.2) é um dispositivo protetor, que tem a função de reduzir os valores dos surtos de tensões provenientes de descargas atmosféricas (curta duração) e manobras no sistema elétrico (longa duração).

Por estarem permanentemente ligados aos circuitos elétricos aos quais se destinam a proteger, os para-raios não devem permitir a passagem de altas correntes em condições normais de operação. Já em condições anômalas, altas correntes podem ocorrer, e o para-raios deverá escoar estas altas correntes para a terra. Após a ocorrência de um surto, ele deve voltar as suas características operativas nominais.



Figura 2.2 – Para-raios

2.4.3 TRANSFORMADORES DE CORRENTE

A figura 2.3 mostra um transformador de corrente ou simplesmente TC. O TC é um dispositivo que reproduz no seu circuito secundário, uma amostra da corrente que circula no enrolamento primário. Esta corrente tem proporções definidas e conhecidas, sem alterar sua posição vetorial. Os transformadores de corrente têm seu enrolamento primário ligado em série com o circuito de alta tensão. A impedância do transformador de corrente, vista do lado do enrolamento primário, é desprezível, comparada com a do sistema ao qual estará instalado, mesmo que se leve em conta a carga que se coloca em seu secundário. Desta forma, a corrente que circulará no primário dos transformadores de corrente é ditada pelo circuito de potência, chamado de circuito primário.

Tal equipamento é necessário porque o sistema elétrico de potência exige o uso de correntes e tensões cada vez mais elevadas, para que sejam controlados e protegidos, estes sistemas utilizam instrumentos de medição e proteção que necessitam receber informações destas grandezas. Como é inviável economicamente o uso de instrumentos que meçam diretamente as tensões e correntes de linha, utilizam-se os transformadores de correntes.



Figura 2.3 – Transformadores de Corrente

Os TC's podem ser classificados como de medição ou de proteção.

Os TC's para serviço de medição possuem maior precisão e possuem um núcleo dimensionado de tal forma que ele sature não permitindo que a corrente no secundário ultrapasse o valor nominal protegendo assim os equipamentos de medição, além disso, devem manter o seu erro de classe de exatidão para correntes de carga na faixa indicada abaixo:

$$0,1I_{nominal\ do\ TC} \leq I_{carga} \leq I_{nominal\ do\ TC}$$

Suas classes mais usuais são de 0,3, 0,6 e 1,2%.

Os TC's para serviço de proteção possuem uma menor precisão, e o secundário pode ultrapassar o valor nominal, quando numa situação de falta, para o sistema de proteção atuar instantaneamente, ou depois de alguns instantes, dependendo da intensidade e duração da falta. Portanto, o núcleo magnético do TC de proteção, deve ter seção transversal grande, para não saturar no instante do curto-circuito.

2.4.4 TRANSFORMADORES DE POTENCIAL

Os transformadores de potencial (Figura 2.4) são equipamentos que têm como finalidade reduzir a tensão de um determinado circuito para valores que sejam compatíveis com os instrumentos de medição e com os relés de proteção. Eles isolam o circuito de baixa tensão (secundário) do circuito de alta tensão (primário), além de reproduzir os efeitos transitórios e de regime permanentes aplicados ao circuito de alta-tensão, o mais fielmente possível, no circuito de baixa tensão. Normalmente, em sistemas acima de 600 Volts, as medições de tensão não são feitas diretamente da rede primária, mas sim, através desses equipamentos. Os TP's podem ser classificados quanto ao tipo :

- Transformadores indutivos (TPI): os transformadores de potencial indutivo são usados para transformar altas tensões (kV) em baixos valores mensuráveis (Volts). Os TPI's podem ser fornecidos com vários enrolamentos de medição e proteção, podendo ser projetados para fornecer qualquer tensão desejada de saída a partir do enrolamento secundário. O TPI's são montados completamente secos e impregnados com óleo a vácuo em autoclaves controlados.
- Transformadores capacitivos (TPC) ou Divisores capacitivos: cada transformador de potencial capacitivo consiste de um capacitor de acoplamento (que atua como divisor de tensão) e uma unidade eletromagnética (que transforma a média tensão em baixa tensão mensurável). Dependendo da tensão do sistema, o capacitor de acoplamento pode ser uma unidade de superposição simples ou múltipla. O capacitor de acoplamento e a unidade eletromagnética são vedados hermética e individualmente.



Figura 2.4 – TP's

2.4.5 CHAVES SECCIONADORAS

A chave seccionadora, conforme Figura 2.5, é um dispositivo mecânico de manobra que pode desempenhar diversas funções nas subestações, sendo a mais comum, a de seccionamento de circuitos por necessidade operativa, ou por necessidade de isolar componentes do sistema (equipamentos ou linhas) para a realização de manutenção nos mesmos. Neste último caso, as chaves abertas, que isolam o componente em manutenção, devem ter uma suportabilidade entre terminais às solicitações dielétricas de forma que o pessoal de campo possa executar o serviço de manutenção em condições adequadas de segurança.

As chaves podem ser classificadas de acordo com as funções que desempenham em subestações de alta tensão:

- Seccionadoras:
 1. Funcionar como “By-pass” de equipamentos: disjuntores e capacitores série para a execução de manutenção ou por necessidade operativa;
 2. Isolar equipamentos: disjuntores, capacitores, barramentos, transformadores, reatores, geradores ou linhas para a execução de manutenção;

3. Manobrar circuitos: transferência de circuitos entre os barramentos de uma subestação.
- Chaves de Terra:
 1. Aterrar componentes do sistema em manutenção: linhas de transmissão, barramentos ou bancos de capacitores em derivação.
 - Chaves de operação em carga:
 1. Abrir e/ou fechar determinados circuitos em carga: reatores, capacitores, geradores e circuitos de distribuição.
 - Chaves de aterramento rápido:
 1. Aterrar componentes energizados do sistema no caso de defeitos em reatores não manobráveis ligados a linhas de transmissão sem esquemas de proteção com transferência de disparo, ou no caso de linhas terminadas por transformador sem disjuntor no outro terminal da linha e para proteção de geradores contra sobretensões e auto excitação. Estas chaves necessitam de tempos de operação extremamente rápidos, exigindo, acionamento com explosivos. Este tipo de chave é raramente aplicado nas redes.



Figura 2.5 – Tipos de chaves Seccionadoras

2.4.6 DISJUNTORES

O disjuntor é um dispositivo que pode interromper um circuito mesmo em condições anormais de tensão ou corrente. Sempre estão associados aos relés que servem como sensores e indicam se o disjuntor deve abrir ou não. Se não estiver em comunicação com algum relé, o disjuntor realiza tarefa similar à de uma chave de manobra. A principal função dos disjuntores é a interrupção de correntes de falta tão rapidamente quanto possível, de forma a limitar a um mínimo os possíveis danos aos equipamentos pelos curtos-circuitos.

Além das correntes de falta, o disjuntor deve ser capaz de interromper correntes normais de carga, correntes de magnetização de transformadores e reatores e as correntes capacitivas de bancos de capacitores e linhas em vazio.

O disjuntor deve ser capaz também de fechar circuitos elétricos, não só durante condições normais de carga, como na presença de curtos-circuitos, o que pode ocorrer no caso de religamento. Algumas falhas podem ser temporárias, como por exemplo, um galho de árvore que cai sobre a linha de distribuição, fecha curto-circuito e cai no chão retirando o curto, e por este motivo são feitas tentativas de religar o sistema algumas vezes, mas caso o defeito persista é realizado o desligamento definitivamente. A Figura 2.6 mostra um disjuntor instalação as SE Arapiraca III.



Figura 2.6 – Disjuntor a SF₆

Os disjuntores são classificados quanto ao tipo construtivo de acordo com os meios que utilizam para extinguir o arco elétrico quando ocorre a interrupção da corrente elétrica. Outra classificação dos disjuntores é de acordo com o sistema de acionamento.

3 O PROJETO DE UMA SUBESTAÇÃO

3.1 GERENCIAMENTO DO PROJETO

Para iniciar a execução de um projeto, o mesmo deve passar por aprovação do cliente, e quando conectado ao SIN (Sistema Interligado Nacional), pela aprovação da concessionária de energia local. Para isso é enviado a mesma um memorial descritivo da área do projeto e uma descrição sucinta do empreendimento.

Nesse memorial deve conter informações relativas à localização e à área ocupada pelo empreendimento, detalhando seus limites, de modo a permitir um perfeito reconhecimento do mesmo, deve fazer uma descrição da cobertura vegetal, topografia, tipo de solo e corpos d'água existentes, preferivelmente acompanhada de fotografias, deve-se verificar a existência de áreas protegidas (mata atlântica, mata ciliar, manguezal, etc.) e, por fim, é necessário realizar uma descrição sucinta do funcionamento do empreendimento, acompanhada dos objetivos e justificativa do projeto.

A empresa também deve apresentar o cronograma dos planos, programas e projetos relativos ao empreendimento ou atividade, de forma a permitir a identificação entre a fase atual e o início da implantação do empreendimento.

É importante dizer que cada concessionária tem suas normas, às vezes, são especificações técnicas e burocráticas bem diferentes umas das outras.

Depois de aprovado, inicia-se o cronograma de atividades.

3.2 ETAPAS DO PROJETO

O projeto de uma subestação é dividido em 4 etapas :

- Projeto Elétrico;
- Projeto Eletromecânico;

- Projeto Civil;
- Projeto Arquitetônico.

3.2.1 PROJETO ELÉTRICO

O projeto elétrico trata de toda parte de proteção e controle da subestação. Esta etapa sofreu grandes mudanças com a vinda da automação. Antes, havia um circuito de comando localizado em um painel e/ou mesa(s) de comando, e outro circuito de proteção, cujos elementos principais eram os relés. Com a automação, estes circuitos se tornaram um só, sendo concentrados em um único painel.

3.2.2 PROJETO ELETROMECÂNICO

O projeto eletromecânico trata da elaboração dos circuitos de potência e dimensionamento dos equipamentos elétricos (disjuntor, seccionadoras, transformador, etc.), dimensionamento da malha de terra, das estruturas de sustentação destas e lançamento de canaletas e eletrodutos.

3.2.3 PROJETO CIVIL

O projeto civil trata de toda estrutura civil da subestação, arquitetura da casa de controle (onde se localizam os relés, computadores e equipamentos de baixa tensão), bases para as estruturas e suportes de barramento e equipamentos, canaletas e eletrodutos complementares para cabos de controle, cercas perimetrais, com detalhes de fechamento e aterramento, drenagem, empedramento do pátio, iluminação e tomadas do pátio, diagramas isométricos com os respectivos esforços, etc.

3.2.4 PROJETO ARQUITETÔNICO

O projeto arquitetônico trata da rede lógica de comunicação dos relés digitais entre si, com o(s) computador (es) e com a sala central de computadores. Sendo assim, este tipo de projeto surgiu com a automação, já que antes não havia tal integração. Atualmente, este projeto é elaborado pelos fabricantes dos relés, uma vez que se tenha

definido a quantidade destes e o método de transmissão de informação (rede telefônica, fibra ótica, etc.).

4 PROJETO ELETROMECHANICO

O projeto eletromecânico define todos os detalhes de montagem dos equipamentos, os seus arranjos de interligações, o dimensionamento da malha de terra e o lançamento de canaletas e eletrodutos. Nessa etapa do projeto foram confeccionados os seguintes desenhos:

- Situação e Localização – Planta: a planta de situação e localização não é um projeto inteiro da subestação. Ela diz respeito não só a parte da subestação que será projetada naquele momento, mas também às instalações futuras da subestação, delimitando até onde ela pode ser ampliada.
- Diagrama unifilar simplificado: o diagrama unifilar é uma simplificação do sistema de potência, onde os componentes do sistema são representados por símbolos simples. Em um diagrama unifilar, o sistema trifásico é representado por um sistema monofásico (uma das três fases e o neutro). Frequentemente este diagrama é ainda mais simplificado, suprimindo-se o neutro e indicando as partes componentes por símbolos padronizados. A importância do diagrama unifilar é fornecer de maneira concisa os dados mais significativos de um sistema de potência bem como sua topologia. O diagrama unifilar da subestação foi projetado de acordo com o arranjo físico da mesma;
- Arranjo Físico – Planta e Cortes: dá-se o nome de arranjo de uma subestação ao seu *layout*, ou seja, as formas de se conectarem entre si, linhas, transformadores e cargas de uma subestação;
- Lista de Matérias de barramento: a partir do arranjo físico e dos cortes, é feita uma lista de material de barramento. É feita a soma de todos os equipamento, cabos e conectores utilizados no projeto as subestação. A lista de material servirá de base para a compra do material de campo, por isso requer muita atenção e concentração do projetista na elaboração do projeto.

- Esticamento de cabos – Flechas e Tensões: no projeto de flechas e tensões, foi usado um programa computacional. Nesse, o usuário entra com os dados de: tamanho do vão, tipo de cabo, quantidade de cabo, força suportada pelo cabo, quantidade de isoladores e tamanho da cadeia de isoladores, e o mesmo, calcula a tabela de flechas e tensões. Nessas tabelas é fornecido o esticamento máximo que o cabo suporta a uma determinada temperatura e com determinada força. A planta de eletrodutos e acessórios é projetada para atender a necessidade de interligação dos equipamentos. Os circuitos elétricos de iluminação são simples, apenas para ligação de refletores e tomadas dentro da subestação.
- Eletrodutos e acessórios – Planta;
- Iluminação e tomadas de pátio – Planta;
- Detalhes de instalação – Chave seccionadora;
- Detalhes de instalação – Disjuntor;
- Detalhes de instalação – TP;
- Detalhes de instalação – TC;
- Detalhes de instalação – PR;
- Malha de terra: A malha de terra é um aterramento com baixa resistência elétrica, atendendo a todos os equipamentos como uma referência "zero" de tensão. O sistema deve resistir a correntes intensas, escoando a energia efetivamente para o solo. Esta corrente pode ser proveniente de curto-circuitos, descargas atmosféricas, surtos por chaveamento e correntes harmônicas. A malha de terra de uma subestação também deve reduzir os níveis de tensões de toque e de passo, danosos para pessoal e equipamentos.

No projeto de detalhes de instalações, as ligações dos equipamentos são realizadas de acordo com o diagrama de ligações das placas de identificação dos mesmos, fornecidas pelos fabricantes. Os cabos passarão por canaletas até chegar à casa de comando, onde serão conectados aos painéis de medição e proteção. Esses desenhos têm a função de detalhar todo esse processo, desde os conectores de montagem dos equipamentos até a conexão com os painéis.

4.1 PROJETOS ESTUDADOS

No início do estágio, realizado na INTEREST ENGENHARIA Ltda, o projeto desenvolvido pela equipe eletromecânica, era referente à SE POLO. No primeiro mês, foram estudados assuntos dentro do que um projeto eletromecânico realiza em um projeto de subestação: diagrama unifilar, arranjo físico, aterramento, detalhes de instalação dos equipamentos, os suportes e pórticos dos equipamentos.

Após o período de estudo, foram feitas as primeiras verificações e correções em alguns defeitos nos desenhos estudados anteriormente, verificando através do AUTOCAD 2011. A INTEREST ENGENHARIA tem um controle de qualidade de projeto bem rígido, sendo necessária uma análise bem detalhada de todos os detalhes de um projeto. A SE POLO é 230/69kV é formada por uma barra principal e uma de transferência do lado de 69kV, que vem do lado de 230kV através de um transformador abaixador.

Após esse estudo, foi iniciada a participação do estagiário no projeto da SE ARAPIRACA (que ainda encontra-se em desenvolvimento). Nesta Subestação, a parte do projeto referente ao diagrama unifilar e ao arranjo físico, já estavam concluídos, e o estagiário participou das etapas de elaboração dos detalhes de instalação dos equipamentos do pátio.

4.2 PROJETOS DESENVOLVIDOS

Planta de situação da SE ACARAÚ II. Ela é de 230/69kV e nessa planta mostra-se a parte projetada pela INTEREST Engenharia Ltda e a parte futura, ou seja, caso seja necessário a ampliação da SE, o espaço e a alocação dos equipamentos futuros, já está na planta de situação.

Geralmente, em projetos da INTEREST Engenharia, alguns projetos podem servir como base para outros. A SE Acaraú II é semelhante à SE Arapiraca III. Assim, como a parte do projeto referente às plantas de situação e localização desta já estava concluída, o estagiário a tomou como base para iniciar a distribuição dos equipamentos da SE Acaraú II. Já neste trabalho, foi adquirido bastante conhecimento na parte de alocação e na função dos equipamentos em uma subestação.

A SE Acaraú II é formada por duas barras, reatores, TPCs e TCs, chaves SPV (semipantográfica vertical, fixada na viga), chaves S2DA (seccionadora horizontal), e chaves SPV e S2DA para manobra de barra. Após o final da 2ª barra, tem-se mais dois conjuntos de chaves SPV e S2DA, e disjuntores GL314, para manobra de linha e de Trafo.

Também foi projetado pelo estagiário o setor de 69kV. Nele, é mostrado o arranjo de uma barra principal e uma de transferência, além do transformador de aterramento e a saída da linha através da barra.

Os cortes de 69 e 230 kV, foram projetados pelo estagiário, e estão mostrados no Anexo 01. A participação do estagiário se deu na escolha dos conectores que serão usados no equipamento, e também na contagem do material utilizado.

Outro trabalho projetado, foi o diagrama unifilar do setor de 230kV da SE SOBRAL III. Nesta subestação, o contrato com a empresa INTEREST foi referente à ampliação do pátio de 230kV. A parte hachurada já se encontrava instalada e a parte do diagrama em negrito é a parte a instalar. Aqui, a tarefa destinada ao estagiário foi realizar a correta análise do diagrama unifilar e, em seguida, deixar as plantas e cortes de acordo com a configuração do sistema.

Após o diagrama unifilar e as plantas e cortes estarem concluídos, a próxima etapa era detalhar a instalação dos equipamentos. O detalhe da instalação dos equipamentos é uma das etapas mais importantes do projeto, pois, quando na montagem dos equipamentos em campo, estes desenhos serão os desenhos base para a empresa que irá realizar a montagem dos equipamentos. Os detalhes de instalação de um para-raio, de um transformador de potencial e de uma chave seccionadora instalados na ampliação da SE Sobral III.

Todas as figuras dos projetos desenvolvidos são mostradas no Anexo 01, seguindo a ordem em que apareceram neste item.

5 CONCLUSÃO

O estágio realizado na elaboração dos projetos da INTEREST ENGENHARIA Ltda. foi de extrema importância para o aperfeiçoamento dos conhecimentos, até então, em grande parte, apenas teóricos.

Dentro do conceito de estágio, onde a principal finalidade é a obtenção do conhecimento, muito foi observado o fator trabalho em equipe para elaboração de projeto.

Foram adquiridos conhecimentos em praticamente todas as áreas e em todos os detalhes de projeto de subestações.

6 BIBLIOGRAFIA

Subestações: **Tipos, Equipamentos e Proteção** – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca. 1999

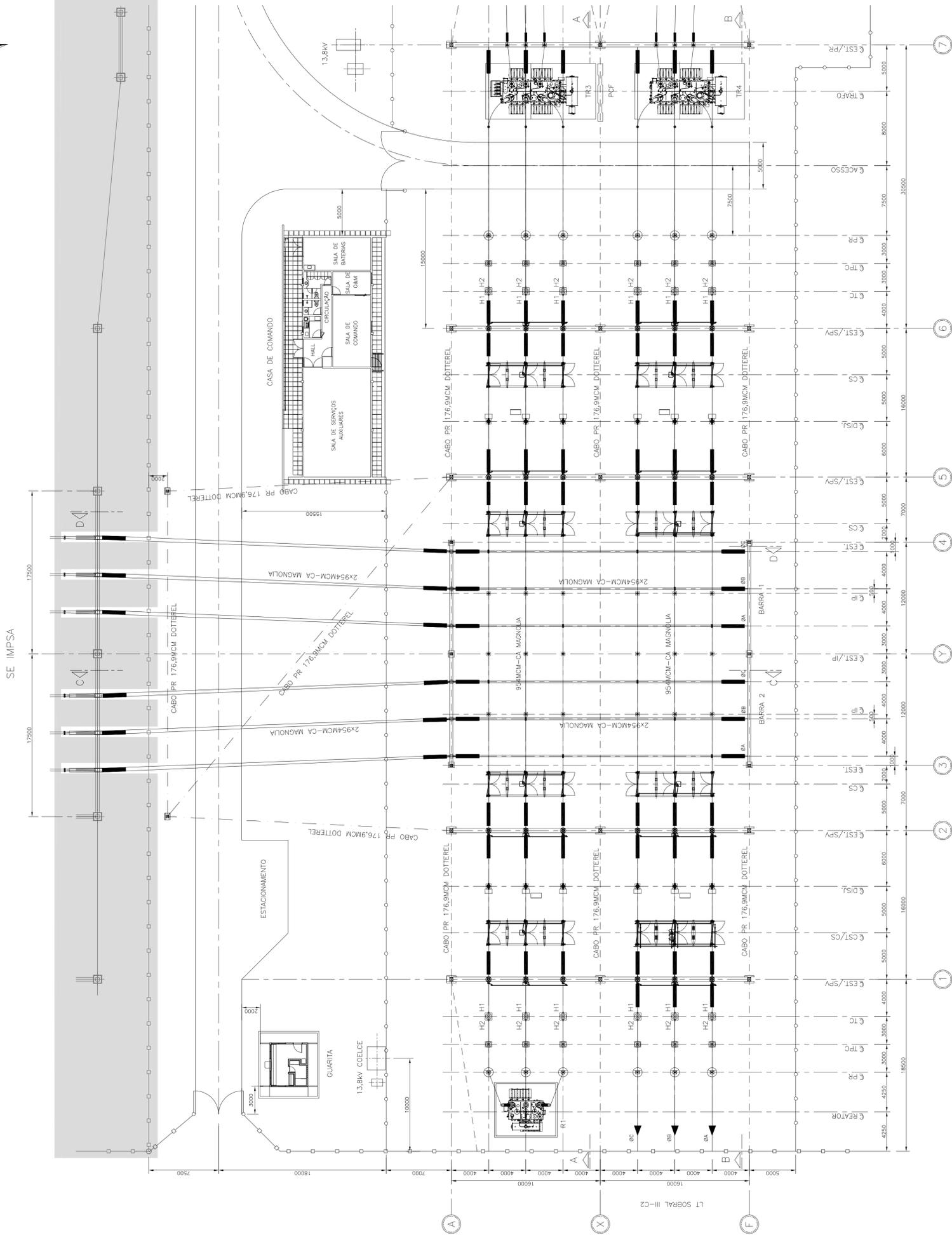
ABNT. **NBR 6023 - Informação e documentação - Referências - Elaboração**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. [S.l.]: ABNT. 2002. p. 24.

ABNT. **NBR 14724 - Informação e documentação — Trabalhos acadêmicos — Apresentação**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. [S.l.]: ABNT. 30 dez. 2005. p. 9.

Padrão de Subestação - **Subestação de Distribuição Aérea e Semi - Abrigada** - Companhia Energética do Ceará

7 ANEXO 01

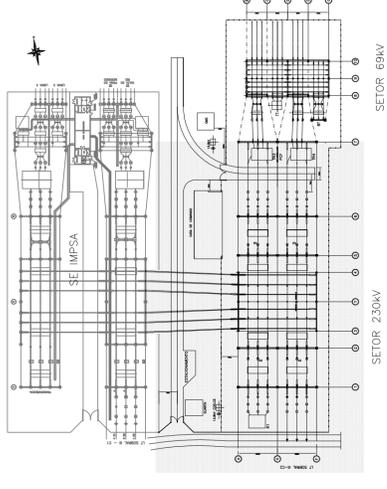
No Anexo 01, são mostrados os trabalho desenvolvidos pelo estagiário. A ordem dos anexos está de acordo com o item 4.2. As Figuras aparecem na ordem que em foram citadas no item em questão.

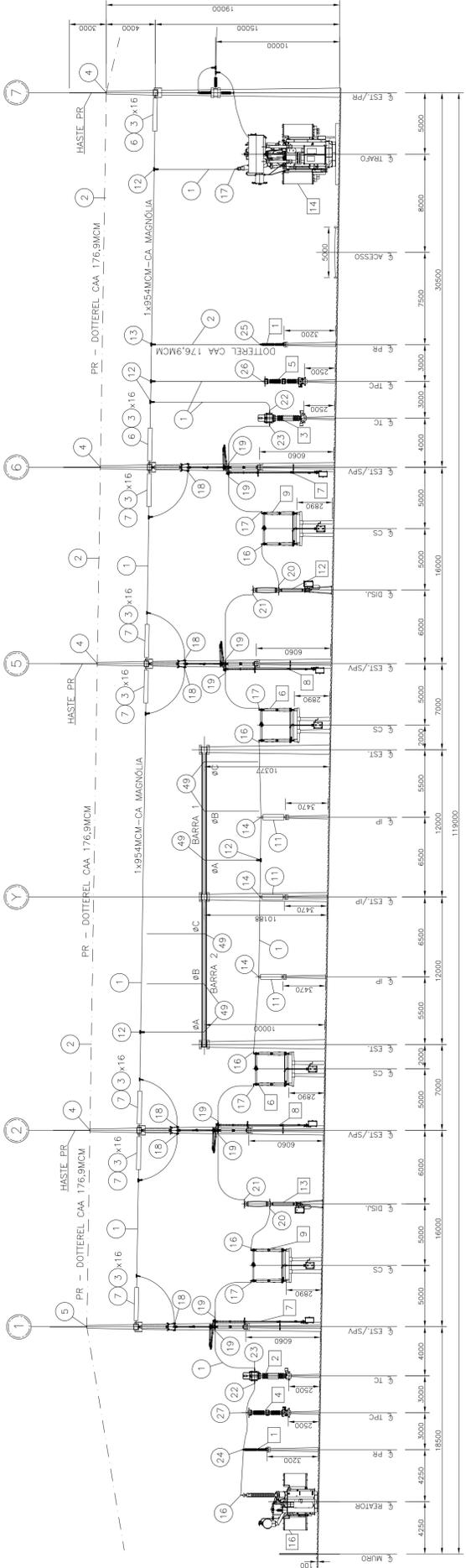


SETOR 69KW
DES. 18.054/013

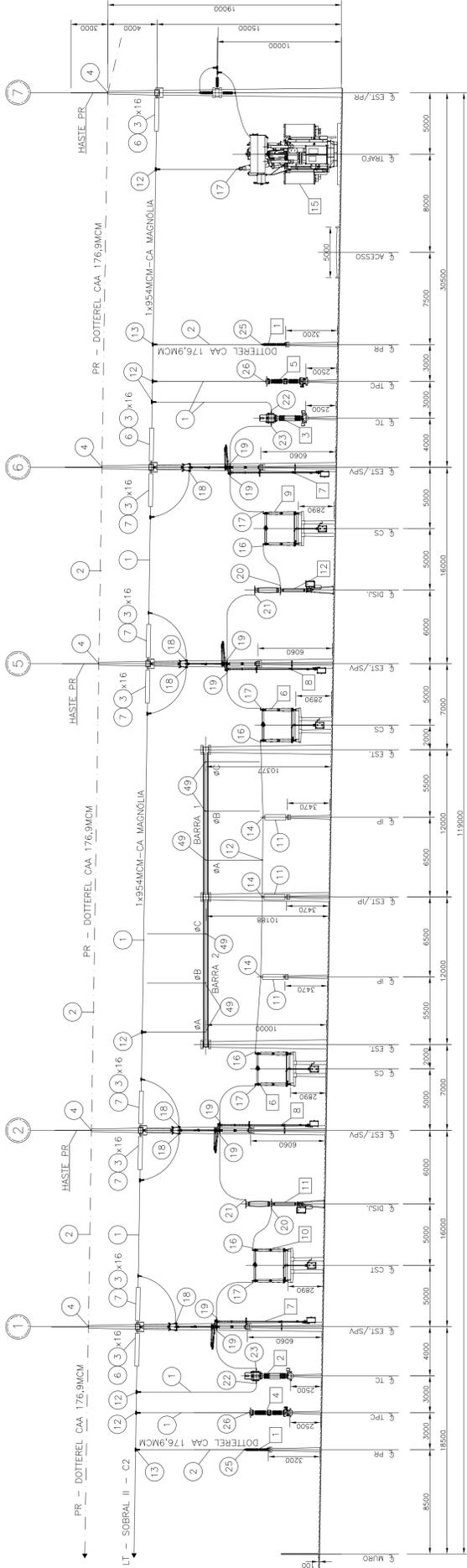
- LEGENDA**
- (10) - EIXO DE REFERENCIA
 - - CABO PARA-RAIOS
 - - ALAMBRAO
 - - MURO
 - - INSTALAO IMPSA
 - - INSTALAO CHEF

PLANTA CHAVE

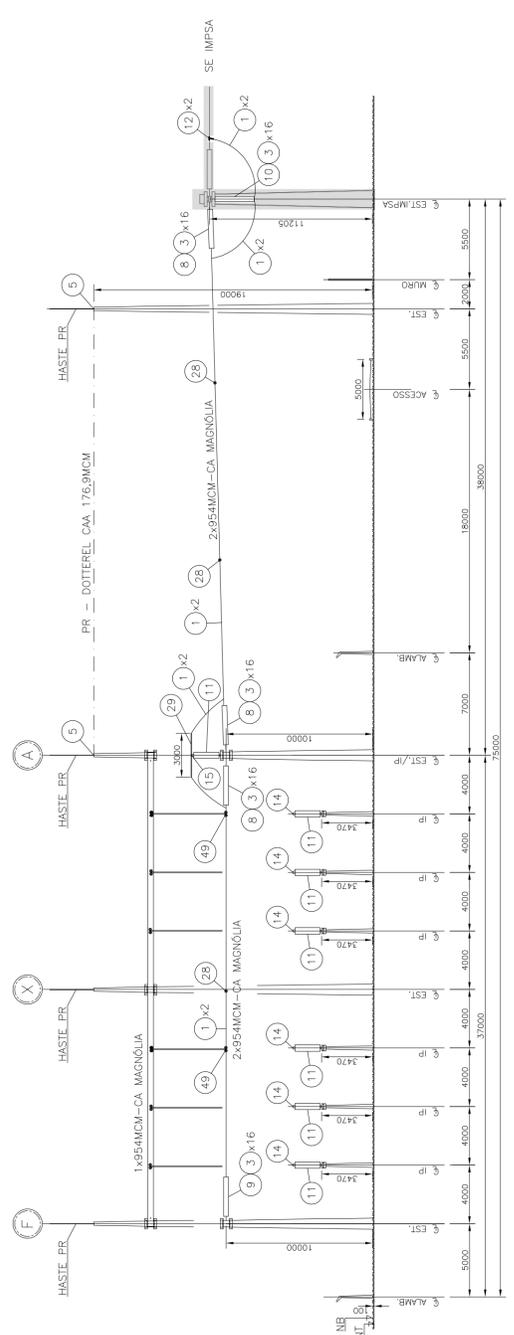




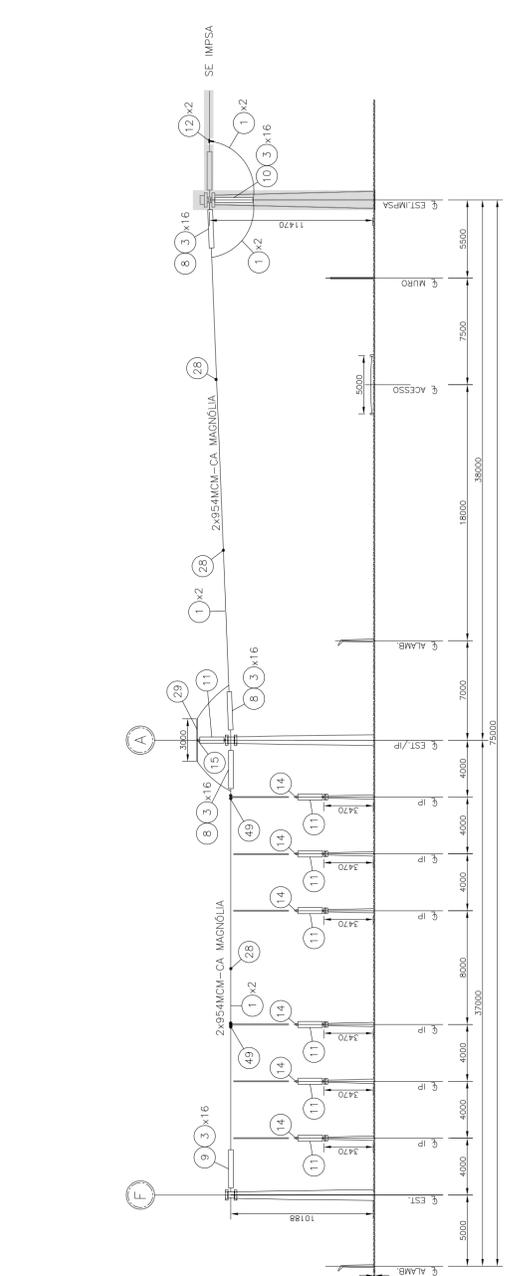
CORTE A-A
ESC. 1/750



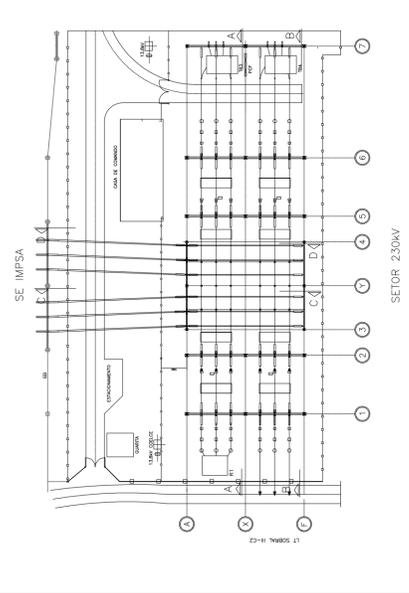
CORTE B-B
ESC. 1/750



CORTE C-C
ESC. 1/750



CORTE D-D
ESC. 1/750



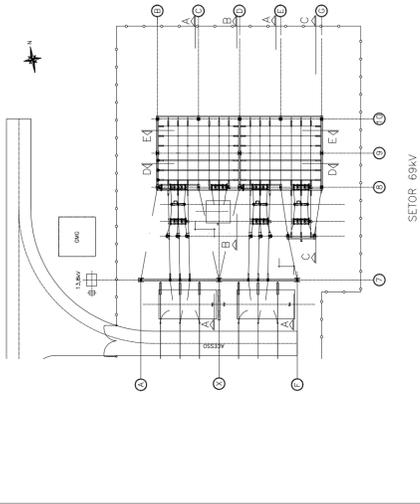
PLANTA CHAVE
SEM ESCALA

LEGENDA :

- CABO PARA-RAIOS
- EIXOS DE REFERENCIA
- ITEM DA LISTA DE MATERIAL
- ITEM DA LISTA DE EQUIPAMENTOS
- ▬ INSTALAÇÃO IMPSA
- ▬ INSTALAÇÃO CHESF

ITEM	DESCRIÇÃO	QUANT.
01	PARA-RAIOS	12
02	TRANSFORMADOR DE CORRENTE - MEDIÇÃO OPERACIONAL	06
03	TRANSFORMADOR DE CORRENTE - MEDIÇÃO DE FATURAMENTO	06
04	TRANSFORMADOR DE POTENCIAL CAPACITIVO - MEDIÇÃO OPERACIONAL	06
05	TRANSFORMADOR DE POTENCIAL CAPACITIVO - MEDIÇÃO DE FATURAMENTO	06
06	CHAVE SECCIONADORA SZDA S/LT - C/ ANEXO-B - MOTORIZADA	04
07	CHAVE SECCIONADORA SPV S/LT - S/ ANEXO-B - MOTORIZADA	04
08	CHAVE SECCIONADORA SPV S/LT - C/ ANEXO-B - MOTORIZADA	04
09	CHAVE SECCIONADORA SZDA S/LT - S/ ANEXO-B - MOTORIZADA	03
10	CHAVE SECCIONADORA SZDAT C/LT - C/ ANEXO-C - MOTORIZADA	01
11	DISJUNTOR GL314X (MANOBRA DE LINHA)	01
12	DISJUNTOR GL314 (MANOBRA DE TRAFÓ)	02
13	DISJUNTOR GL314X-RPH2 (MANOBRA REATOR)	01
14	TRAFÓ DE FORÇA 230/69/13,8KV-100MVA	01
15	TRAFÓ DE FORÇA 230/69KV-100MVA	01
16	REATOR - 22,14MVar	01

LISTA DE EQUIPAMENTOS 230KV



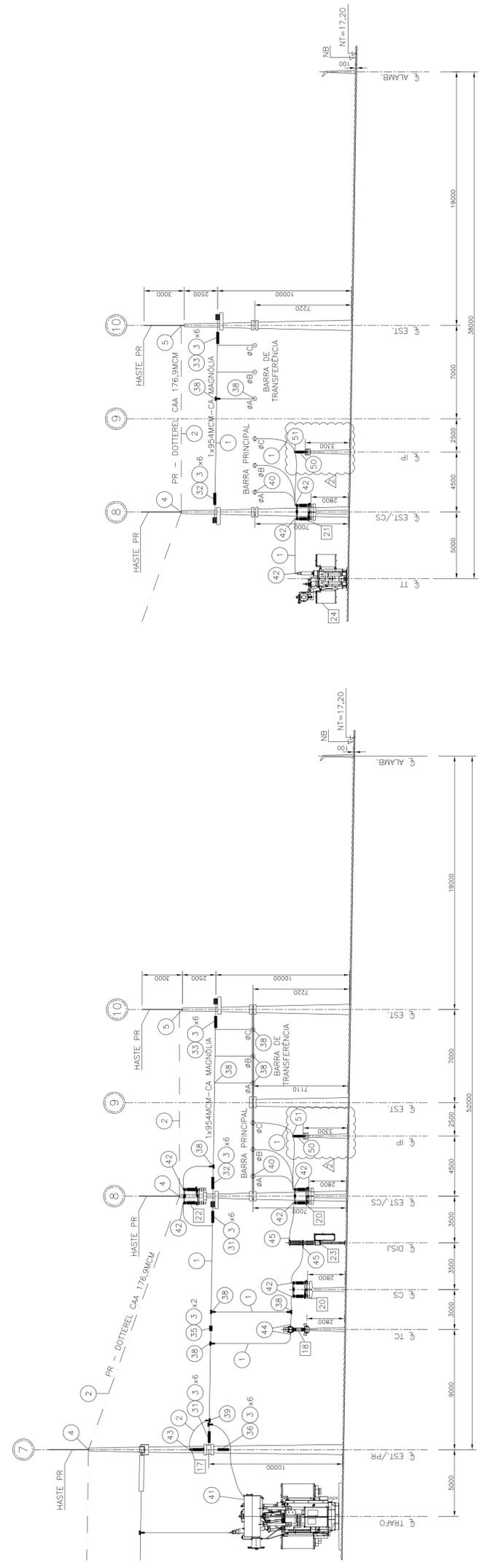
PLANTA CHAVE
SEM ESCALA

SETOR 69kV

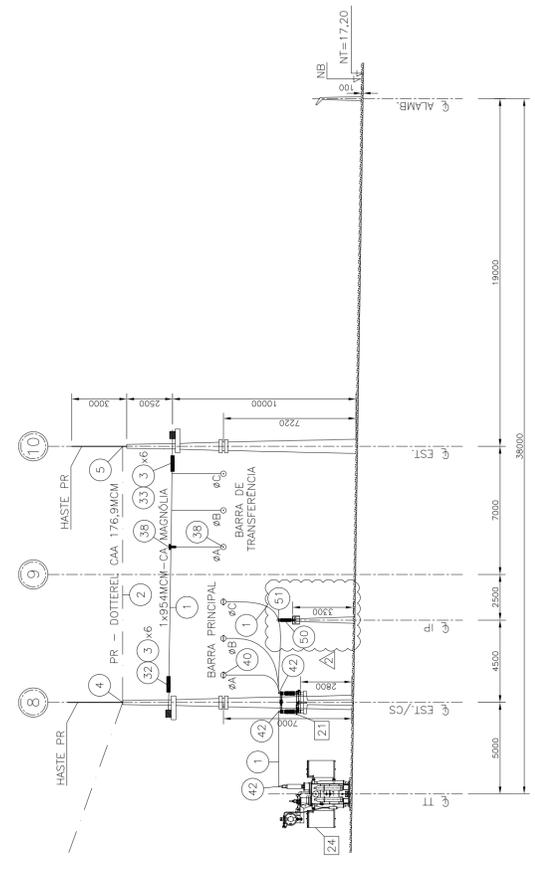
LEGENDA :

- CABO PARA-RAIOS
- ① -- EIXOS DE REFERENCIA
- ① -- ITEM DA LISTA DE MATERIAL
- ① -- ITEM DA LISTA DE EQUIPAMENTOS

CORTE A-A
ESC. 1/200



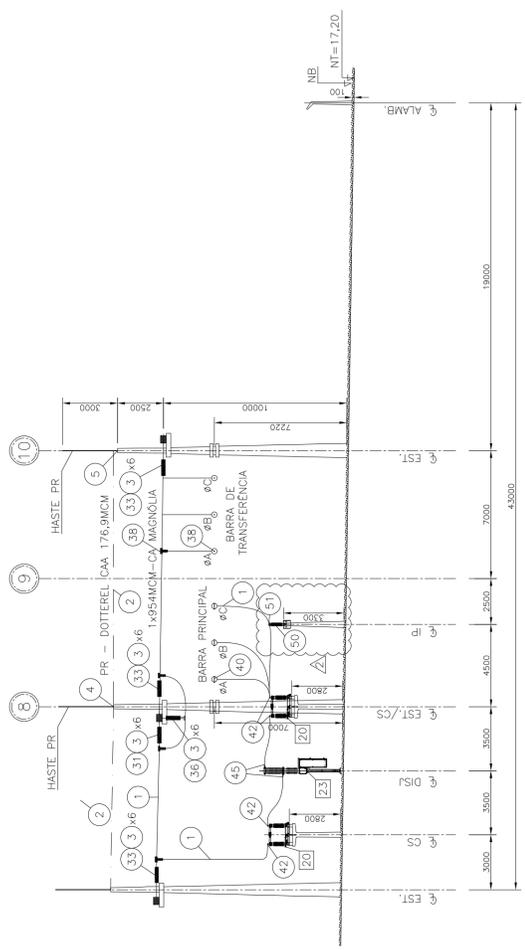
CORTE B-B
ESC. 1/200



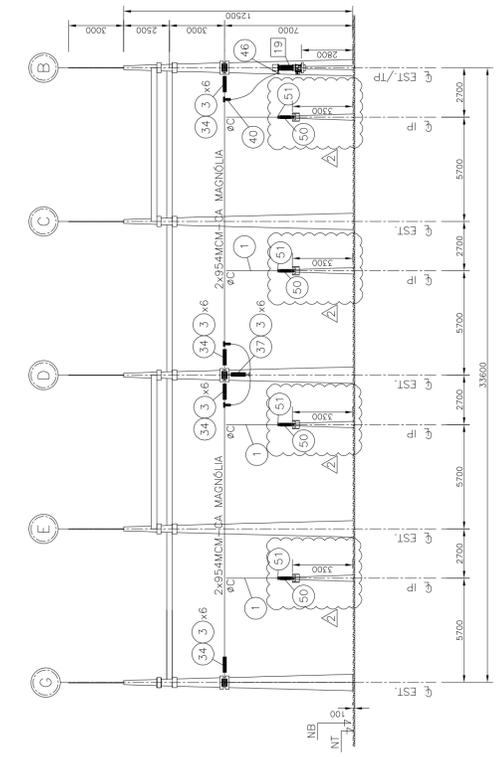
LISTA DE EQUIPAMENTOS

ITEM	DESCRIÇÃO	QUANT.
17	PARA-RAIOS	06
18	TRANSFORMADOR DE CORRENTE	06
19	TRANSFORMADOR DE POTENCIAL INDUTIVO	03
20	CHAVE SECCIONADORA SZDA S/LT - MOTORIZADA	06
21	CHAVE SECCIONADORA SZDA S/LT - NÃO MOTORIZADA	01
22	CHAVE SECCIONADORA SZDA S/LT - MOTORIZADA - MONTAGEM NA VIGA	02
23	DISJUNTOR GL309P	03
24	TRFQ DE ATERRAMENTO 69kV	01

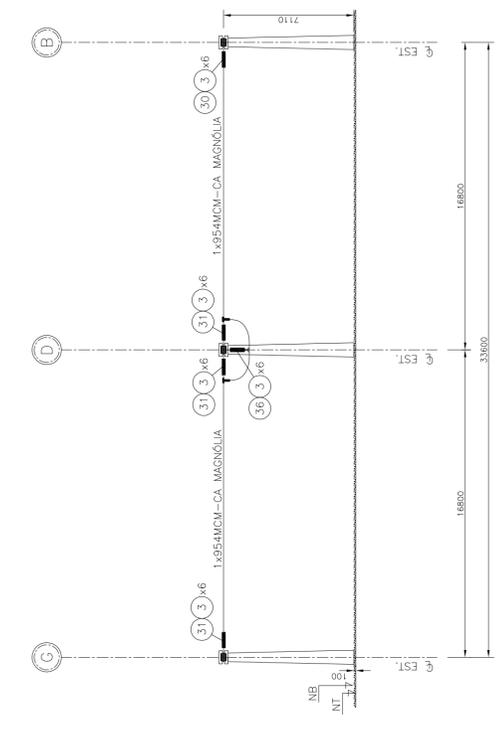
CORTE C-C
ESC. 1/200



CORTE D-D
BARRAMENTO PRINCIPAL
ESC. 1/200



CORTE E-E
BARRAMENTO DE TRANSFERENCIA
ESC. 1/200



LISTA DE EQUIPAMENTOS 230KV

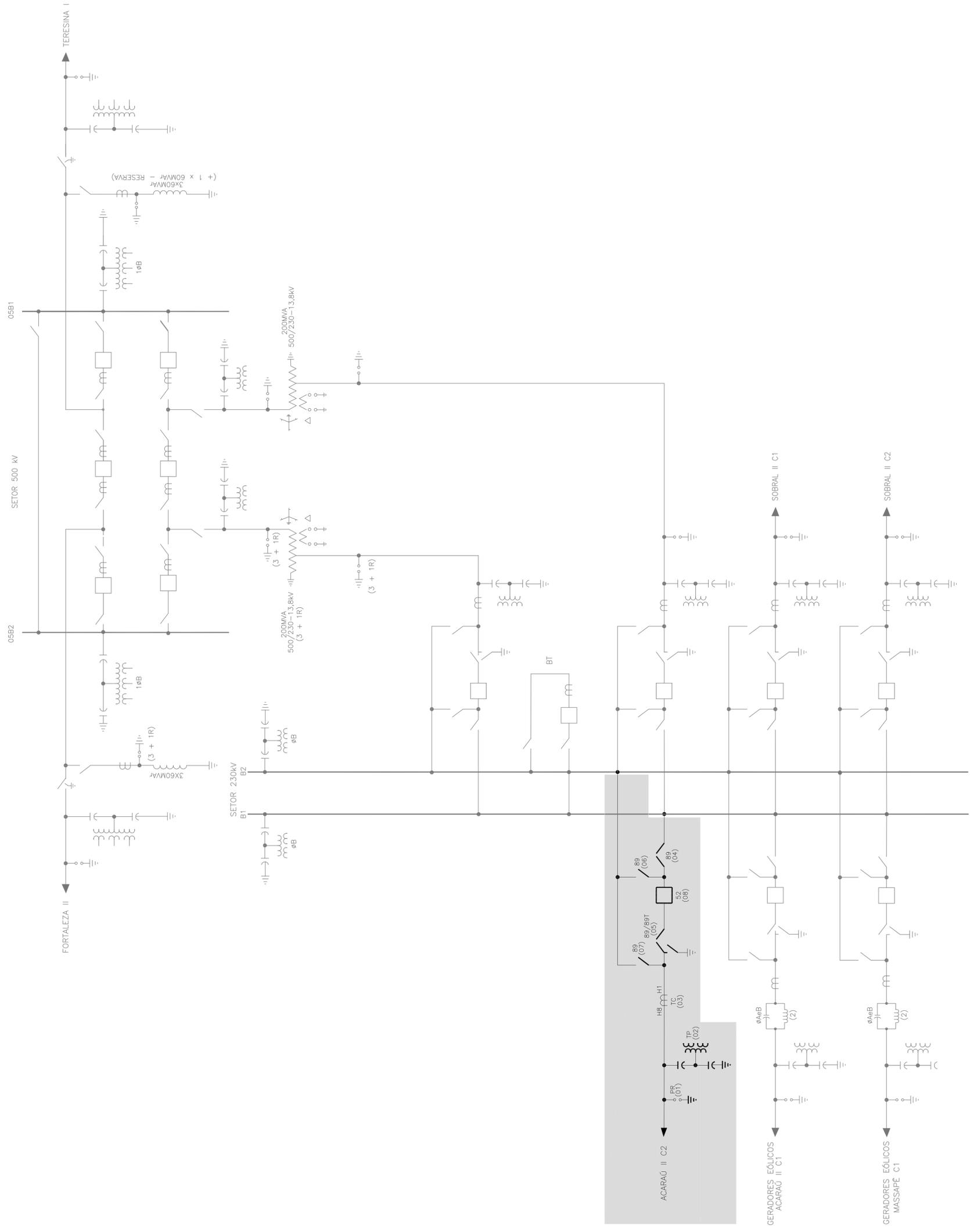
ITEM	DESCRIÇÃO	QUANT.
01	PARA-RAIOS, OXÍDO DE ZINCO, Vn 192kV, Vmax 154kV	21
02	DIVISOR DE POTENCIAL CAPACITIVO, Vn 242kV, NBI 1050, TIPO UTF245, PARA MEDIÇÃO E PROTEÇÃO E FATURAMENTO	18
03	DIVISOR DE POTENCIAL CAPACITIVO, Vn 242kV, NBI 1050, TIPO UTF245, PARA MEDIÇÃO, PROTEÇÃO E FATURAMENTO	06
04	TRANSFORMADOR DE CORRENTE, Vn 242kV, NBI 1050, TIPO CA-245, PARA MEDIÇÃO E PROTEÇÃO	15
05	TRANSFORMADOR DE CORRENTE, Vn 242kV, NBI 1050, TIPO CA-245, PARA MEDIÇÃO, PROTEÇÃO E FATURAMENTO	06
06	CHAVE SECCIONADORA MHAV S/LT, Vn 242kV, In 2500A, Icc 40kA	07
07	CHAVE SECCIONADORA MHAV C/LT, Vn 242kV, In 2500A, Icc 40kA	06
08	CHAVE SECCIONADORA SPV, Vn 242kV, In 2500A, Icc 40kA	13
09	DISJUNTOR, Vn 242kV, In 2500A, Icc 40kA	07
LISTA DE EQUIPAMENTOS 13800/220/127V		
10	PARA-RAIOS, Vn 12kV	03
11	CHAVE SECCIONADORA CORTA CIRCUITO, COM FUSIVEL, MONOPOLAR, Vn 15kV, In 100A	03
12	TRANSFORMADOR DE SERVIÇOS AUXILIARES, 13800/220/127Vca, 112,5kVA	01
13	GRUPO MOTOR GERADOR DE EMERGENCIA, TRIFASICO, 220/127Vca-50kVA, USO ABRIGADO	01

LISTA DE EQUIPAMENTOS 230kV

ITEM	DESCRIÇÃO	QUANT.
01	PARA-RAIOS	03
02	TRANSFORMADOR DE POTENCIAL CAPACITIVO	03
03	TRANSFORMADOR DE CORRENTE	03
04	CHAVE SECCIONADORA SZDA S/LT - COM ANEXO-B-MOTORIZADA	01
05	CHAVE SECCIONADORA SZDAT C/LT - COM ANEXO-C-MOTORIZADA	01
06	CHAVE SECCIONADORA SPV S/LT - COM ANEXO-B-MOTORIZADA	01
07	CHAVE SECCIONADORA SPV S/LT - SEM ANEXO-B-MOTORIZADA	01
08	DISJUNTOR GL314X	01

LEGENDA :

— A INSTALAR



ITEM	DESCRIÇÃO	QUANT.
01	PARA-RAIOS	03
02	TRANSFORMADOR DE POTENCIAL CAPACITIVO	03
03	TRANSFORMADOR DE CORRENTE	03
04	CHAVE SECCIONADORA SZDA S/LT - COM ANEXO-B-MOTORIZADA	01
05	CHAVE SECCIONADORA SZDAT C/LT - COM ANEXO-C-MOTORIZADA	01
06	CHAVE SECCIONADORA SPV S/LT - COM ANEXO-B-MOTORIZADA	01
07	CHAVE SECCIONADORA SPV S/LT - SEM ANEXO-B-MOTORIZADA	01
08	DISJUNTOR GL314X	01

ATERRAMENTO/LISTA DE MATERIAL

ITEM	DESCRIÇÃO	REFERÊNCIA	UN	QT
1	CABO DE COBRE NU 120mm ² .	FICAP	m	30
2	CONECTOR PARALELO DE BRONZE PARA FIXAÇÃO DE 2 CABOS 120mm ² A SUPERFÍCIE.	GFH-300 DELTA STAR	pç	9
3	HASTE DE ATERRAMENTO EM AÇO COBRADO Ø3/4"x3m.	ERICO	pç	3

ACESSÓRIOS/LISTA DE MATERIAL

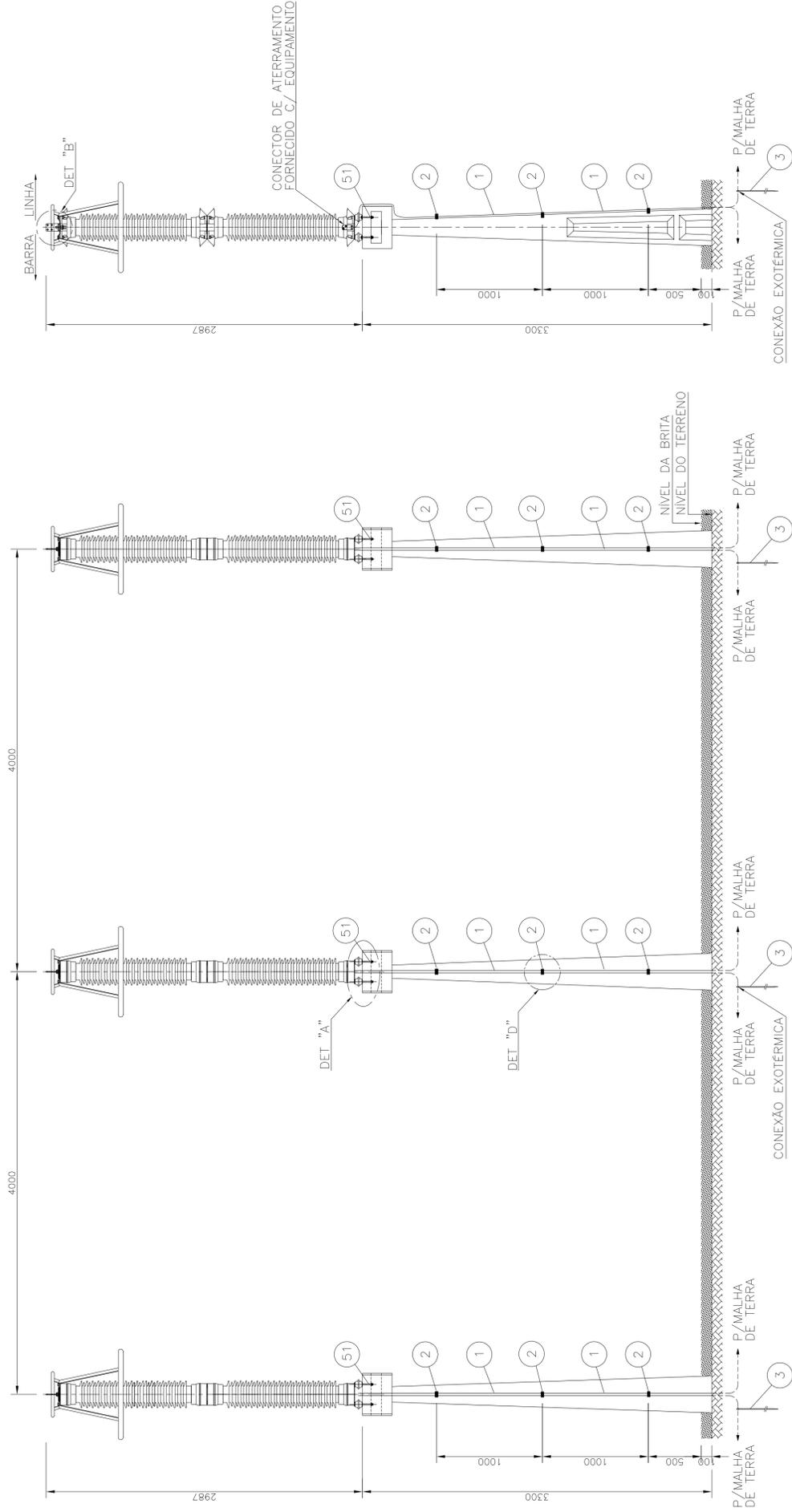
ITEM	DESCRIÇÃO	REFERÊNCIA	UN	QT
51	PARAFUSO CABEÇA SEXTAVADA M16x100mm, COM PORCA E ARRUELA.	-	pç	12

LEGENDA :

- 1 - ITEM DA LISTA

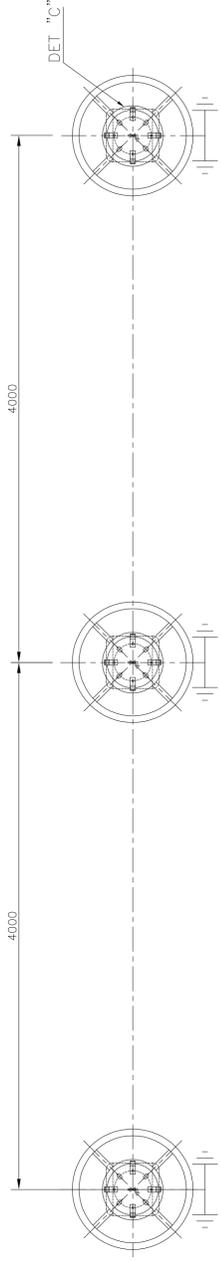
DESENHOS DE REFERÊNCIA:

SBT-4-EM-011 - LT ACARAÚ II C2 230kV - ARRANJO FÍSICO - PLANTA.
 SBT-4-EM-012 - LT ACARAÚ II C2 230kV - ARRANJO FÍSICO - CORTE.
 SBT-4-EM-013 - LT ACARAÚ II C2 230kV - BARRAMENTO - LISTA DE MATERIAL.
 SBT-4-EM-027 - LT ACARAÚ II C2 230kV - MALHA DE TERRA - PLANTA.
 SBT-4-EM-028 - LT ACARAÚ II C2 230kV - MALHA DE TERRA - LISTA DE MATERIAL.
 C-LA-36604-2 REV. A - PARA-RAIOS - TIPO BCW-B-MCA33192L16E3W4-CH - DIMENSÕES EXTERNAS E DETALHES EM GERAL (TE Connectivity).

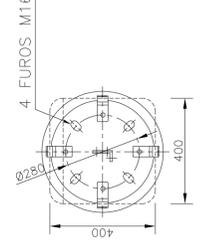


VISTA FRONTAL
ESC. 1/40

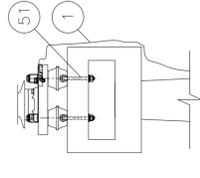
VISTA LATERAL
ESC. 1/40



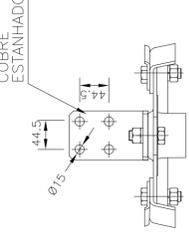
PLANTA
ESC. 1/40



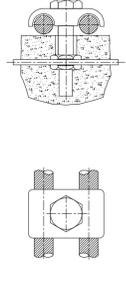
DETALHE C
ESC. 1/20



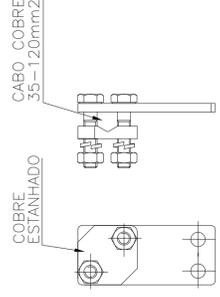
DETALHE A
ESC. 1/20



DETALHE B
TERMINAL DE AT
SEM ESCALA



DETALHE D
FIXAÇÃO DOS CABOS DE ATERRAMENTO
SEM ESCALA



CONECTOR DE ATERRAMENTO
FORNECIDO COM O EQUIPAMENTO
SEM ESCALA

ATERRAMENTO/LISTA DE MATERIAL

ITEM	DESCRIÇÃO	REFERÊNCIA	UN	QT
1	CABO DE COBRE NU 120mm ² .	FCAP	m	20
2	CONECTOR PARALELO DE BRONZE PARA FIXAÇÃO DE 2 CABOS 6FH-300 DELTA STAR 120mm ² A SUPERFÍCIE.		pç	9
3	CONECTOR PARALELO PARA 2 CABOS 120mm ² .	ADP-120 DELTA STAR	pç	1
4	CONECTOR TERMINAL DE BRONZE PARA 1 CABO 120mm ² .	FUP-150 DELTA STAR	pç	1

ELETRODUTO/LISTA DE MATERIAL

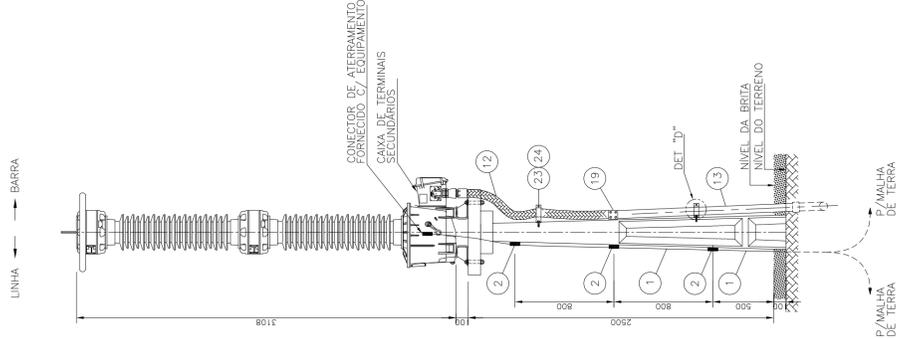
ITEM	DESCRIÇÃO	REFERÊNCIA	UN	QT
11	ELETRODUTO DE PVC RÍGIDO, ROSQUEADO, Ø2.1/2". COM LUVA EM VASA DE 3m.	DAISA	pç	4
12	ELETRODUTO FLEXÍVEL, Ø2.1/2".	SPTF	m	6
13	ELETRODUTO DE AÇO GALVANIZADO Ø2.1/2", EM VARA DE 3m.	APOLO	pç	3
14	BUCHA SEXTAVADA, ZINCADA, Ø1.1/2".	BU/F-05 BLINDA	pç	3
15	BUCHA SEXTAVADA, ZINCADA, Ø2.1/2".	BU/F-07 BLINDA	pç	9
16	ARRUELA SEXTAVADA, ZINCADA, Ø1.1/2".	AR/F-05 BLINDA	pç	6
17	ARRUELA SEXTAVADA, ZINCADA, Ø2.1/2".	AR/F-07 BLINDA	pç	8
18	UNIDUT CÔNICO DE ALUMÍNIO, LIGAÇÃO DE CAIXA A ELETRODUTO FLEXÍVEL Ø2.1/2". INSTALAÇÃO AO TEMPO.	UCT 212 DAISA	pç	4
19	UNIDUT CÔNICO DE ALUMÍNIO, LIGAÇÃO DE CAIXA A ELETRODUTO FLEXÍVEL Ø2.1/2". INSTALAÇÃO AO TEMPO.	URT 212 DAISA	pç	2
20	LUVA DE REDUÇÃO 2.1/2"x1.1/2", ZINCADA.	REX/FF-075 BLINDA	pç	3
21	LUVA DE PVC Ø2.1/2", ROSQUEADA.	URR 110 DAISA	pç	6
22	PERFILADO PERFURADO, EM CHAPA DE AÇO GALVANIZADA A FOGO, BITOLA 14, DIMENSÕES 38x38x50mm, COM FURO OVAL DE 10x20mm.	DP502 DISPAN	pç	2
23	BRAÇADEIRA TIPO "D", PARA ELETRODUTO 2.1/2".	BTU/D 007 BLINDA	pç	5
24	CHUMBADOR DE NYLON, C/ PARAFUSO CABEÇA SEXT. M8.	S12 FISHER	pç	5
25	NIPE CURTO ZINCADO Ø1.1/2".	NA/C-05 BLINDA	pç	3
26	CURVA ROSQUEADA, PVC, 90°, Ø2.1/2" RAO LONGO.	DAISA	pç	2
27	CAIXA DE ALUMÍNIO FUNDIDO, A PROVA DE TEMPO C/ DIMENSÕES 600x350x220mm.	CDW/G-80 BLINDA	pç	1
28	VERGALHO, AÇO GALVANIZADO, ROSCA TOTAL, M8x500mm C/2 POROS, 2 CONTRA-POROS E 4 ARRUELAS LISAS.	KANAFLEX	m	8
29	ELETRODUTO FEAD Ø100mm.	—	pç	4
30	PARAFUSO CABEÇA SEXTAVADA Ø3/8"x1.1/2".	DP614 DISPAN	pç	4
31	PORCA LOSANGULAR, SEM MOLA, Ø3/8".	DP621 DISPAN	pç	4

ACESSÓRIOS/LISTA DE MATERIAL

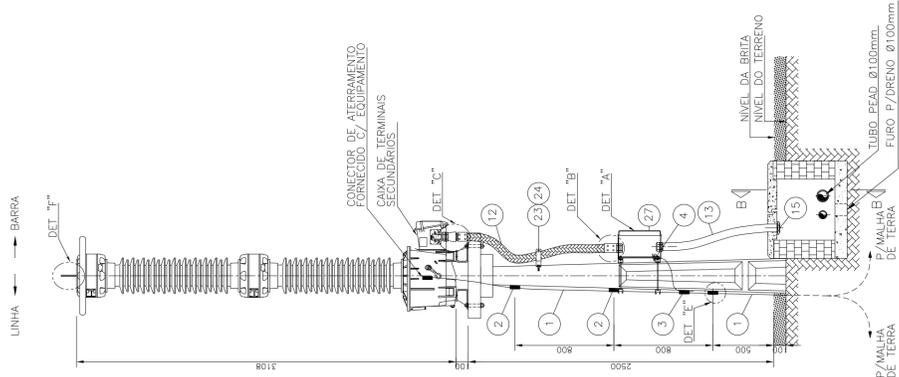
ITEM	DESCRIÇÃO	REFERÊNCIA	UN	QT
51	VERGALHO GALV. M16 FORNECIDO COM PORCAS E ARRUELAS, COMPRIMENTO A SER DEFINIDO PELA OBRA.	—	pç	12

LEGENDA :

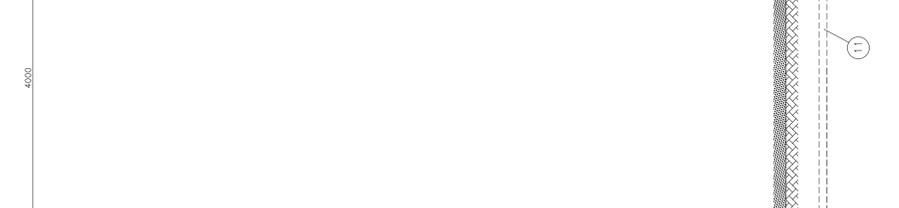
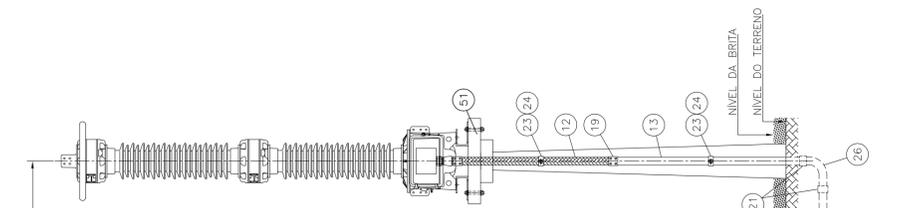
① - ITEM DA LISTA



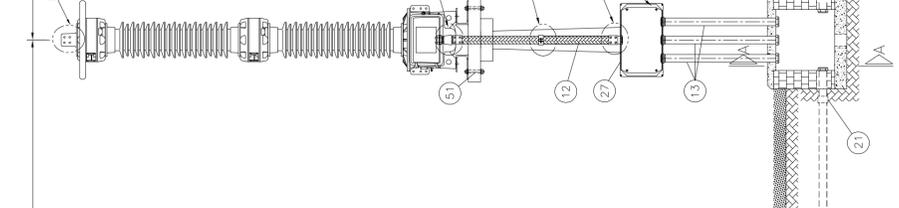
VISTA B (FASE LATERAIS) ESC. 1/30



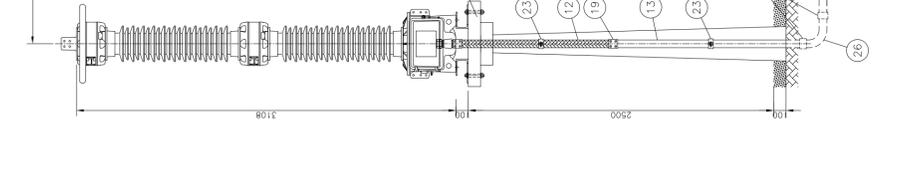
VISTA C (FASES LATERAIS) ESC. 1/30



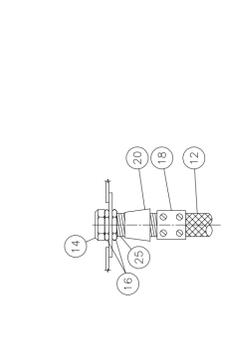
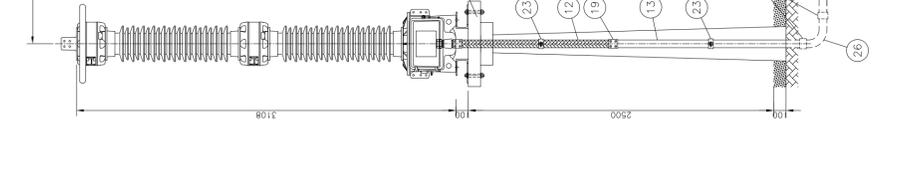
VISTA E (FASE CENTRAL) ESC. 1/30



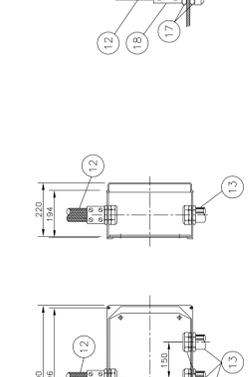
VISTA F (FASE CENTRAL) ESC. 1/30



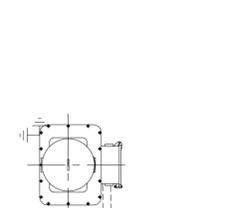
VISTA G (FASE CENTRAL) ESC. 1/30



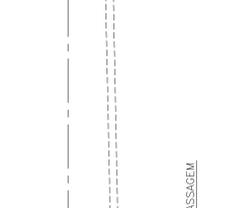
DETALHE A CAIXA DE LIGAÇÃO SEM ESCALA



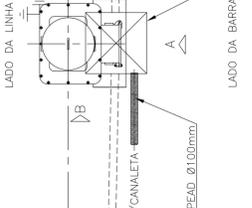
DETALHE B SEM ESCALA



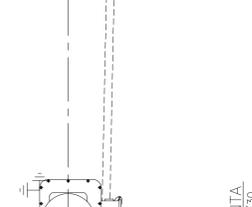
DETALHE C SEM ESCALA



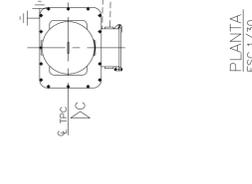
DETALHE D SEM ESCALA



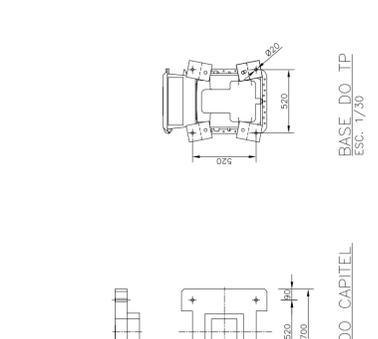
DETALHE E FIXAÇÃO DOS CABOS DE ATERRAMENTO SEM ESCALA



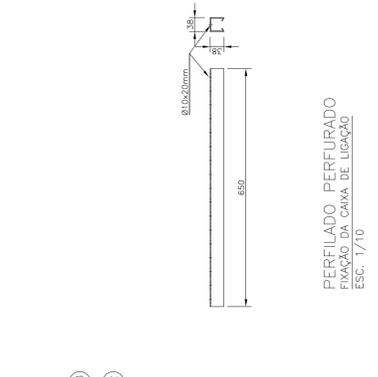
DETALHE F CONECTOR DE ATERRAMENTO FORNECIDO COM O EQUIPAMENTO SEM ESCALA



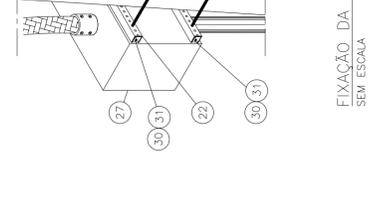
DETALHE G FIXAÇÃO DO ELETRODUTO SEM ESCALA



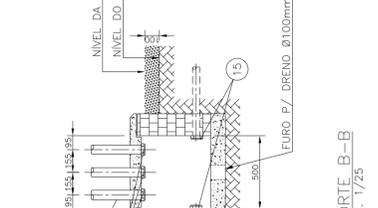
PLANTA DO CAPITEL ESC. 1/30



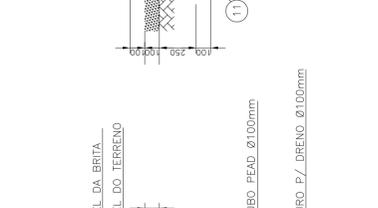
PERFILADO PERFURADO FIXAÇÃO DA CAIXA DE LIGAÇÃO ESC. 1/10



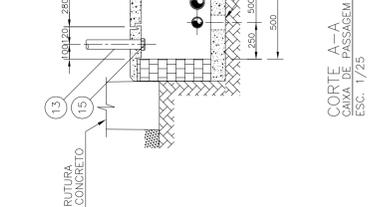
FIXAÇÃO DA CAIXA DE LIGAÇÃO SEM ESCALA



CORTE A-A CAIXA DE PASSAGEM EM ALVENARIA ESC. 1/25



CORTE B-B SEM ESCALA



CORTE C-C CAIXA DE PASSAGEM SEM ESCALA



CORTE D-D SEM ESCALA

