

CONTRATO 066/2010

SERVIÇOS DE CONSULTORIA PARA ELABORAÇÃO E/OU ESTUDOS DE CONCEPÇÃO E PROJETOS
TÉCNICOS EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO NA
GRANDE VITÓRIA E NO INTERIOR DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

**AS 113 – ELABORAÇÃO DO PROJETO ELETRICO DA ESTAÇÃO
ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE**



MEMORIAL DESCRITIVO, DE CÁLCULO E ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

Nº CESAN B-035-003-60-6-ME-0001

Cliente:

CESAN
COMPANHIA ESPIRITO SANTESE DE SANEAMENTO

Codificação Arcadis Logos:	Codificação CESAN:	Revisão:	Data de Emissão:
0876.ME.113.E.0001	B-035-003-60-6-ME-0001	00	MARÇO/15

**SERVIÇOS DE CONSULTORIA PARA ELABORAÇÃO E/OU ESTUDOS DE
CONCEPÇÃO E PROJETOS TÉCNICOS EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE
ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO NA GRANDE VITÓRIA E NO INTERIOR DO
ESTADO DO ESPÍRITO SANTO**

AS 113 – ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE

MEMORIAL DESCRITIVO, DE CÁLCULO E ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

Emitido por:	Local:
ARCADIS logos S/A	Vitória-ES

APRESENTAÇÃO

O presente trabalho é parte integrante do Contrato nº. 066/2010, firmado entre a CESAN – Companhia Espírito Santense de Saneamento e a ARCADIS Logos S/A, referente à prestação de serviços de consultoria para elaboração e/ou estudos de Concepção, Projetos Técnicos, em Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário na Grande Vitória e no Interior do Estado do Espírito Santo. Os serviços foram desenvolvidos em consonância com a Autorização de Serviço **Nº113/066/2010** – Estação Elevatória de Água Tratada de Jacaraípe.

Esta etapa de trabalho compreende o projeto elétrico da Estação Elevatória de Água Tratada de Jacaraípe.

A relação de desenhos pertinentes a este projeto encontra-se em anexo.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. escopo	2
3. diretrizes e PARÂMETROS DE PROJETO	2
3.1. Estruturas	2
3.2. Terminais	3
3.3. Cabos	3
Cabos de Comando e Sinalização:	3
Cabos de Força:	3
3.4. Limpeza e Pintura	4
3.5. Placas de Identificação	4
3.6. Dimensionamento Elétrico dos Equipamentos	5
3.7. Apresentação do Orçamento	5
3.8. Projetos	5
3.9. Elaboração de Projetos Eletromecânicos de Quadro de Comando	6
3.9.1. Diagramas Multifilar e Funcional	6
3.10. Desenho Mecânico	7
Apresentação	7
“Lay-Out”	7
Componentes	7

Medidas	7
Distribuição dos Componentes dos Quadros de Comando	7
Formato	7
3.11. Apresentação dos Projetos Eletromecânicos	7
3.11.1. As vias encadernadas separadamente, deverão conter:	8
3.11.2. Número de Vias	8
3.12. Equipamentos Especiais	9
3.13. Ventilação	9
3.13.1. Veneziana	9
3.13.2. Rigidez Mecânica	9
3.13.3. Exaustores	10
3.14. Isolamento	10
3.14.1. Barramentos	10
3.14.2. Identificação dos Barramentos e Cabos	10
3.14.3. Diagramas Multifilares	10
3.14.4. Capacidade	11
3.14.5. Isolamento de Barramentos	11
3.15. Aterramento	11
3.16. Parafusos para Fixação dos Componentes	11
3.17. Porta Documentos	12

3.18.	Selos.....	12
3.19.	Inspeção	12
	Sequência de Atividade de Rotina para Inspeção de Quadros de Comando em Baixa Tensão:.....	12
	2º - Dimensões Mecânicas;.....	13
3.20.	Placa de Identificação da Garantia	14
3.21.	Normas	14
3.22.	Operação da elevatória.....	15
3.22.1.	Chave Seletora	15
4.	Malha de aterramento	15
5.	Relé de proteção de média tensão.....	23
5.1.	Dados da Concessionária no Ponto de Entrega:.....	23
5.2.	Dados do transformador:	24
5.3.	Cálculo da corrente nominal (de demanda) da instalação:.....	24
5.4.	Cálculo da corrente de Magnetização do transformador:	24
5.5.	Cálculo do Ponto ANSI do transformador:	25
5.6.	Cálculo para escolha do TC de proteção:	25
5.7.	Cálculo da corrente de partida do relé (funções 51 e 51n):.....	26
5.8.	Cálculo das correntes de curto-circuito:	27
5.9.	Ajuste da função instantânea (50 e 50N):	29
5.9.1.	Função 50: Proteção de sobrecorrente instantânea de fase.	29

5.9.2. Função 50N: Proteção de sobrecorrente instantânea de neutro.	30
5.10. Ajuste da função temporizada (51 e 51N):	31
5.11. Curva do relé de proteção:.....	32
5.12. Parâmetros para programação do relé:.....	34
6. QUEDA DE TENSÃO NO RAMAL DE ENTRADA	35
7. ANEXOS.....	36
7.1. RELAÇÃO DE DESENHOS	36

1. INTRODUÇÃO

O presente memorial trata do Projeto Técnico para implantação da Estação Elevatória de Jacaraípe, localizada no município de Serra, no Estado do Espírito Santo, baseado nos documentos de referência fornecidos pela CESAN, atendendo as observações e informações contidas nestes documentos. O trabalho também incluiu reuniões com a CESAN que contribuíram para as diretrizes do projeto.

Nesta fase do trabalho foram realizados os seguintes serviços:

- Identificação do Projeto;
- Definição dos Parâmetros de Projeto;
- Cálculos Elétricos;
- Memorial Descritivo Justificativo;
- Desenhos/Listas de Materiais/Especificações Técnicas.

Como referências foram utilizadas as normas:

- NBR 5410 – Instalações Elétricas de baixa tensão;
- NBR 5419 – Proteção de Estruturas contra descargas atmosféricas;
- Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária - Edificações Individuais (EDP-ESCELSA);
- Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Primária de Distribuição - (EDP-ESCELSA).

2. ESCOPO

A presente especificação técnica abrange a manufatura, testes e entrega de centros de controle de motores elétricos para acionamento de conjuntos moto bomba, e quadros de distribuição da Elevatória de Água Tratada de Jacaraípe, localizada no município de Serra, no Estado do Espírito Santo.

Dados básicos dos motores:

- Motor de indução assíncrono trifásico, rotor em gaiola
- Potência (conforme projeto)
- Regime contínuo
- Trifásico
- 440V / 60Hz

3. DIRETRIZES E PARÂMETROS DE PROJETO

Todo o equipamento objeto desta especificação técnica deverá ser montado em painel metálico auto-suportável, para instalação abrigada, com blindagem NEMA I, com tratamento e acabamento para clima tropical, temperatura ambiente variável entre 0 e 40°C, próximo ao mar.

Os equipamentos e materiais componentes deverão satisfazer plenamente, em projeto, construção e montagem as exigências das últimas Normas ABNT-NEMA, onde são aplicáveis.

3.1. ESTRUTURAS

Os quadros/ painéis deverão ser de chapa metálica (aço) dobrada bitola 12 USG mínima.

Deverão conter na porta frontal, botoeiras, sinaleiras, horímetros, amperímetros, voltímetros, etc, conforme projeto.

A alimentação de energia, assim como as saídas de força para os motores e controle, serão feitas através da parte inferior dos quadros, portanto deverão ser previstas pelo fornecedor (fabricante), aberturas que possibilitem este tipo de serviço.

3.2. TERMINAIS

Na parte inferior do quadro deverá ser previsto espaço, onde serão instaladas as régua de bornes para ligação aos condutores externos (entrada e saída de força e controle em baixa tensão). Todas as entradas, saídas e fiações de controle deverão ter identificação.

As régua de bornes deverão ser providas de ranhuras para fixação de plaquetas de identificação a serem fornecidas pelo fabricante do quadro.

As régua de bornes deverão ser de plástico moldado com barreiras e com conexões do tipo abertura para fiação e aperto por meio de parafuso apropriado.

As régua de bornes, deverão comportar uma reserva de 20%.

Terminais de Comando do tipo compressão pino e garfo, isolados, materiais de cobre estanhado, 1,5mm² referência BURNDY ou similar.

Terminais de Força:

- Até a bitola de 6mm² os terminais serão do tipo compressão, pino e olhal, isolados, materiais de cobre estanhado. Não poderão ser utilizados terminais tipo garfo.
- Acima da bitola de 6mm² os terminais serão do tipo compressão, material de cobre estanhado, sem isolamento.

3.3. CABOS

Cabos de Comando e Sinalização:

Deverão ser de cobre flexível, 750V, seção mínima de 1,5mm², na cor preta ou cinza ou vermelha, referência cabinho Noflan Flexível, referência SIEMENS ou similar.

Cabos de Força:

Para os cabos de força com bitola até 10mm² será utilizado cabinho flexível Noflan 750V, isolamento em PVC, referência SIEMENS ou similar, na cor preta ou cinza.

Para os cabos de força com bitola acima de 10mm² será utilizado cabinho flexível Noflan 750V, isolamento em EPR, referência SIEMENS ou similar, na cor preta ou cinza.

Nos diagramas multifilares os cabos deverão ser identificados usando-se unidade “mm²”.

Os cabos de força deverão ter a mesma capacidade de corrente dos equipamentos que interligam, considerando-se a temperatura de 40 graus centígrados.

Todo equipamento deverá ter fiação completamente executada na fábrica. Não será aceita fiação na obra.

Toda a fiação deverá ser contínua de terminal a terminal sem emendas para qualquer finalidade.

Deverá conter, toda fiação componente do equipamento, identificação através de anilhas numeradas. O material usado na identificação deverá ser permanente e de tipo aprovado.

3.4. LIMPEZA E PINTURA

Antes de iniciar o acabamento, todas as superfícies deverão ser limpas e isentas de ferrugem, graxa, sujeira e outras substâncias que impeçam a adesão do material a ser aplicado.

A pintura final tanto na face interna como na face externa, deverá ser feita na cor cinza Médio Munsell N6.5, após tratamento com duas demãos de tinta anti-oxidante. A pintura deverá ser através de processo eletrostático à base de pó de epóxi, com espessura de 60 Micra na face Interna e Externa.

3.5. PLACAS DE IDENTIFICAÇÃO

O quadro deverá ter placas de identificação principais de 120mm x 70mm, feitas em plástico laminado preto para expor o fundo branco. As plaquetas de identificação secundárias deverão ter dimensões de 60mm x 20mm.

As placas de identificação serão fixadas por parafusos, sendo que fixação com adesivo não será aceita.

As placas internas de identificação do fornecedor (fabricante) também serão fixadas por parafuso.

3.6. DIMENSIONAMENTO ELÉTRICO DOS EQUIPAMENTOS

As chaves seccionadoras, fusíveis de proteção contra curto-circuito, disjuntores, barramentos, cabos, contadores, relés térmicos, amperímetros, voltímetros, transformadores de corrente e de tensão, deverão ser dimensionados pelo fornecedor (fabricante) do quadro, obedecendo às características de funcionamento da partida por rampa de conjunto moto-bomba com motor de indução trifásico, e características constantes dos dispositivos anexos componentes do quadro.

Os amperímetros deverão possuir tamanho 72x72 mm e escala expandida.

A corrente de secundário dos transformadores de corrente será 5A.

3.7. APRESENTAÇÃO DO ORÇAMENTO

- Projeto Eletromecânico
- Listas Quantitativas de Materiais

3.8. PROJETOS

Após o recebimento do Documento Contratual, o fabricante deverá encaminhar para análise, aprovação e liberação para execução, em duas vias, o projeto eletromecânico, lista de materiais, lista de plaquetas e lista de função dos fusíveis.

O prazo para aprovação dos desenhos, de até 10 (dez) dias, será diluído no prazo de entrega da proposta.

Observamos que a aprovação prévia dos projetos eletromecânicos para execução dos equipamentos independe do prazo de entrega constante no Documento Contratual.

Sempre que houver necessidade de alterações em projetos eletromecânicos estas serão autorizadas através de ordens por escrito acompanhado de desenhos e/ou especificações.

O fabricante de posse dos desenhos aprovados deverá proceder às alterações solicitadas nos mesmos, pois os quadros de comando fabricados em divergência com os desenhos aprovados, não serão aceitos nem liberados por ocasião da inspeção.

3.9. ELABORAÇÃO DE PROJETOS ELETROMECCÂNICOS DE QUADRO DE COMANDO

3.9.1. Diagramas Multifilar e Funcional

Formato:

A1 - Original em Vegetal

A1 – Arquivo de computador formato DWG editável (sem perda de informação e/ou formatação), no aplicativo Autodesk Autocad 2008

Representação:

Os diagramas de força, comando, proteção e medição deverão ser apresentados com esquema multifilar.

Listas de Materiais e Lista de Plaquetas:

Ambos impressos em papel sulfite tamanho A4 (210 x 297mm)

Listas de Materiais em arquivo de computador (planilha eletrônica) formato XLS editável (sem perda de informação e/ou formatação), no aplicativo Microsoft Excel 2003 e/ou OpenOffice.org Calc.

Lista de plaquetas em arquivo de computador formato DWG editável (sem perda de informação e/ou formatação), no aplicativo Autodesk Autocad 2008

Copiativo:

Papel Vegetal ou Poliéster.

Heliográfico.

Papel Heliográfico.

3.10. DESENHO MECÂNICO

Apresentação

Em escala 1:10, tendo as medidas representadas em “mm”.

“Lay-Out”

Representando a disposição com medidas externas dos componentes dos quadros de comando.

Componentes

Serão feitas tantas vistas e cortes quanto necessário para sua perfeita identificação.

Medidas

Os quadros deverão ter as medidas de altura, largura, profundidades de acordo com os desenhos encaminhados pela CESAN.

Distribuição dos Componentes dos Quadros de Comando

A distribuição dos componentes deverá ser representada e identificada no desenho mecânico e submetida à análise e aprovação.

Formato

A1 - Original em Vegetal

A1 – Arquivo de computador formato DWG editável (sem perda de informação e/ou formatação), no aplicativo Autodesk Autocad 2008

3.11. APRESENTAÇÃO DOS PROJETOS ELETROMECCÂNICOS

Os projetos eletromecânicos deverão ser apresentados como segue:

- Encadernados com grampo macho-fêmea, capa tamanho A4, contendo a seguinte identificação:
- Nome do fabricante.
- Nome do sistema para o qual é destinado o equipamento.
- Equipamento.

3.11.1. As vias encadernadas separadamente, deverão conter:

- Lista de Materiais.
- Lista de Plaquetas.
- Diagrama Multifilar.
- Diagrama Funcional.
- Lista da função dos fusíveis.
- Desenho Mecânico.

3.11.2. Número de Vias

Na aprovação dos desenhos, duas vias completas, por ocasião de inspeção, uma via completa conforme projeto executado, juntamente com todos os arquivos de computador.

Após a inspeção, cinco vias completas, menos lista de plaquetas: uma via do desenho original vegetal do diagrama multifilar, funcional e desenho mecânico, devidamente embalado em plástico tipo lona leve, cor preta, juntamente com todos os arquivos de computador.

Uma via completa dos projetos eletromecânicos, menos lista de plaquetas, deverá ser colocada pelo fabricante, no porta documentos, instalados na parte interna de uma das portas do quadro de comando.

3.12. EQUIPAMENTOS ESPECIAIS

Quando forem instalados equipamentos especiais em quadros de comando após a inspeção, o fabricante deverá entregar:

- a) Catálogos com especificações técnicas.
- b) Diagramas de ligações internas.
- c) Instruções para testes, operação e manutenção.
- d) Relatórios de ensaios.
- e) Todos os itens anteriores em arquivo de computador (formato PDF).

3.13. VENTILAÇÃO

A ventilação de quadros de comando em baixa tensão deverá ser feita com venezianas e micro ventiladores axiais, com filtro.

3.13.1. Veneziana

Veneziana Padrão, tipo 9612, TESCO ou similar.

Quantidades a serem instaladas nos quadros de comando.

- Nas laterais:

01 veneziana inferior, 01 veneziana superior.

- Nas portas:

01 veneziana inferior, 01 veneziana superior.

3.13.2. Rigidez Mecânica

O sistema de ventilação não pode diminuir a rigidez mecânica e o grau de proteção dos quadros de comando.

A vedação das venezianas deverá ser feita com massa para calafetar da 3M ou similar.

3.13.3. Exaustores

Deverão ser utilizados exaustores, no mínimo um para cada módulo do quadro, dimensionados pelo fabricante, a fim de que se tenha um perfeito sistema de ventilação.

3.14. ISOLAMENTO

O grau de proteção para o quadro será IP-54 (instalação abrigada).

3.14.1. Barramentos

Os barramentos deverão ser de cobre eletrolítico e isolados eletricamente entre si e entre as partes metálicas não destinadas a conduzir corrente. A classe de isolamento será compatível com a tensão de serviço. Os barramentos deverão ser retangulares.

3.14.2. Identificação dos Barramentos e Cabos

Todos os barramentos dos quadros de comando deverão ser totalmente pintados para identificação, nas cores abaixo descritas, sendo que as áreas de conexão deverão ser estanhadas.

- Fase R, na cor vermelha.
- Fase S, na cor preta.
- Fase T, na cor branca.

Os cabos relativos ao padrão de entrada de energia deverão seguir o padrão de identificação abaixo.

- Fase R, na cor vermelha.
- Fase S, na cor preta.
- Fase T, na cor branca.

3.14.3. Diagramas Multifilares

Nos diagramas multifilares, os barramentos deverão ser identificados, usando-se a unidade polegada ou mm, representando-se a largura e espessura.

3.14.4. Capacidade

Os barramentos deverão ter a mesma capacidade de corrente do total do conjunto de equipamentos que interligam, considerando-se a temperatura de 40 graus centígrados.

3.14.5. Isolamento de Barramentos

Será fabricado em Premi-Glass com lâ de vidro ou resina Epóxi.

3.15. ATERRAMENTO

A instalação das barras de aterramento nos quadros de comando será feita como segue:

- Instalação nas partes inferiores dos quadros de comando, feitas de cobre eletrolítico e estanhadas.

Tipo de Aterramento

- Barra N:

Ligada ao neutro aterrado da rede da concessionária.

Ligada a ponto de aterramento dos componentes.

Em contato direto, por meio de cabo flexível ou cordoalha de cobre com todas as portas.

Identificada como: N.

- Barra de aterramento dos pára-raios:

Ligada aos pontos de aterramento dos pára-raios.

Identificada como: PRT.

O aterramento dos pára-raios, em cubículos, deverá ser separado da barra N.

As barras deverão ter fácil acesso para as ligações externas.

As barras deverão ser retangulares.

3.16. PARAFUSOS PARA FIXAÇÃO DOS COMPONENTES

Os parafusos para fixação dos componentes deverão ser zincados e bicromatizados em amarelo.

Quando usados parafusos com porcas para fixação, as mesmas deverão ter fácil acesso.

No chassi os parafusos deverão ser fixados sem o uso de porcas.

3.17. PORTA DOCUMENTOS

Todos os quadros de comando deverão ter porta-documentos na parte externa das portas como segue:

Tipo 7116, referência TASCO ou similar.

3.18. SELOS

Nos quadros de comando e nos módulos de cubículos deverá ser aposto um adesivo plástico, com os dizeres: “Antes de energizar este equipamento reapertar as conexões”.

O selo com a marca do fabricante só poderá ser fixado na parte interna da porta dos quadros de comando e cubículos, sendo vedada sua colocação em qualquer das partes externas dos mesmos.

3.19. INSPEÇÃO

A CESAN, caso julgue necessário, poderá inspecionar os serviços contratados, através de seus inspetores, verificando se os itens estão em conformidade com as especificações técnicas e normas elencadas neste documento. Os casos de inconformidade serão avaliados e as medidas cabíveis serão aplicadas.

Seqüência de Atividade de Rotina para Inspeção de Quadros de Comando em Baixa Tensão:

1º - Identificação do Quadro;

Município, Distrito, Documento Contratual. Conforme relatório de inspeção. Conferir se os desenhos da inspeção são idênticos aos desenhos aprovados anteriormente.

2º - Dimensões Mecânicas;

Conferir com trena se as medidas altura, largura, profundidade e furação do rodapé são as mesmas que constam no desenho mecânico, constando de instalação de vedação e de acabamento em obediência as recomendações das Normas Técnicas ABNT-NB-9 e CE 1298.

3º - Pintura;

Conferir com medidor de camadas não ferrosas se a espessura da tinta está conforme especificações técnicas.

4º - Plaquetas de Identificação;

Conferir se as plaquetas acrílicas internas e externas estão em conformidade com o diagrama multifilar, diagrama funcional, e desenho mecânico. Conferir ortografia das gravações.

5º - Distribuição dos Componentes;

Todos os componentes deverão estar instalados no Quadro conforme consta no desenho mecânico.

6º - Materiais;

Os materiais devem ter a mesma característica técnica, marca e quantidade da lista de materiais aprovada na análise e aprovação dos desenhos construtivos do quadro.

7º - Testes elétricos de isolamento;

8º - Testes de tensão aplicada;

9º - Testes de continuidade e identificação de Bornes;

10º - Testes funcionais pormenorizados de todos os circuitos com operação de simulação ou quando necessário e viável, em condições reais;

11º Outros, além dos acima relacionados referente aos procedimentos rotineiros do fabricante.

Anilhamento:

Deverão ser conferidas todas as anilhas dos cabos de força e comando. O anilhamento deve seguir o número do terminal (contato) do componente e estar de conformidade com o diagrama multifilar e funcional.

Bitola de cabos e medidas de barramentos:

Conferir se a bitola dos cabos e as medidas dos barramentos estão conforme consta no diagrama multifilar.

Testes Elétricos:

Energizar o quadro de comando com 03 fases e neutro e executar os testes elétricos de comando.

3.20. PLACA DE IDENTIFICAÇÃO DA GARANTIA

- Deverá ser instalada placa acrílica conforme padrão, no tamanho de 40mm de altura x 120mm de largura, com letras de 4mm de altura, na parte interna da porta dos quadros de comando e cubículos.
- COMPONENTES : mês/ano
- PINTURA : mês/ano
- FABRICANTE :

3.21. NORMAS

Todos os equipamentos e materiais, serviços de montagem e testes devem estar em conformidade com normas e padrões, os mais atuais, das seguintes entidades, por ordem:

- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).
- Norma Regulamentadora NR-10 do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE).
- Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO).
- National Electrical Manufacturers Association (NEMA).
- American Society for Testing and Materials (ASTM).

Em caso de divergências entre as Normas anteriormente relacionadas ou entre estas e as prescrições nas especificações tais casos serão definitivamente resolvidos pela CESAN.

3.22. OPERAÇÃO DA ELEVATÓRIA

3.22.1. Chave Seletora

Nos centros de controle de motores haverá uma chave seletora de 3 posições onde se optará pelos seguintes modos de funcionamento;

- Remoto – Neste modo o controle das bombas é feito automaticamente através de sinais enviados por sensores;
- Desligado – Neste modo os botões de liga e desliga são desabilitados e o controle automático das bombas está fora de funcionamento.
- Manual – Neste modo as bombas são controladas através das botoeiras de liga e desliga, onde o controle das bombas é realizado pelo operador, porém o controle de segurança não é desabilitado, evitando operação sem líquido na sucção da bomba;

4. MALHA DE ATERRAMENTO

O cálculo da malha de aterramento segue o método gráfico simplificado de estratificação do solo em duas camadas, conforme a norma NBR 7117, para determinação da resistividade média do solo.

a) Resistividade do solo

Serão considerados os valores máximos e mínimos de resistividade de acordo com o tipo de solo do terreno, considerado areia argilosa. Esses valores são:

$$\rho_1 = 450 \, \Omega \cdot m$$

$$\rho_2 = 300 \, \Omega \cdot m$$

Com o valor de $\rho_2/\rho_1 = 0,66$, obtém-se a relação $M_0 = 0,9237$ na Tabela A.1 da norma NBR 7117. Então o valor da resistividade média conforme o método valerá:

$$\rho_m = M_0 \times \rho_1 = 0,9237 \times 450 = 415,7 \, \Omega \cdot m$$

A profundidade da camada do solo (H_m) correspondente à resistividade média (ρ_m) pode ser obtida pela interpolação da curva de resistividade média, dada por:

$$H_m = \frac{(H_2 - H_1)(\rho_m - \rho_1)}{(\rho_2 - \rho_1)} + H_1 = 8,86 \text{ m}$$

$$R = \sqrt{\frac{S}{\pi}} = \sqrt{\frac{25 * 25}{\pi}} = 14,10 \text{ m}$$

$$K_2 = \frac{R}{H_m} = 1,59$$

S – área da malha de terra, em m^2 .

Com o valor de K_2 e de ρ_2/ρ_1 , obtém-se no gráfico A.3 da NBR 7117 o valor de $K_3 = \rho_a/\rho_1 = 0,96$, onde

$$\rho_a = K_3 \times \rho_1 = 0,96 * 450 = 432 \Omega \cdot \text{m}$$

b) Seção mínima do condutor

Será considerado que o condutor fase conectou-se acidentalmente com o condutor de aterramento, caracterizando um defeito fase-terra na condição mais severa, ou seja, máxima corrente de curto-circuito que atravessa a malha de terra. Para $T_f = 0,5 \text{ s}$, tempo de duração da corrente de curto-circuito, pode-se obter diretamente da tabela abaixo o valor da seção do condutor de cobre em mm^2/A , considerando que a conexão entre os eletrodos de terra seja em solda exotérmica e a corrente de curto-circuito fase-terra seja de 30.000 A, em baixa tensão.

Tempo (s)	Cabo Simples – solda exotérmica (K)	Cabo com juntas soldadas (K)	Cabo com juntas rebitadas (K)
30	0,020268	0,025335	0,032935
4	0,007093	0,010134	0,012160
1	0,003546	0,005067	0,006080
0,5	0,002533	0,003293	0,004306

Tabela 4.1 - Seção mínima do condutor em mm²/A

$$S_c = K \times I_{cft} = 0,002533 \times 30.000 = 75,99 \text{ mm}^2$$

Portanto, deverá ser usado um condutor de seção igual a 95,00mm².

c) Número de condutores principais e de junção

A malha de terra terá dimensões 25m x 25m (Cm x Lm), a fim de proteger a área de circulação da ETE. O espaçamento considerado entre os condutores principais e para os condutores de junção são, respectivamente:

$$D_l = 3,125 \text{ m}$$

$$D_c = 3,125 \text{ m}$$

- Número de condutores principais

$$N_{cp} = \frac{C_m}{D_l} + 1 = 9$$

- Número de condutores de junção

$$N_{cj} = \frac{L_m}{D_c} + 1 = 9$$

d) Comprimento dos condutores da malha de terra

$$L_{cm} = 1,05[(C_m \times N_{cj}) + (L_m \times N_{cp})] = 472,50 \text{ m}$$

e) Coeficientes de ajuste Km

$$K_{mp} = \frac{1}{2 \times \pi} \times \ln\left(\frac{D^2}{4 \times \pi \times (N_{cp} - 1) \times H \times D_{ca}}\right) = 0,65$$

$$K_{mj} = \frac{1}{2 \times \pi} \times \ln\left(\frac{D^2}{4 \times \pi \times (N_{cj} - 1) \times H \times D_{ca}}\right) = 0,65$$

Onde, H = 0,5 m, é a profundidade considerada da malha de terra e Dca = 0.005 é o diâmetro em m do cabo de 50 mm².

f) Coeficiente de ajuste Ks

$$K_{sp} = \frac{1}{\pi} \left\{ \frac{1}{2 \times H} + \frac{1}{D_i + H} + \frac{\ln[0,655 \times (N_{cp} - 1) - 0,328]}{D_i^2} \right\} = 0,47$$

$$K_{sj} = \frac{1}{\pi} \left\{ \frac{1}{2 \times H} + \frac{1}{D_c + H} + \frac{\ln[0,655 \times (N_{cj} - 1) - 0,328]}{D_c^2} \right\} = 0,47$$

g) Coeficiente de ajuste Ki

$$K_{ip} = 0,65 + 0,172 \times N_{cp} = 2,20$$

$$K_{ij} = 0,65 + 0,172 \times N_{cj} = 2,20$$

h) Comprimento mínimo do condutor da malha

$$L_c = \frac{K_m \times K_i \times \rho_a \times I_{cft} \times \sqrt{T_f}}{0,116 + 0,174 \times \rho_s} = 501,92 \text{ m}$$

ρ_s – resistividade da camada superior da malha, cujo valor é de 1.000 Ω ;

I_{cft} – corrente de curto-circuito fase-terra não envolvendo diretamente qualquer condutor de aterramento, igual a 200 A.

Deve-se considerar o maior produto entre os valores de $K_m \times K_i$, anteriormente calculados, numa dada direção. A condição $L_{cm} \geq L_c$ deve ser verificada. Caso contrário, deve-se adotar novos valores de espaçamento, profundidade da malha ou outros parâmetros que resultem em diminuir L_c . Neste caso, como a diferença é pequena entre L_c e L_{cm} , pode-se acrescentar a L_{cm} o comprimento total das hastes de aterramento a serem utilizadas, ou seja:

$$L_{cm} = 1,05[(C_m \times N_{cj}) + (L_m \times N_{cp})] + (N_h \times L_h) = 568,50 \text{ m}$$

N_h - número de eletrodos verticais

L_h - comprimento de 1 eletrodo vertical, igual a 3,0 m neste projeto.

i) Tensão máxima de passo

Os cálculos de tensões, correntes e resistências de aterramento serão calculados segundo a sexta edição do livro Instalações Elétricas Industriais do autor João Mamede Filho.

É o maior valor que pode ser alcançado no nível de malha de terra, considerando que o tempo máximo de permanência da corrente é igual a T_f e que a malha está coberta por material de resistividade ρ_s . Para estas condições o operador estaria em segurança caminhando no interior da malha de terra. Seu valor máximo vale:

$$E_{pa} = \frac{116 + 0,7 \times \rho_s}{\sqrt{T_f}} = 1154,0 \text{ V}$$

j) Tensão de passo existente na periferia da malha

Corresponde à diferença de potencial existente entre dois pontos distanciados de 1 m e localizados na periferia da malha de terra. Deve-se considerar o maior produto entre os valores de $K_m \cdot K_i$ numa dada direção. A condição $E_{pa} \geq E_{per}$ deve ser verificada.

$$E_{per} = \frac{K_s \times K_i \times \rho_l \times I_{cft}}{L_{cm}} = 162,00 \text{ V}$$

k) Tensão máxima de toque

O maior valor alcançado no nível da malha de terra, considerando o tempo máximo de permanência da corrente é igual a T_f e que a malha está coberta por material de resistividade ρ_s . Para estas condições, o operador estaria em segurança em qualquer ponto da malha de terra, tocando com o corpo uma massa energizada acidentalmente. Seu valor máximo vale:

$$E_{tm} = \frac{116 + 0,174 \times \rho_s}{\sqrt{T_f}} = 410,12 \text{ V}$$

l) Tensão de toque existente

Deve satisfazer a condição $E_{tm} \geq E_{te}$.

$$E_{te} = \frac{K_m \times K_i \times \rho_l \times I_{cft}}{L_{cm}} = 226,46 \text{ V}$$

m) Corrente máxima de choque

$$I_{ch} = \frac{116}{\sqrt{T_f}} = 164,05 \text{ mA}$$

n) Corrente de choque existente devido à tensão de passo existente, sem camada de brita

$$I_{pmsb} = \frac{1.000 \times E_{per}}{1.000 + 6 \times \rho_l} = 43,78 \text{ mA}$$

Condição: $I_{pmsb} \leq I_{ch}$

- o) Corrente de choque existente devido à tensão de toque existente, sem camada de brita

$$I_{tmsb} = \frac{1.000 \times E_{te}}{1.000 + 1,5 \times \rho_l} = 135,20 \text{ mA}$$

Condição: $I_{tmsb} \leq I_{ch}$

- p) Resistência da malha de terra
- Resistência da malha de terra correspondente aos condutores horizontais

$$R_{mc} = \frac{\rho_a}{4 \times R} + \frac{\rho_a}{L_{cm}} = 8,42 \Omega$$

- Resistência de aterramento de um eletrodo vertical

$$R_{sl} = \frac{\rho_a}{2 \times \pi \times L_h} \times \ln \left(\frac{400 \times L_h}{2,54 \times D_h} \right) = 151,90 \Omega$$

- Coeficiente de redução da resistência de um eletrodo vertical

$$K_h = \frac{1 + A \times B}{N_h} = 0,10$$

N_h - número de hastes de terra;

$A = 0,1629$ – determinado segundo a Tabela 4.2.

B – determinado de acordo com a Tabela 4.3.

$B = 13,1094$

Diâmetro do eletrodo	Distância entre os eletrodos - m					
	2	3	4	5	9	12
Para eletrodo de comprimento igual a 3,0 m						
1/2"	0,2292	0,1528	0,1149	0,0917	0,0509	0,0382
3/4"	0,2443	0,1629	0,1222	0,0977	0,0543	0,0407
1"	0,2563	0,1709	0,1282	0,1025	0,0570	0,0427
Para eletrodo de comprimento igual a 2,4 m						
1/2"	0,1898	0,1266	0,0949	0,0759	0,0422	0,0316
3/4"	0,2028	0,1352	0,1014	0,0811	0,0450	0,0338
1"	0,2132	0,1421	0,1066	0,0853	0,0471	0,0355

Tabela 4.2 - Coeficiente A.

Número de	B
4	2,7071
9	5,8917
16	8,5545
25	11,4371
36	14,065
49	16,8933

Tabela 4.3 - Coeficiente B.

- Resistência de aterramento do conjunto de eletrodos verticais

Representa o valor da resistência resultante de todas as hastes de terra interligadas em paralelo.

$$R_{ns} = K_h \times R_{el} = 15,19 \, \Omega$$

- Resistência mútua dos cabos e eletrodos verticais

$$R_{mu} = \frac{\rho_a}{\pi \times L_{cm}} \times \left[\ln \left(\frac{2 \times L_{cm}}{L_{th}} \right) + \frac{K_1 \times L_{cm}}{\sqrt{S}} - K_2 + 1 \right] = 5,54 \, \Omega$$

S - área da malha, em m²;

L_{th} - comprimento total das hastes, em m.

- Resistência total da malha

$$R_{tm} = \frac{R_{mc} \times R_{ns} - R_{mu}^2}{R_{mc} + R_{ns} - 2 \times R_{mu}} = 7,74 \, \Omega$$

Estes cálculos são estimados, após aterros e terraplanagem deverão ser elaborados os mesmos cálculos com dados da medição de resistividade do solo no local e feita as devidas adequações na malha de terra.

5. RELÉ DE PROTEÇÃO DE MÉDIA TENSÃO

5.1. DADOS DA CONCESSIONÁRIA NO PONTO DE ENTREGA:

- Curto-circuito monofásico = 1.548A
- Curto-circuito bifásico = 2.149A
- Curto-circuito trifásico = 2.482A
- Curto-circuito trifásico assimétrico = 2.767A
- Tensão 11,4kV

$P_{cc} = 1,73 \times 11,4 \times 2.482 = 48.950 \text{ kVA}$ (potência de curto-circuito da fonte)

5.2. DADOS DO TRANSFORMADOR:

- Potência total instalada (kVA) = 1500
- Relação de tensões (V) = 11.400:440/254
- Corrente nominal (A) = 75,97
- Impedância % = 5,0

5.3. CÁLCULO DA CORRENTE NOMINAL (DE DEMANDA) DA INSTALAÇÃO:

Para efeito de cálculos de proteção, a corrente nominal demandada (I_n) deve ser calculada a partir da demanda contratada de acordo com o projeto considerando-se, no mínimo, o fator de potência de referência 0,92. Assim:

$I_n = W / 1,73 \times V \times 0,92$; onde

W é a previsão de demanda contratada em kW.

V é a tensão nominal entre fases em kV.

$I_n = 810 / (1,73 \times 11,4 \times 0,92) \rightarrow I_n = 44,64 \text{ A}$

5.4. CÁLCULO DA CORRENTE DE MAGNETIZAÇÃO DO TRANSFORMADOR:

Cálculo da corrente nominal do trafo:

$I_{n_trafo} = \text{kVA} / (1,73 \times \text{kV})$

$I_{n_trafo} = 1500 / (1,73 \times 11,4)$

$I_{n_trafo} = 75,97 \text{ A @ } 11,4\text{kV}$

Para o transformador em questão, a corrente de magnetização (I_m) pode ser considerada da ordem de $8 \times I_{n_trafo}$, com tempo de duração da ordem de 0,1 seg. Assim:

$I_m = 8 \times I_{n_trafo} \rightarrow I_m = 607,76 \text{ A por } 0,1 \text{ seg.}$

5.5. CÁLCULO DO PONTO ANSI DO TRANSFORMADOR:

O ponto ANSI é o máximo valor de corrente que um transformador pode suportar durante um período definido de tempo sem se danificar (para o transformador em questão considerou-se o tempo de 3 segundos). A corrente no ponto ANSI pode ser calculada como a seguir:

$I_{ansi} = (100 / Z\%) \times I_{n_trafo}$; onde Z é a impedância percentual do transformador.

$$I_{ansi} = (100 / 5) \times 75,97$$

$$I_{ansi} = 1.519,4 \text{ A (por 3 segundos)}$$

No caso de falta fase-terra este valor, para transformador triângulo-estrela com neutro solidamente aterrado, é 0,58 vezes a corrente ANSI de fase. Assim a corrente ANSI de neutro será:

$$I_{nansi} = 0,58 \times I_{ansi}$$

$$I_{nansi} = 881,25 \text{ A (por 3 segundos)}$$

5.6. CÁLCULO PARA ESCOLHA DO TC DE PROTEÇÃO:

A corrente primária do TC é calculada para que o equipamento não apresente saturação para a corrente de curto-circuito máximo. Dessa forma tem-se:

$$I_{primária_tc} \geq I_{cc_3f} / 20$$

$$I_{primária_tc} \geq 2482 / 20$$

$$I_{primária_tc} \geq 124,1$$

TC de proteção: $I_{primária_tc}$ (mínimo) → 124,1 A

Escolha: TC 150 / 5 A

$$\text{Relação de transformação: (RTC)} = I_{primária_tc} / I_{secundário} = 30$$

Deve-se ainda verificar se não ocorrerá saturação do TC para tensão em seu secundário quando submetido à corrente de curto máxima.

O relé ligado ao secundário do TC possui um consumo máximo de 10VA. Dessa forma tem-se:

$$10 = Z \times 5^2 \rightarrow Z = 0,4\Omega, \text{ onde } Z \text{ é a impedância do relé}$$

A corrente de curto-circuito máximo no primário do TC é de 2.482A. Para o TC de 150/5A escolhido, essa corrente de curto refletida ao secundário será de 82,73A. Assim a tensão desenvolvida no secundário do TC nessas condições será:

$$V_2 = Z \times I_{cc_secundário} = 0,4 \times 82,73 \rightarrow V_2 = 33,09V$$

O TC com tensão máxima suportável imediatamente acima desse valor é o de 50V.

Assim a especificação final do TC será: **TC 150/5A - 10B50**

5.7. CÁLCULO DA CORRENTE DE PARTIDA DO RELÉ (FUNÇÕES 51 E 51N):

A corrente nominal (I_n) da instalação foi calculada no item 5.3, pela demanda contratada. A corrente de partida (I_p) do relé será $1,1 \times I_n$, considerando que possa haver ultrapassagem de 10% da demanda contratada. Assim:

$$I_p = 1,1 \times I_n = 1,1 \times 44,64 \rightarrow I_p = 49,10 \text{ A}$$

Considerando ainda um erro de 10% relativo à exatidão dos TC's, a corrente de partida do relé será:

$$I_p = 1,1 \times 49,10 = 54,02 \rightarrow \mathbf{I_p = 55 \text{ A (corrente de referência para função 51)}}$$

Esse é o valor da corrente no primário do TC. No secundário, tem-se I_p/RTC , onde RTC é a relação de transformação do TC de proteção. A partir dessa corrente o relé é sensibilizado e inicia a contagem de tempo de acordo com sua curva característica, caso esse tempo seja ultrapassado o relé irá atuar.

Para a proteção do neutro foi estabelecido um valor de 1/3 da proteção das fases. Logo:

- Corrente nominal de partida p/ neutro:

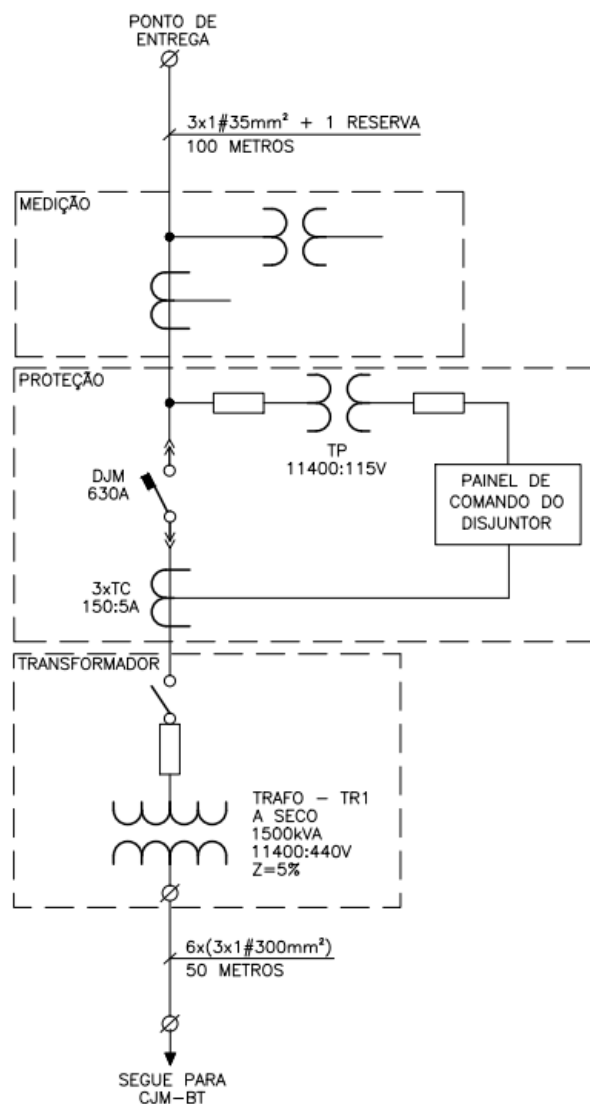
$$I_{p_neutro} = 0,33 \times I_{p_fase}$$

$$\rightarrow \mathbf{I_{p_neutro} = 18,3 \text{ A (corrente de referência para função 51N)}}$$

5.8. CÁLCULO DAS CORRENTES DE CURTO-CIRCUITO:

A Figura 1 mostra o trecho do diagrama unifilar da instalação utilizado no cálculo das correntes de curto-circuito para ajuste das funções 50 e 50N do relé de proteção.

Figura 1 – Trecho do Diagrama Unifilar para Cálculo das Correntes de Curto-Circuito



Para esse trecho do diagrama unifilar tem-se:

Correntes de curto-circuito no ponto de entrega de energia (tensão 11,4kV):

- Curto-circuito monofásico = 1.548A
- Curto-circuito bifásico = 2.149A
- Curto-circuito trifásico = 2.482A

- Curto-circuito trifásico assimétrico = 2.767A

$P_{cc} = 1,73 \times 11,4 \times 2.482 = 48.950 \text{ kVA}$ (potência de curto-circuito da fonte)

Dados do transformador:

- Trafo a seco, trifásico, 60Hz
- 1500kVA
- 11.400:440V
- $Z = 5\%$

Impedância do cabo de 35 mm^2 do ramal de entrada:

- $Z_{C1} = 0,670 + j0,172 \text{ } \Omega/\text{km}$ (trifólio)

Impedância do cabo de 300 mm^2 à jusante do transformador:

- $Z_{C2} = 0,078 + j0,097 \text{ } \Omega/\text{km}$ (cada trifólio)

O relé de proteção do disjuntor de média tensão deve ser ajustado para o menor valor de corrente de curto-circuito dentro da zona de proteção do referido disjuntor. Essa corrente ocorre para um curto-circuito imediatamente à jusante do cabo de 300 mm^2 , e seu cálculo é descrito a seguir.

Cálculo de I_{cc} à jusante do cabo de 300 mm^2 :

Obs.: Cálculos em pu na base 1.500kVA, 11,4kV.

Primeiramente, calculou-se os valores das impedâncias da fonte (Z_F), do transformador (Z_T) e do cabo (Z_C), para então calcular o valor da corrente de curto-circuito trifásica, como a seguir.

$$Z_{F,pu} = 1,0 \times \frac{1.500}{48.950} = 0,03064 \text{ pu}$$

$$Z_{C1} = (0,670 + j0,172) \times 0,1 = 0,06917 \text{ } \Omega$$

$$Z_{C1,pu} = 0,06917 \times \frac{1.500.000}{11.400^2} = 0,0007984 \text{ pu}$$

$$Z_{T,pu} = 5\% = 0,05 \text{ pu}$$

$$Z_{C2} = \frac{(0,078 + j0,097) \times 0,05}{6} = 0,00103 \text{ } \Omega$$

$$Z_{C2,pu} = 0,001037 \times \frac{1.500.000}{440^2} = 0,00803 \text{ pu}$$

$$I_{CC,3\phi} = \frac{1,0}{Z_{F,pu} + Z_{C1,pu} + Z_{T,pu} + Z_{C2,pu}} \times \frac{1500}{\sqrt{3} \times 0,44} = 21.999,27 @ 440V$$

Refletindo essa corrente ao primário do transformador tem-se:

$$I_{CC,3\phi} = 21.999,27 \times \frac{440}{11.400} = 849,09 @ 11.400V$$

No caso de falta fase-fase, a corrente de curto-circuito pode ser calculada como sendo 0,87 vezes a corrente de curto-circuito trifásica. Assim tem-se:

$$I_{CC,2\phi} = 0,87 \times 849,09 = 738,71A @ 11.400V$$

Este é o menor valor de corrente de curto-circuito fase-fase na zona de proteção do disjuntor de média tensão, portanto é o valor a ser utilizado no ajuste da função 50.

No caso de uma falta fase-neutro a corrente de curto-circuito tomada como referência para o ajuste da proteção é 1/3 da corrente de curto-circuito trifásica. Assim tem-se:

$$I_{CC,1\phi} = 0,33 \times 849,09 = 280,49A @ 11.400V$$

5.9. AJUSTE DA FUNÇÃO INSTANTÂNEA (50 E 50N):

5.9.1. Função 50: Proteção de sobrecorrente instantânea de fase.

Essa proteção deverá ser ajustada para um valor superior à corrente de magnetização do transformador ($I_m = 607,76 \text{ A}$), a fim de não provocar a atuação indevida do relé na energização do transformador.

Além disso, deve-se também verificar se o valor escolhido para a proteção instantânea é inferior a corrente de curto-circuito mínima e ao ponto ANSI.

$$I_{cc_min} = 738,71 \text{ A (fase-fase)}$$

$$I_{ansi} = 1519,4 \text{ A}$$

$$I_{cc_min} = 280,49 \text{ A (fase-neutro)}$$

$$I_{nansi} = 881,25 \text{ A}$$

Portanto o ajuste da função 50 deve satisfazer às seguintes condições:

$$I_{50} > I_m = 607,76 \text{ A}$$

$$I_{50} < I_{cc_min} = 738,71 \text{ A}$$

$$I_{50} < I_{ansi} = 1519,4 \text{ A}$$

Assim, para um TC 150:5A tem-se:

$$I_2 = \frac{738,71 \times 5}{150} = 24,62 \text{ A}$$

Onde I_2 é a corrente de curto I_{cc_min} (f-f) refletida ao secundário do TC.

$$ajuste I_{50} < \frac{24,62}{5} = 4,92$$

Para o relé utilizado no projeto, adotou-se um ajuste de 4,5xIn que corresponde a uma corrente de 675A no primário do TC.

Além disso, como visto no item 5.4 a corrente de magnetização do transformador possui uma duração da ordem de 0,1s. Assim, para garantir que o relé não atue para a corrente de magnetização, a função 50 será setada também com um ajuste de tempo definido $T_{def.} = 0,1s$.

Como $I_m < 675 < I_{cc_min}$, o ajuste da proteção 50 está adequado.

Conclusão função 50: Ajuste $I_{50} = 675 \text{ A}$ (equivalente a um tap de 4,5xIn no relé) com tempo definido **T def. = 0,1s**.

5.9.2.Função 50N: Proteção de sobrecorrente instantânea de neutro.

Para o mesmo TC 150:5A, no caso de um curto-circuito fase neutro, tem-se:

$$I_2 = \frac{280,49 \times 5}{150} = 9,34A$$

Onde I_2 é a corrente de curto I_{cc_min} (f-n) refletida ao secundário do TC.

$$ajuste I_{50N} < \frac{9,34}{5} = 1,86$$

Para o relé utilizado no projeto, adotou-se um ajuste de 1,5xIn que corresponde a uma corrente de 225A no primário do TC.

Como $225 < I_{cc_min}$ (f-n), o ajuste da proteção 50N está adequado.

Conclusão função 50N: Ajuste $I_{50N} = 225A$ (equivalente a um tap de 1,5xIn no relé)

5.10. AJUSTE DA FUNÇÃO TEMPORIZADA (51 E 51N):

Função 51: É a proteção de sobrecorrente temporizada de fase. Quanto ao tipo de curva que deverá ser escolhida, é a extremamente inversa.

A curva $t \times I$ é descrita pela equação:

$$t(I) = \frac{k}{\left(\frac{I}{I_p}\right)^\alpha - 1} \times DT$$

Onde:

k	α	DT(fase)	DT (neutro)	Ip_fase (A)	Ip_neutro (A)
80	2	0,3	0,15	55,0	18,3

Obs.: Valores de **Ip_fase** e **Ip_neutro** calculados no item 5.7 deste memorial.

Essa proteção deverá ser ajustada para suportar a magnetização dos transformadores (durante o tempo correspondente) e ao mesmo tempo protege-los abaixo do ponto ANSI. A seguir é feita essa verificação com os parâmetros escolhidos.

Verificação do ponto de magnetização:

$$t(I_m) = \frac{80}{\left(\frac{607,76}{55}\right)^2 - 1} \times 0,3 = 0,2s$$

Como o tempo de magnetização é igual a 0,1s essa condição está satisfeita e o relé não irá disparar indevidamente.

Verificação do ponto ANSI:

$$t(I_{ansi}) = \frac{80}{\left(\frac{1519,4}{55}\right)^2 - 1} \times 0,3 = 0,03s$$

$$t(I_{nansi}) = \frac{80}{\left(\frac{881,25}{18,3}\right)^2 - 1} \times 0,15 = 0,00508s$$

Como o tempo determinado pelo ponto ANSI é igual a 3s o relé irá disparar antes que esse ponto seja atendido.

Logo, os ajustes da proteção temporizada 51 e 51N estão adequados.

5.11. CURVA DO RELÉ DE PROTEÇÃO:

A figura 2 mostra a curva tempo inversa do relé de proteção de média tensão, ou seja, as curvas de ajuste das proteções 50, 51, 50N e 51N do relé de proteção. Como dito anteriormente, a curva relativa à proteção de corrente temporizada é do tipo extremamente inversa.

Além disso, também estão representados no gráfico os valores das demais correntes de interesse, as quais são listadas a seguir:

I_{cc(f-f)} – corrente de curto-circuito fase-fase;

I_{cc(f-n)} – corrente de curto-circuito fase-neutro

I_{ansi} – corrente do ponto ANSI de fase

I_{ansi(n)} – corrente do ponto ANSI de neutro

I_m – corrente de magnetização do transformador

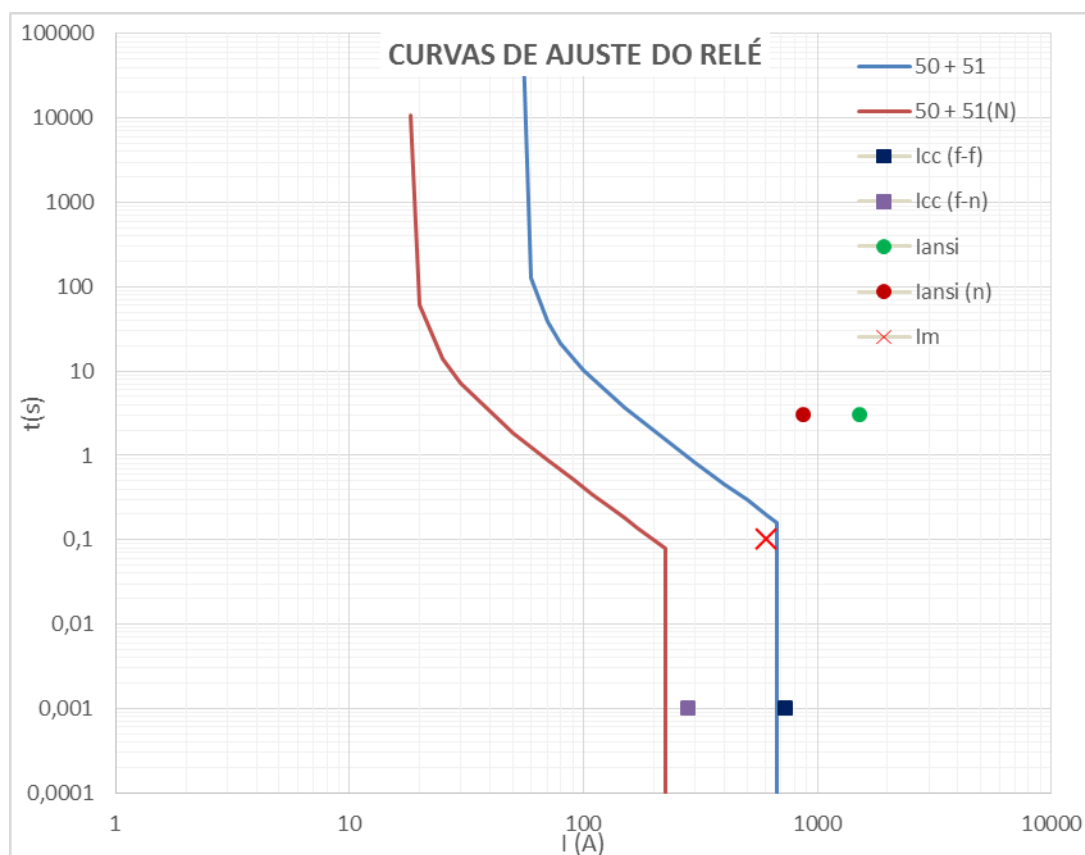


Figura 2 - Curva tempo inversa do relé de proteção

Do gráfico da figura 2, nota-se que a atuação do relé ocorre antes que as correntes de curto-circuito e do ponto ANSI sejam atingidas. Também é possível observar que o relé não atua para a corrente de magnetização, como mostrado nos cálculos anteriormente.

5.12. PARÂMETROS PARA PROGRAMAÇÃO DO RELÉ:

DADOS RELATIVOS AO RELÉ MODELO URPE-7104 DA PEXTRON			
Indicação		Descrição dos Parâmetros	Ajuste
1	TC	Relação do transformador de corrente	30
2	I.partida	Corrente de partida p/tempo dependente de fase	55A
3	Curva	Tipo de curva de atuação para fase	EI
4	D.T.	Dial de tempo para fase	0,3
5	I.Def.	Corrente de partida p/ tempo definido p/ fase	3000A
6	T.Def.	Tempo da unidade definido de fase	0,1s
7	I.Inst.	Corrente de ajuste da unidade instantânea de fase	675A
8	I.partida	Corrente de partida p/ tempo dependente de neutro	18,3A
9	Curva	Tipo de curva de atuação para neutro	EI
10	D.T.	Dial de tempo para neutro	0,15
11	I. Def.	Corrente de partida p/ tempo definido p/ neutro	1500
12	T. Def.	Tempo da unidade definido de neutro	240
13	I. Inst.	Corrente de ajuste da unidade instantânea de neutro	225A

Observações:

- Item 5: Corrente de partida para tempo definido de fase; Como é uma função que não desejamos utilizar, deixamos ajustada no seu valor máximo de ajuste conforme especificação do fabricante no manual de operação do relé: 100 x RTC
- Item 11: A mesma condição feita para o item 5: 50 x RTC
- Item 12: Tempo da unidade definido de neutro: Ajusta-se no máximo valor permitido pelo relé já que a função não está sendo utilizada.

6. QUESA DE TENSÃO NO RAMAL DE ENTRADA

O ramal de entrada da instalação será subterrâneo, feito por cabos de cobre 35mm² isolados em EPR 90°C, em eletroduto envelopado por concreto. A queda de tensão do ponto de derivação da concessionária até o cubículo de medição não deve ser superior a 1%.

A queda de tensão em um circuito trifásico pode ser calculada por meio da seguinte equação:

$$\Delta V = \sqrt{3} \times I \times l \times (R_{ca} \times \cos \varnothing + X_l \times \sin \varnothing)$$

Onde:

- ΔV – queda de tensão no circuito (V)
- I – corrente (A)
- l – comprimento do circuito (km)
- R_{ca} – resistência do condutor em corrente alternada (Ω/km)
- X_l – reatância indutiva do condutor (Ω/km)
- $\varnothing$ – ângulo do fator de potência do circuito

A seguir temos os dados relativos ao projeto:

- Cabo Utilizado: Eprotenax Compact, cobre 35mm², 8,7/15kV em EPR 90°C, fabricante Prysmian.
- Impedância do cabo: (0,670+j0,172) Ω/km
- Corrente: 75,96A (considerou-se no pior caso a corrente nominal do transformador)
- Comprimento: aproximadamente 100m
- Fator de potência: 0,94

Substituindo os valores na equação da queda de tensão obtemos:

$$\Delta V = \sqrt{3} \times 75,96 \times 0,1 \times (0,670 \times \cos 19,9 + 0,172 \times \sin 19,9)$$

$$\Delta V = 9,06V = 0,079\%$$

Como $\Delta V < 1\%$, o ramal de entrada está corretamente dimensionado.

7. ANEXOS

7.1. RELAÇÃO DE DESENHOS

ITEM	DESENHO Nº ARCADIS logos	DESENHO Nº CESAN	TÍTULO
01	0876.DS.113.E.0001/04	B-035-003-60-6-XX-0001	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO – DIAGRAMA UNIFILAR GERAL – PARTE 1
02	0876.DS.113.E.0002/04	B-035-003-60-6-XX-0002	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO – DIAGRAMA UNIFILAR GERAL – PARTE 2 E QUADROS DE CARGAS
03	0876.DS.113.E.0003/04	B-035-003-60-6-XX-0003	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO – QUADROS DE CARGAS
04	0876.DS.113.E.0004/04	B-035-003-60-6-XX-0004	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO – SUBESTAÇÃO – PLANTA BAIXA, CORTE B-B E CORTE C-C
05	0876.DS.113.E.0005/04	B-035-003-60-6-XX-0005	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO – SUBESTAÇÃO – CORTE A-A
06	0876.DS.113.E.0006/04	B-035-003-60-6-XX-0006	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO – SUBESTAÇÃO – RAMAL DE ENTRADA, PLANTA DE LOCALIZAÇÃO, CORTE D-D E CORTE E-E
07	0876.DS.113.E.0007/04	B-035-003-60-6-XX-0007	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO – SUBESTAÇÃO – DETALHES
08	0876.DS.113.E.0008/04	B-035-003-60-6-XX-0008	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO – SUBESTAÇÃO – PLANTA DE DISTRIBUIÇÃO E TOMADAS
09	0876.DS.113.E.0009/04	B-035-003-60-6-XX-0009	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO – SUBESTAÇÃO – PLANTA DE ATERRAMENTO E EQUALIZAÇÃO

10	0876.DS.113.E.0010/04	B-035-003-60-6-XX-0010	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO – SUBESTAÇÃO – SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS – SPDA
11	0876.DS.113.E.0011/04	B-035-003-60-6-XX-0011	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO – QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO DE LUZ E FORÇA – QDLF-02
12	0876.DS.113.E.0012/01	B-035-003-60-6-XX-0012	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO – PLANTA DE DISTRIBUIÇÃO DE ILUMINAÇÃO E INSTRUMENTAÇÃO – PARTE 01
13	0876.DS.113.E.0013/01	B-035-003-60-6-XX-0013	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO – PLANTA DE DISTRIBUIÇÃO DE ILUMINAÇÃO E INSTRUMENTAÇÃO – PARTE 02
14	0876.DS.113.E.0014/01	B-035-003-60-6-XX-0014	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO – CASA DE BOMBAS - DISTRIBUIÇÃO DE ILUMINAÇÃO E TOMADAS - PLANTA BAIXA E CORTE A-A
15	0876.DS.113.E.0015/01	B-035-003-60-6-XX-0015	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO – CASA DE BOMBAS - DISTRIBUIÇÃO DE ILUMINAÇÃO E TOMADAS – CORTE D-D E QUADRO DE CARGAS
16	0876.DS.113.E.0016/01	B-035-003-60-6-XX-0016	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO – CASA DE BOMBAS - PLANTA DE DISTRIBUIÇÃO DE FORÇA
17	0876.DS.113.E.0017/01	B-035-003-60-6-XX-0017	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO – CASA DE BOMBAS - PLANTA DE ATERRAMENTO E EQUALIZAÇÃO
18	0876.DS.113.E.0018/01	B-035-003-60-6-XX-0018	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO – PLANTA DE ATERRAMENTO GERAL
19	0876.DS.113.E.0019/01	B-035-003-60-6-XX-0019	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO – RESERVATÓRIO APOIADO - SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS – SPDA - PARTE 01
20	0876.DS.113.E.0020/01	B-035-003-60-6-XX-0020	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO – RESERVATÓRIO APOIADO - SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS – SPDA - PARTE 02
21	0876.DS.113.E.0021/01	B-035-003-60-6-XX-0021	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO – RESERVATÓRIO APOIADO - SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS – SPDA - PARTE 03

22	0876.DS.113.E.0022/01	B-035-003-60-6-XX-0022	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO – RESERVATÓRIO ELEVADO - SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS – SPDA
23	0876.DS.113.E.0023/01	B-035-003-60-6-XX-0023	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO - CJMBT – CONJUNTO DE MANOBRA DE BAIXA TENSÃO – DIAGRAMA MULTIFILAR – COLUNAS 1 E 2
24	0876.DS.113.E.0024/01	B-035-003-60-6-XX-0024	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO - CJMBT – CONJUNTO DE MANOBRA DE BAIXA TENSÃO – DIAGRAMA MULTIFILAR – COLUNAS 3 E 4
25	0876.DS.113.E.0025/01	B-035-003-60-6-XX-0025	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO - CJMBT – CONJUNTO DE MANOBRA DE BAIXA TENSÃO – DIAGRAMA MULTIFILAR – COLUMA 6
26	0876.DS.113.E.0026/01	B-035-003-60-6-XX-0026	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO - CJMBT – CONJUNTO DE MANOBRA DE BAIXA TENSÃO – LAYOUT – PARTE 01
27	0876.DS.113.E.0027/01	B-035-003-60-6-XX-0027	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO - CJMBT – CONJUNTO DE MANOBRA DE BAIXA TENSÃO – LAYOUT – PARTE 02
28	0876.DS.113.E.0028/01	B-035-003-60-6-XX-0028	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO - CJMBT – CONJUNTO DE MANOBRA DE BAIXA TENSÃO – LAYOUT COLUNAS 1 A 4
29	0876.DS.113.E.0029/01	B-035-003-60-6-XX-0029	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO - CJMBT – CONJUNTO DE MANOBRA DE BAIXA TENSÃO – GAVETA TÍPICA DAS VÁLVULAS
30	0876.DS.113.E.0030/01	B-035-003-60-6-XX-0030	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO - CJMBT – CONJUNTO DE MANOBRA DE BAIXA TENSÃO – GAVETAS ALIMENTADORAS E RESERVA
31	0876.DS.113.E.0031/01	B-035-003-60-6-XX-0031	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO - CJMBT – CONJUNTO DE MANOBRA DE BAIXA TENSÃO – LAYOUT COLUMA 6 – QDLF-01
32	0876.DS.113.E.0032/01	B-035-003-60-6-XX-0032	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO – CCM-01 – CENTRO DE CONTROLE DE MOTORES 01 – DIAGRAMA MULTIFILAR
33	0876.DS.113.E.0033/01	B-035-003-60-6-XX-0033	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO – CCM-01 – CENTRO DE CONTROLE DE MOTORES 01 –

			DIAGRAMA DE COMANDO
34	0876.DS.113.E.0034/01	B-035-003-60-6-XX-0034	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO – CCM-01 – CENTRO DE CONTROLE DE MOTORES 01 – LAYOUT – PARTE 01
35	0876.DS.113.E.0035/01	B-035-003-60-6-XX-0035	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO – CCM-01 – CENTRO DE CONTROLE DE MOTORES 01 - LAYOUT – PARTE 02
36	0876.DS.113.E.0036/01	B-035-003-60-6-XX-0036	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO – CCM-01 – CENTRO DE CONTROLE DE MOTORES 01 - LAYOUT COLUNAS 1 A 4
37	0876.DS.113.E.0037/01	B-035-003-60-6-XX-0037	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO – CCM-02 – CENTRO DE CONTROLE DE MOTORES 02 – DIAGRAMA MULTIFILAR
38	0876.DS.113.E.0038/01	B-035-003-60-6-XX-0038	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO – CCM-02 – CENTRO DE CONTROLE DE MOTORES 02 – DIAGRAMA DE COMANDO
39	0876.DS.113.E.0039/01	B-035-003-60-6-XX-0039	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO – CCM-02 – CENTRO DE CONTROLE DE MOTORES 02 – LAYOUT- PARTE 01
40	0876.DS.113.E.0040/01	B-035-003-60-6-XX-0040	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO – CCM-02 – CENTRO DE CONTROLE DE MOTORES 02 – LAYOUT – PARTE 02
41	0876.DS.113.E.0041/01	B-035-003-60-6-XX-0041	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO – CCM-02 – CENTRO DE CONTROLE DE MOTORES 02 – LAYOUT COLUNAS 1 A 4
42	0876.DS.113.E.0042/01	B-035-003-60-6-XX-0042	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO – PAINEL BC – PAINEL BANCO DE CAPACITORES – DIAGRAMA DE COMANDO E MULTIFILAR
43	0876.DS.113.E.0043/01	B-035-003-60-6-XX-0043	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO – PAINEL BC – PAINEL BANCO DE CAPACITORES – LAYOUT
44	0876.DS.113.E.0044/01	B-035-003-60-6-XX-0044	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO – PA – PAINEL DE AUTOMAÇÃO – DIAGRAMA MULTIFILAR
45	0876.DS.113.E.0045/01	B-035-003-60-6-XX-0045	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO – PA – PAINEL DE AUTOMAÇÃO - LAYOUT

46	0876.DS.113.E.0046/01	B-035-003-60-6-XX-0046	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO – PA – PAINEL DE AUTOMAÇÃO – PROGRAMAÇÃO DO CLP
47	0876.DS.113.E.0047/01	B-035-003-60-6-XX-0047	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO – QUADRO DE CONTROLE DO DISJUNTOR DE MÉDIA TENSÃO – QDC-DJM
48	0876.DS.113.E.0048/01	B-035-003-60-6-XX-0048	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DE JACARAÍPE – PROJETO ELÉTRICO – ROTEAMENTO DE CABOS