

COMUNICADO TÉCNICO Nº 27

LIGAÇÃO DE EDIFÍCIOS COM TRANSFORMADOR DE DISTRIBUIÇÃO ISOLADO A SECO NOS SISTEMAS AÉREOS E SUBTERRÂNEOS

Diretoria de Engenharia

Gerência de Padrões, P&D e Eficiência Energética

Gerência de Gestão do Subterrâneo

ELABORADO POR:	Erminio Cesar Belvedere – Gerência de Padrões, P&D e Eficiência Energética
COLABORADORES:	Ricardo Oliveira Brandão – Gerência de Gestão do Sistema Subterrâneo Marcio Almeida Silva – Gerência de Padrões, P&D e Eficiência Energética Fernando Santos de Oliveira – Gerência de Gestão do Sistema Subterrâneo
REVISADO POR:	Angelo Quintao – Gerência de Padrões, P&D e Eficiência Energética
APROVAÇÃO:	Marcus Martinelli – Gerência de Padrões, P&D e Eficiência Energética
DATA:	Setembro/2018

FOLHA DE CONTROLE DE MODIFICAÇÕES

Comunicado Técnico 27/2018

REVISÃO	DATA	ITENS	ELABORADO POR:	COLABORADORES	APROVAÇÃO
00	Setembro/2006	Elaboração do CT 27	Anderson Gonçalves Villela	Erminio Cesar Belvedere Valdivino Carvalho Plácido Antônio Brunheroto	Marco Antônio Aguilera
01	Junho/2015	Alteração de critérios técnicos	Erminio Cesar Belvedere	Marcio Silva	Angelo Antônio Quintão Maurício
02	Novembro/2016	Revisão técnica da norma - Transformadores	Erminio Cesar Belvedere	Ricardo Oliveira Brandão	Angelo Antônio Quintão Maurício
03	Setembro/2018	Revisão técnica, alteração do padrão, inserindo o Sistema Subterrâneo reticulado.	Erminio Cesar Belvedere	Ricardo Oliveira Brandão	Angelo Antônio Quintão Maurício

ÍNDICE

OBJETIVO	6
1. APLICAÇÃO	7
2. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS.....	8
3. TERMINOLOGIA	10
4. CONDIÇÕES GERAIS.....	14
5. TRANSFORMADORES.....	15
5.1. Características nominais e perdas máximas.....	15
5.2. Dimensões e massas	16
5.3. Temperatura do ar de resfriamento.....	16
5.4. Terminais	16
5.5. Dispositivos para mudança de derivações.....	17
5.6. Terminais de aterramento	17
5.7. Sensores de Temperatura	17
5.8. Barra de aterramento	18
5.9. Meios de Locomoção.....	18
5.10. Carga Máxima Admissível.....	19
6. RAMAL DE LIGAÇÃO PRIMÁRIO.....	19
6.1. Circuito primário operando em 13,2 kV.....	19
6.2. Circuito primário operando em 21 kV.....	20
6.2.1 Sistema Primário Seletivo	20
6.2.2 Sistema Reticulado	21

6.3. Condutor de aterramento	24
7. CHAVES (LIGAÇÃO À REDE SUBTERRÂNEA)	24
8. CIRCUITOS SECUNDÁRIOS	25
9. CANALIZAÇÕES SUBTERRÂNEAS E CAIXAS DE PASSAGEM.....	26
10. PROTEÇÃO CONTRA SOBRECORRENTES (LIGAÇÃO A REDE AÉREA)...	27
11. PROTEÇÃO CONTRA SOBRECORRENTES (LIGAÇÃO A REDE SUBTERRÂNEA).....	28
12. PROTEÇÃO CONTRA SOBRETENSÕES.....	28
13. ATERRAMENTO	29
14. REQUISITOS BÁSICOS DO POSTO DE TRANSFORMAÇÃO.....	30
14.1. Localização do Posto de Transformação	31
14.1.1. Diretrizes Gerais.....	31
14.1.2. Ligação de Edifícios	34
14.1.3. Ligação em Empreendimentos Particulares.....	34
14.2. Características Construtivas	34
14.3. Porta de Acesso	35
14.4. Telas de Proteção	35
14.5. Afastamentos Mínimos.....	36
14.6. Aberturas de Ventilação	37
14.7. Iluminação interna	38
15. INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES	39
15.1. Manutenção	39

15.2.	Obras civis.....	39
15.3.	Montagens de transformadores secos	39
15.4.	Materiais e equipamentos	40
15.5.	Obstáculos	40
16.	EXEMPLO DE POSTO DE TRANSFORMAÇÃO.....	40
16.1.	Considerações gerais.....	40
16.2.	Dimensões do posto de transformação.....	41
16.3.	Cálculo da ventilação	47
17.	ANEXO A: CURVAS DE FUSÍVEIS	50
18.	ANEXO B: VENTILAÇÃO DO POSTO DE TRANSFORMAÇÃO MÉTODO SIMPLIFICADO.....	54
18.1.	Regras práticas	54
18.2.	Metodologia.....	54
18.3.	Valores de coeficientes de perdas de carga singulares.....	54
18.4.	Aplicação da metodologia.....	56
19.	DESENHOS PADRÕES	57

OBJETIVO

Este Comunicado Técnico objetiva apresentar os requisitos técnicos mínimos exigíveis para o atendimento de edifícios de uso coletivo através de transformadores a seco não enclausurados com enrolamentos encapsulados, instalados em postos de transformação internos aos mesmos, em opção ao atendimento através da utilização de câmaras transformadoras nos Sistemas Aéreos e Subterrâneos.

1. APLICAÇÃO

Este comunicado entra em vigor a partir de sua publicação no site da Eletropaulo (www.eletropaulo.com.br), sendo aplicável em toda a área de concessão desta distribuidora com circuitos primários operando em 13,2 kV ou 21 kV.

2. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

- LIG – Livro de Instruções Gerais de Baixa Tensão – 2014.
- Fascículo Empreendimentos Particulares – 2016;
- Livro de Instruções Gerais – Média Tensão - 2010;
- ANSI C.57.96 – Guide for Loading Dry-Type Distribution and Power Transformers;
- IEC 60905 – Loading Guide for Dry-Type Power Transformers;
- IEEE Std 386 – IEEE standard for separable insulated connector systems for power distribution systems above 600 V;
- ID-9.004 – Obras Civis Para Instalação de Transformador Seco em Edifícios;
- ND-2.003 – Apresentação de Projetos;
- ND-2.010 – Redes de Distribuição Subterrânea – 13,2 kV – Empreendimentos Particulares – Conjuntos de Edifícios;
- NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa tensão;
- NBR 5456 – Eletricidade geral - Terminologia;
- NBR 5460 – Sistemas elétricos de potência - Terminologia;
- NBR 11835 – Acessórios isolados desconectáveis para cabos de potência para tensões de 15 a 35 kV;
- ABNT NBR 5356 - 11 – Transformadores de Potência Parte 11: Transformadores do Tipo Seco – Especificação;
- ABNT NBR IEC 60529 – Graus de Proteção para invólucros de equipamentos elétricos (código IP);
- NBR14039 – Instalações elétricas de alta tensão (de 1,0kV a 36,2kV);
- NF C 13-200 – Installations Electriques a Haute Tension Regles;
- NT-2.007 – Níveis Básicos de Impulso de Transformadores Conectados

com Cabos Subterrâneos Derivados de Circuitos Aéreos;

- NTE-044 – Acessórios isolados desconectáveis para cabos de potência para tensões de 15 kV a 35 kV;
- NTE-095 – Transformadores de Distribuição Seco - Especificação;
- NTE-8.129– Conjunto de Manobras de Média Tensão para Uso Interno (Chave Abrigada);
- NTE-M-003 – Chaves submersíveis e em pedestal;
- NTE-M-002 – Chave Primária Submersível com isolamento sólida;
- Resolução Normativa ANEEL N.º 414, de 09/09/2010;
- Resolução Normativa ANEEL N.º 670, de 15/07/2015;
- W.M.M. Menheere, “Transformer stations and natural ventilation”, CIREN 1995;
- Manual Técnico – 8.007 – Sistemas Subterrâneos ;
- Z. Radakovic e S. Maksimovic, “Non-stationary thermal model of indoor transformer stations”, Electrical Engineering 84, 2002.

OBS: Este Comunicado Técnico assim como todas as normas que a integram poderão sofrer revisões por consequência da mudança na Legislação em vigor, revisões normativas ou mudanças de tecnologias. Estas alterações serão realizadas sem prévio aviso e atualizadas no site da Eletropaulo.

3. TERMINOLOGIA

As definições e termos utilizados neste documento estão apresentados a seguir.

- **ART – Anotação de Responsabilidade Técnica:** documento a ser apresentado pelo profissional habilitado que comprova a sua responsabilidade pelo projeto e/ou execução da obra.
- **CREA:** Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia.
- **Aterramento:** ligações elétricas intencionais com a terra, podendo ser com objetivos:
 - **Funcionais:** ligação do condutor neutro a terra, e;
 - **Com objetivos de proteção:** ligação à terra das partes metálicas não destinadas a conduzir corrente elétrica.
- **Cabina de Barramentos:** compartimento destinado a receber os condutores do ramal de ligação, ou do ramal de entrada, e alojar barramentos de distribuição, os dispositivos de proteção e manobra e os transformadores de corrente para medição.
- **Caixa de Dispositivos de Proteção e Manobra:** caixa destinada a alojar os dispositivos de proteção e manobra dos ramais: alimentador da caixa de distribuição, de distribuição principal, alimentador da unidade de consumo, alimentador da caixa concentradora e de leitura local; do barramento blindado, e, em zona de distribuição aérea, do ramal de entrada quando houver apenas uma caixa de medição coletiva.
- **Caixa de Distribuição:** caixa destinada a receber os condutores do ramal de entrada, ou ramal alimentador, e alojar os barramentos de distribuição e chaves seccionadoras com ou sem fusíveis ou disjuntores.
- **Caixa de Inspeção de Aterramento:** caixa que, além de possibilitar a inspeção e proteção mecânica da conexão do condutor de aterramento à haste de aterramento, permite, também, efetuar medições periódicas.

- **Caixa de medição:** caixa destinada à instalação de equipamentos de medição, acessórios e dispositivos de proteção ou de seccionamento de uma ou mais unidades de consumo.
- **Caixa de passagem:** caixa destinada a facilitar a passagem e possibilitar derivações de condutores.
- **Caixa Seccionadora:** caixa destinada a alojar os barramentos de distribuição e chaves seccionadoras com fusíveis ou disjuntores, com finalidade de seccionar os condutores do ramal de entrada.
- **Carga instalada:** soma das potências nominais dos equipamentos de uma unidade de consumo que, depois de concluído os trabalhos de instalação, estão em condições de entrar em funcionamento, expressa em kW.
- **Concessionária ou Permissionária:** agente titular de concessão ou permissão federal para prestar o serviço público de energia elétrica, referenciado, doravante, apenas pelo termo concessionária.
- **Consumidor:** pessoa física ou jurídica, ou comunhão de fato ou de direito, legalmente representada, que solicitar a concessionária o fornecimento de energia elétrica e assumir a responsabilidade pelo pagamento das faturas e pelas demais obrigações fixadas em normas e regulamentos da ANEEL, assim vinculando-se aos contratos de fornecimento, de uso e de conexão ou de adesão, conforme cada caso.
- **Demanda:** potência ou corrente, em kVA, kW ou A, requisitada por determinada carga instalada na unidade de consumo, durante intervalo de tempo especificado.
- **Edificação:** toda e qualquer construção reconhecida pelas autoridades competentes como regular e utilizada por um ou mais consumidores.
- **Edificação de Uso Coletivo:** toda edificação que possui mais de uma unidade de consumo e que dispõe de área de uso comum.
- **Entrada Aérea:** toda entrada consumidora localizada na zona de distribuição aérea e de futura distribuição subterrânea.

- **Entrada consumidora:** conjunto de equipamentos, condutores e acessórios instalados entre o ponto de entrega e medição e proteção, inclusive.
- **Entrada de serviço:** conjunto de condutores, equipamentos e acessórios compreendidos entre o ponto de derivação da rede secundária e a medição e proteção, inclusive.
- **Entrada Subterrânea:** toda entrada consumidora localizada na zona de distribuição subterrânea.
- **Limite de Propriedade:** demarcações que separam a propriedade do consumidor da via pública e dos terrenos adjacentes de propriedades de terceiros no alinhamento designado pelos poderes públicos.
- **Nota de Atendimento Técnico:** sistema de registro e atendimento às solicitações técnicas e comerciais de consumidores, que visa gerenciar o atendimento e detectar interferências com as redes de distribuição.
- **Origem da Instalação:** corresponde aos terminais de saída do dispositivo geral de comando e proteção, quando este estiver instalado após a medição, ou aos terminais de saída do medidor, quando este estiver ligado após o dispositivo geral de comando e proteção.
- **Ponto de entrega:** é o ponto até o qual a Concessionária se responsabiliza pelo fornecimento de energia elétrica e pela execução dos serviços de operação e manutenção. O ponto de entrega deverá situar-se no limite da via interna com o limite da propriedade.
- **Posto:** estação com uma ou mais funções de gerar, medir, controlar a energia elétrica ou transformar as suas características, quando fazendo parte das instalações de utilização.
- **Posto de transformação:** posto para instalação de transformador (nota: para efeito desta norma o posto de transformação pode incluir ou não chaves de proteção ou manobra e protetor de rede).
- **Posto de transformação interno:** posto de transformação localizado internamente às edificações.

- **Protetor de Rede:** nos sistemas subterrâneos com reticulados secundários são utilizados protetores (“network protector”) submersíveis acoplados ao transformador no lado de baixa tensão, com os objetivos de interromper os circuitos quando ocorrerem correntes reversas (defeitos nos circuitos primários e / ou transformadores, abertura do disjuntor para manutenção) e de fechar automaticamente quando as condições operativas voltarem as condições normais.
- **Ramal de Entrada:** trecho de condutores da entrada de serviço, compreendido entre o ponto de derivação da rede da Concessionária e o ponto de entrega e a proteção ou medição, com seus acessórios (eletrodutos, terminais, etc.).
- **Ramal de Ligação:** trecho de condutores de entrada de serviço, compreendido entre o ponto de derivação da rede da Concessionária e o ponto de entrega, com seus acessórios (eletrodutos, terminais, etc.).
- **Rede de Distribuição Aérea:** rede elétrica constituída de cabos e acessórios instalados em poste sobre a superfície do solo.
- **Rede de Distribuição Subterrânea:** rede elétrica constituída de cabos e acessórios isolados instalados sob a superfície do solo, diretamente enterrados ou em dutos.
- **Transformador seco:** transformador cuja parte ativa não é imersa em líquido isolante.
- **Transformador seco com enrolamento encapsulado:** transformador seco que possui um ou mais enrolamentos encapsulados em isolação sólida.
- **Transformador seco não enclausurado com enrolamento encapsulado:** transformador de distribuição seco com enrolamento encapsulado sem invólucro protetor, no qual o núcleo e enrolamentos são resfriados pelo ar ambiente.
- **Unidade Consumidora ou de consumo:** conjunto de instalações e equipamentos elétricos, caracterizado pelo recebimento de energia elétrica

em um só ponto de entrega, com medição individualizada e correspondente a um único consumidor.

Nota: para simplificação desta norma, os termos “transformador seco”, “posto de transformação interno” e “edifício de uso coletivo” são designados apenas por “transformador”, “posto de transformação” e “edifício”, respectivamente.

4. CONDIÇÕES GERAIS

O atendimento a que se refere este comunicado técnico abrange somente edificações de uso coletivo dos tipos residenciais, comerciais ou mistos e que sejam alimentados exclusivamente através de circuitos primários operando em 13,2 kV ou 21 kV.

Notas:

1. Para a ligação de edifícios que impliquem na implantação de redes de distribuição subterrânea interna aos mesmos, operando através de sistemas de distribuição aéreos 13,2 KV, sistemas seletivos 21 KV e através do sistema reticulado utilizando protetores de rede auto suportantes.
2. Para o atendimento técnico devem ser adotados os critérios da estabelecidos no LIG edição 2014, Fascículo de empreendimentos particulares, norma ND-2.010 e Manual Técnico 8.007 – Sistemas Subterrâneos desta Concessionária;
3. As instalações dos ramais de ligação primários, transformadores e circuitos secundários (entre transformadores e caixas de distribuição ou seccionamento, quadro de distribuição compacto ou cabines de barramentos) são realizados pela Eletropaulo, após a conclusão das obras civis executadas de acordo com o projeto previamente liberado;

4. As instalações internas dos edifícios, a partir dos terminais secundários do transformador, devem estar de acordo com o Fascículo de Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária de Distribuição – LIG 2014.

5. TRANSFORMADORES

Os transformadores secos devem atender os requisitos especificados na NTE-095, sendo que as características técnicas básicas que podem influenciar na execução de projetos estão apresentadas a seguir.

5.1. Características nominais e perdas máximas

Os transformadores padronizados pela Eletropaulo, juntamente com as respectivas características nominais (potências, tensões, impedâncias, correntes de excitações) e perdas máximas admissíveis estão apresentadas na tabela 1 a seguir.

Tabela 1: Características dos transformadores

CLASSE DE TENSÃO: 15 kV				
Potência nominal (kVA)	500	750	1000	2000
Tensão primária (V)	13800 / 13200 / 12600			
Tensão secundária (V)	220 / 127		400 / 231	
Corrente de excitação (%)	1,6	1,3	1,2	0,85
Impedância nominal (%)	5,5	5,5	5,5	7,0
Perdas em vazio (W)	1.300	1.700	2.100	4.000
Perdas totais (W)	6.400	10.000	12.700	21.200
Tensão suportável	34			
-frequência industrial durante 1 min	34			
-impulso atmosférico (kV _{cr})	95			
Nível Médio de Ruído (dB)	60	64	64	66
CLASSE DE TENSÃO: 25 kV				
Potência nominal (kVA)	500	750	1000	2000
Tensão primária (V)	23100/22000/21000/20900			
Tensão secundária (V)	220 / 127		400 / 231	
Corrente de excitação (%)	1,8	1,7	1,4	1,2
Impedância nominal (%)	6,0	6,0	6,0	7,0
Perdas em vazio (W)	1200	1700	2100	4000
Perdas totais (W)	6500	10000	12700	21500
Tensão suportável	50			
-frequência industrial durante 1 min (kV)	50			
- impulso atmosférico (kV _{cr})	125			
Nível Médio de Ruído (dB)	60	64	64	66

5.2. Dimensões e massas

As dimensões e as massas dos transformadores para fins de projeto do posto de transformação e a instalação dos mesmos estão apresentadas no desenho MP-78-01.

5.3. Temperatura do ar de resfriamento

Os transformadores secos estão projetados para operar com temperatura do ar de resfriamento (temperatura ambiente) não superior a 40 °C e com temperatura média em qualquer período de 24 h não superior a 30 °C.

5.4. Terminais

Os terminais primários do transformador devem ser constituídos de terminal de alta tensão para conexão do terminal interno unipolar 8,7/15 KV e 15/25 KV de acordo com o desenho padrão CP 69-04 e CP 69-01 ou de buchas desconectáveis de cavidades (bushing well) de 200 A, 15/25 kV, de acordo com o desenho padrão MP-60-27. Na utilização de buchas desconectáveis, as conexões dos cabos (“terminais desconectáveis do tipo cotovelo – Load Break”) – desenho padrão MP-60-40 - nos transformadores devem ser feitas através de plugues desconectáveis de inserção simples (bushing insert) – desenho padrão MP-60-31, 200 A, 15/25 kV, operação em carga.

As buchas desconectáveis e plugues de inserção simples devem atender os requisitos da NTE – 044.

Notas:

1. As interfaces dos acessórios desconectáveis estabelecidos na NTE-044 são idênticas as definidas na NBR-11835 e na IEEE Std 386;
2. Os terminais desconectáveis devem ser compatíveis para utilização com condutores de alumínio;
3. Os terminais secundários devem ser de cobre estanhado com quatro furos (transformador de 1000 kVA) ou seis furos (transformadores de 500 kVA,

750 kVA e 2000 kVA), considerando concepção semelhante àquela do desenho MP-78-03;

4. Os cabos secundários devem ser conectados através de conectores terminais de compressão de dois furos de acordo com o desenho padrão MP-50-03 (cabo com condutor de cobre de seção 240 mm² ou 400 mm²).

As embalagens dos transformadores devem prover proteções adequadas para que os terminais não sofram avarias no transporte e no armazenamento.

5.5. Dispositivos para mudança de derivações

Os transformadores com Taps nos enrolamentos primários devem possuir dispositivos para mudança de derivação, tipo régua de bornes.

5.6. Terminais de aterramento

O transformador deve possuir dois terminais de aterramento localizados diagonalmente opostos nas extremidades da base, com concepção semelhante do desenho padrão MP-50-03.

5.7. Sensores de Temperatura

O transformador deve ser adquirido com três sensores de temperatura por fase, colocados nos pontos mais quentes dos três enrolamentos de tensão inferior. Estes sensores são utilizados para:

- a) Atuação de ventilação forçada (embora não esteja prevista na implantação do transformador, a ventilação forçada poderá ser introduzida caso ocorram eventuais sobrecargas, que possam ser eliminadas pela atuação da mesma);
- b) Sobrecarga / alarme;
- c) Abertura dos dispositivos de proteção.

Os sensores de atuação da ventilação, de alarme e dos dispositivos de proteção devem ser ajustados para temperaturas de 130 °C, 150 °C e 170 °C, respectivamente.

Nota: alguns dos sensores (ventilação forçada e / ou dispositivos de proteção) podem não ser utilizados na fase de implantação, mas são considerados para possibilitar recursos adicionais para eventuais alterações futuras das instalações.

5.8. Barra de aterramento

Os transformadores secos devem ter uma barra aterramento de cobre com dezenove furos onde serão conectados os seguintes condutores:

- a) Aterramento do edifício (um conector);
- b) Terra do transformador (dois conectores);
- c) Neutro do transformador (dois conectores para transformador de 500 kVA e 1000 kVA ou três conectores para transformador de 750 kVA ou 2000 kVA);
- d) Condutor de aterramento (um conector);
- e) Barra de terra da chave com fusíveis (um conector; a blindagem dos cabos de entrada e do condutor de aterramento estão conectadas na barra terra da chave);
- f) Blindagens dos cabos de interligação (um conector).

Os conectores dos cabos que serão interligados a barra de terra do transformador devem ser os especificados nos desenhos padrões MP-50-05 (condutores de cobre de 35mm² e 70 mm²), MP-50-07 (condutores de cobre 120 mm²) e MP-50-03 (condutores de cobre de 240 mm², usando-se somente um furo).

5.9. Meios de Locomoção

O transformador deve ser provido de quatro rodas, para possibilitar a locomoção do mesmo, que permitam:

- a) Alterar sua posição de maneira a considerar o deslocamento do transformador em qualquer direção;

- b) Travamento das mesmas, quando o transformador estiver na sua posição definitiva, de maneira a impossibilitar o seu deslocamento.

5.10. Carga Máxima Admissível

O transformador não deve ser previsto para operar com carga superior a sua potência nominal.

Nota: eventuais carregamentos superiores aos nominais podem ser estabelecidos futuramente, baseando-se na IEC-60905 (Loading Guide for Dry-Type Power Transformers) ou ANSI C.57.96 (Guide for Loading Dry-Type Distribution and Power Transformers) dependendo dos desempenhos a serem observados nas instalações a serem implantadas.

6. RAMAL DE LIGAÇÃO PRIMÁRIO

Os ramais de ligações subterrâneos dos transformadores secos dependem do sistema no qual serão conectados conforme descrito a seguir.

6.1. Circuito primário operando em 13,2 kV

Os ramais de ligações em 13,2 kV serão radiais, constituídos de cabos 3 x 1 x 35 mm², Al, EPR / XLPE, 8,7 / 15 kV.

No terminal de AT do transformador a seco, as conexões dos ramais de ligações nos transformadores devem ser feitas com terminal interno unipolar 8,7/15 KV e 15/25 KV de acordo com o desenho padrão CP 69-04 e CP 69-01, e nas chaves seccionadoras com fusíveis devem ser feitas com acessórios desconectáveis de 200 A, 15 / 25 kV, operação em carga.

Quando o circuito primário for aéreo, a interligação do mesmo com o ramal de ligação subterrâneo é feita em um poste de transição com estrutura constituída de três chaves fusíveis unipolares, 3(três) pára-raios de óxidos metálicos sem centelhadores e três terminais unipolares, de acordo com o desenho padrão CP-09-002 e CP-09-003.

Nestes ramais de ligação, o condutor de aterramento, nos postes de

transição, deve ser conectado no neutro da rede aérea e nas blindagens dos cabos subterrâneos.

Acessórios desconectáveis instalados em mini-poços ou poços de inspeções, são utilizados para instalação em circuito primário subterrâneo com o objetivo conectar o ramal de ligação. O condutor de aterramento, no mini-poço ou poço de inspeção, deve ser conectado as blindagens dos cabos e ao condutor de aterramento do circuito primário.

6.2. Circuito primário operando em 21 kV

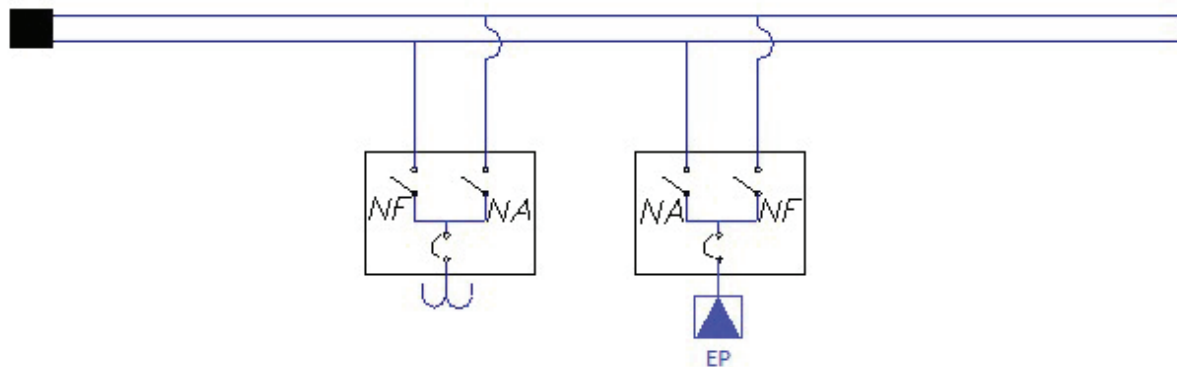
Transformadores secos podem ser conectados em redes operando em 21 kV desde que seja considerado “Sistema Primário Seletivo com transferência automática de carga ou Sistema Reticulado com protetor de rede auto suportante”.

Os ramais de ligações em 21 kV serão constituídos de cabos 3 x 1 x 70 mm², Al, EPR / XLPE, 15/25 kV.

No terminal de AT do transformador a seco, as conexões dos ramais de ligações nos transformadores devem ser feitas com acessórios desconectáveis de 200 A, 15/25 kV, operação em carga, de acordo com o desenho MP-60-48.

6.2.1 Sistema Primário Seletivo

O sistema primário seletivo considera duas fontes (alimentadores) para alimentação de uma carga (consumidor primário ou uma chave de transferência automática com Câmaras Transformadoras conectadas), conforme ilustrado na figura 6.2.1 (Ligação de clientes em Baixa Tensão e cliente Média Tensão através de uma Entrada Primária). Estas chaves permitem que as cargas (consumidor), ou os circuitos, sejam alimentadas por uma fonte (principal) enquanto a outra permanece de reserva.

Figura 6.2.1: Sistema primário seletivo – consumidor – condições normais

Cada chave de transferência automática será alimentada através de dois ramais de ligação, derivados de diferentes circuitos primários, constituídos de cabos 3 x 1 x 70 mm², Al, EPR / XLPE, 15/25 kV. A conexão dos cabos na bucha da chave de transferência automática e na bucha de conexão do(s) transformador(es) serão feitas utilizando acessórios desconectáveis.

6.2.2 Sistema Reticulado

Os sistemas subterrâneos reticulados com os secundários interligados são os mais confiáveis. Descrição sucinta de um sistema reticulado, ilustrado simplificada na figura 6.2.2, através de seus componentes, está apresentada a seguir.

- **Circuito primário** – Dois ou mais circuitos primários, partindo de uma mesma subestação abaixadora, alimentam certo número de transformadores de distribuição, ligados alternadamente para evitar a interrupção de dois transformadores adjacentes no caso de desligamento de um dos circuitos primários. Geralmente, a proteção do circuito primário é feita unicamente pelo disjuntor instalado na subestação;
- **Protetores** – A finalidade principal deste protetor é abrir automaticamente quando ocorre um defeito em um circuito primário, que implicaria na ocorrência de alimentação dos transformadores conectados ao mesmo através do secundário

(corrente reversa). A conexão dos cabos primários ao transformador é feita através de chave, ou acessórios desconectáveis, que permitem a abertura, quando necessário em emergência;

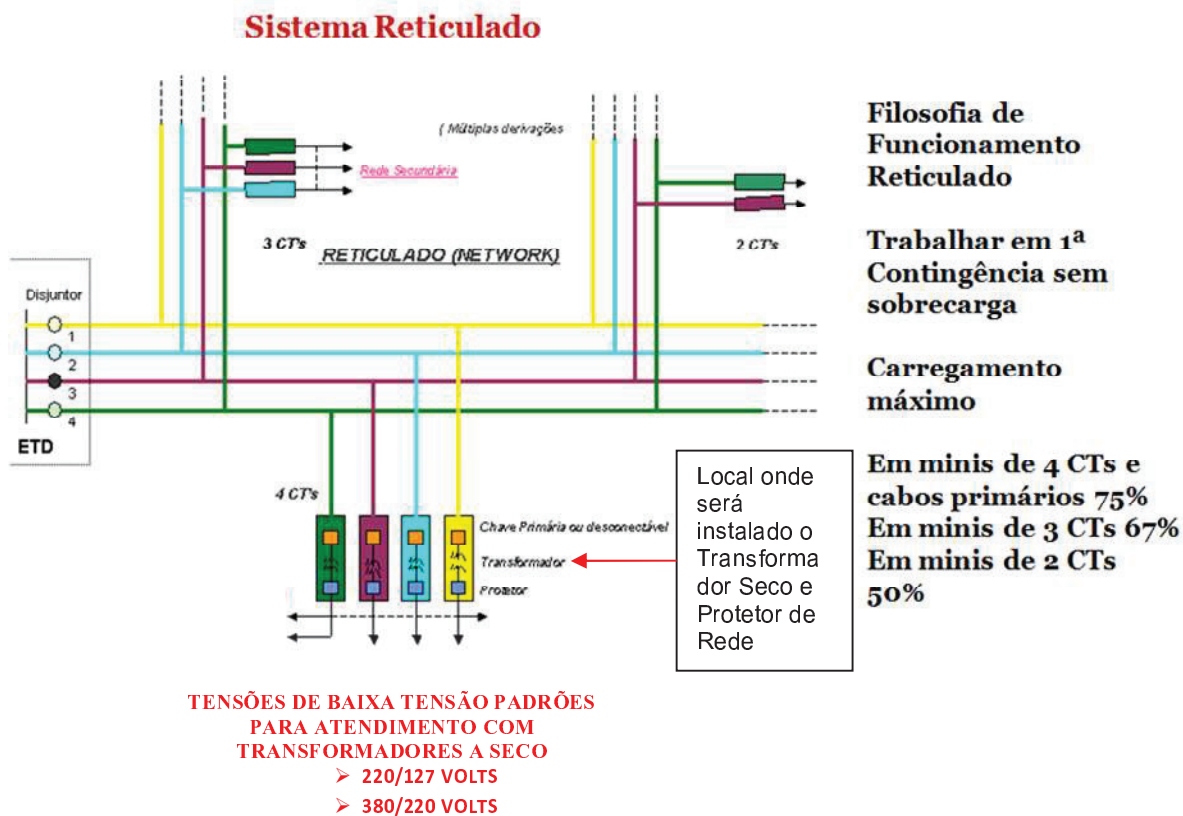
- **Rede secundária** – Os secundários dos transformadores, através de protetores, alimentam em diversos pontos uma rede de cabos que se interligam, formando o reticulado propriamente dito. Desta rede partem as ligações para os consumidores. A proteção contra defeitos nas redes secundárias pode ser feita através de limitadores de corrente nas saídas dos nós da rede, quando esta é constituída de cabos extrudados. Redes secundárias com cabos de papel e capa de chumbo consideram proteção através de queima livre dos cabos, isto é: no local do defeito o calor gerado vaporiza o metal e o material queimado da isolação isola o ponto do circuito.

Os sistemas reticulados permitem que a alimentação dos consumidores seja mantida mesmo quando ocorre o desligamento de um circuito primário – primeira contingência. Algumas concessionárias dimensionam o sistema reticulado para permanecerem operando com a saída de 2 – segunda contingência - ou 3 alimentadores – terceira contingência.

Os sistemas reticulados da ELETROPAULO são constituídos de 4 alimentadores operando em 21 kV e em primeira contingência sendo que os circuitos primários, transformadores e circuitos secundários estão dimensionados para operar nestas condições.

Um defeito em circuito primário provoca seu desligamento pela operação automática do disjuntor na subestação. Os transformadores desse circuito, deixando de ser alimentados pelo primário, são também desligados no lado secundário, pela operação automática dos protetores.

Figura 11.1: Filosofia de Operação do Sistema Reticulado



Nota:

Para ligação de novos empreendimentos com “Transformador a Seco pelo Sistema Reticulado” serão adotadas as seguintes tensões de fornecimento:

- Para demanda entre 460 KW e 2070 KW a tensão de fornecimento será 220/127 volts;
- Para demanda entre 920 KW e 2760 KW a tensão de fornecimento será 380/220 volts;
- Para demanda entre 920 KW e 2070 KW o interessado poderá optar pelas seguintes tensões de fornecimento: 220/127 volts ou 380/220 volts;

6.3. Condutor de aterramento

Em paralelo com os cabos do ramal de ligação, deve ser instalado o condutor de aterramento, constituído de condutor de cobre de seção 35 mm² com isolação de policloreto de vinila (PVC), quando as seções dos cabos das fases forem iguais ou inferiores a 70 mm² Al.

Em ramal de ligação derivado de rede aérea (13,2 kV) pode ser instalado o condutor de aterramento no mesmo duto dos condutores fases (duto único).

Em instalações derivadas de redes subterrâneas radiais, em 13,2 kV, o ramal de ligação deverá ser instalado em duto exclusivo.

Nos sistemas primários seletivos cada circuito deverá ter um condutor de aterramento que deverá ser instalado juntamente com os condutores fases do mesmo (três fases mais condutor de aterramento em um mesmo duto). Entretanto, em sistemas primários seletivos poderá ser utilizado um único condutor de aterramento, instalado em duto exclusivo, quando todo o trecho for instalado em duto de PVC ou polietileno de alta densidade (PEAD).

Notas:

1. Para cargas elevadas, acima de 2 MVA em 13,2 kV, poderá ser utilizado um ramal de ligação com cabo 3 x 1 x 70 mm², Al, EPR / XLPE, 8,7 / 15 kV.

7. CHAVES (LIGAÇÃO À REDE SUBTERRÂNEA)

A utilização de chave seccionadora disjuntora ampola à vacuo (chave submersível sólida) de uso interno e de operação em carga, será somente utilizada para as ligações de transformadores a seco através de redes subterrâneas operando em 21 KV.

Para a rede aérea operando em 13,8 KV está dispensada a sua utilização, devido a instalação de chave fusível no poste de transição.

O transformador e a chave devem ser instalados em um único recinto (“cela transformadora”).

Nota: Esclarecemos que a instalação dos transformadores, cabos, acessórios e da chave seccionadora disjuntora sob carga é de responsabilidade exclusiva da Eletropaulo, cuja parte deste custo, que será calculado de acordo com as normas vigentes estabelecidas pelos órgãos competentes, será de responsabilidade do empreendedor.

Para os consumidores em 21 kV deve ser considerada duas possibilidades de alimentação, sendo uma através sistema primário seletivo (através de dois circuitos de ligação primário sendo um para alimentação normal e outro para reserva) com transferência automática de carga ou através do Sistema Reticulado (através de no mínimo de 2(dois) circuitos e no máximo 4(quatro) circuitos para alimentação dos transformadores) com chave seccionadora disjuntora sólida para ligação dos transformadores e com protetor de rede para interligação dos circuitos secundários de baixa tensão.

Nestas instalações os transformadores secos, as chaves de transferência ou a chave seccionadora disjuntora sólida podem ser instalados no mesmo recinto ou não.

Notas:

1. Dependendo das características da instalação e de prévia autorização da ELETROPAULO, podem ser utilizadas chaves em pedestal ou submersível que atendam os requisitos estabelecidos nas NTE-M-003.

8. CIRCUITOS SECUNDÁRIOS

Os circuitos secundários dos transformadores secos, que interligarão a mesma caixa / cabina de seccionamento / distribuição devem ser constituídos de:

- a) 14 cabos (fases: 12, neutro: 2) 1 x 240 mm², Cu, XLPE, 0,6/1 kV para transformadores de 500 kVA e 1.000 kVA (em tensão 400/231 V);
- b) 21 cabos (fases: 18, neutro: 3) 1 x 240 mm², Cu, XLPE, 0,6/1 kV para transformadores de 750 kVA;
- c) 21 cabos (fases: 18, neutro: 3) 1 x 240 mm², Cu, XLPE, 0,6/1 kV para transformadores de 1.000 kVA (em tensão 220/127 V);

- d) 21 cabos (fases: 18, neutro: 3) 1 x 400 mm², Cu, XLPE, 0,6/1 kV para transformadores de 2.000 kVA (em tensão 400/231 V).

A conexão dos cabos secundários de fase nos terminais do transformador, serão feitas com conectores terminais de compressão de dois furos de acordo com o desenho padrão MP-50-03.

Nota: Todos os serviços de instalação, montagem com materiais e equipamentos e mão de obra serão realizados pela Eletropaulo.

9. CANALIZAÇÕES SUBTERRÂNEAS E CAIXAS DE PASSAGEM

Canalizações externas às estruturas dos edifícios podem ser constituídas de dutos de PVC envelopados de concreto ou de PEAD diretamente enterrados, construídas de acordo com os padrões da ELETROPAULO.

Canalizações internas ao edifício devem ser construídas com dutos de aço carbono zincado e devem atender os requisitos estabelecidos na publicação “Fornecimento de Energia Elétrica em Média Tensão”. Dutos de PVC ou de PEAD podem ser utilizados internamente as edificações, desde que envelopados de concreto conforme padrões da ELETROPAULO.

Os dutos de aço carbono zincado devem ser fixados à estrutura por meio de suportes, bandejas ou tirantes e, em suas extremidades aterrados eletricamente.

Os dutos devem ter diâmetro interno mínimo de 127 mm e serem adquiridos de fabricante homologados pela ELETROPAULO.

As canalizações de ramais de ligação primários derivados de redes subterrâneas devem considerar, no mínimo, um duto de reserva (duto vago). Em ramais de ligação primários derivados dos circuitos aéreos não é necessário considerar duto de reserva.

Quando for considerado na instalação, cada circuito secundário deve ser instalado em um duto. Cada neutro pode ser utilizado em um duto juntamente com um circuito secundário.

Caixas de passagem devem ser construídas:

- a) Onde há mudanças de direções das canalizações;

- b) Onde há mudanças do tipo de dutos (aço galvanizado - PVC – PEAD);
- c) Para evitar trechos de canalizações superiores a 100 m;
- d) Em extremidades de circuitos primários (posto de transformação, posto com conjunto de transferência).

As caixas de passagem internamente a edificação devem atender os requisitos estabelecidos na publicação “Fornecimento de Energia Elétrica em Média Tensão”.

Externamente a edificação, quando necessário, devem ser construídos mini-poços ou poços de inspeções de acordo com os desenhos padrões CP-93-07 e CP-93-08.

Em canalizações internas as edificações, a instalação de acessórios deve ser feita em recinto exclusivo cujas dimensões sejam iguais ou superiores às correspondentes dos mini-poços ou poços de inspeções. Estes recintos devem possuir paredes que possibilitem a fixação das estruturas de instalação dos acessórios.

Nota: após a aprovação do projeto civil básico, o projetista deverá fornecer memórias dos cálculos estruturais do recinto com as mesmas características correspondentes aos minis poços e poços de inspeção.

10. PROTEÇÃO CONTRA SOBRECORRENTES (LIGAÇÃO A REDE AÉREA)

O transformador conectado em ramal de ligação derivado de “rede aérea” deve ser protegido por fusíveis de expulsão tipo T, instalados no poste de transição. As capacidades nominais padronizadas para os fusíveis dos postes de expulsão, em função da capacidade nominal dos transformadores, estão indicadas na tabela 10.1.

As curvas de atuação dos fusíveis tipo T estão mostradas no Anexo A.

Os fusíveis limitadores de corrente devem ser do tipo HH, cujas curvas de operação podem ser observadas no Anexo A.

A definição do fusível limitador de corrente deve ser feita considerando:

- a) Transformador operando continuamente com sua potência nominal;
- b) Sobrecargas eventuais de 20% durante 4 h;
- c) Corrente de magnetização de 12 vezes a corrente nominal durante 0,1s;
- d) Corrente transitória de reenergização de:
 - 3 vezes a corrente nominal durante 1s;
 - 2 vezes a corrente nominal durante 30s.

As correntes nominais dos fusíveis limitadores da corrente em função da capacidade nominal do transformador e da tensão de operação estão indicadas na tabela 2.

Tabela 10.1: Fusíveis (A) para proteção de transformadores secos- Rede Aérea

Capacidade nominal do trafo (kVA)	13,2 kV		23 kV
	Poste - Tipo T	Chave – Tipo HH	Chave – Tipo HH
500	25	50	40
750	40	63	50
1000	50	80	63
2000	100	125	100

11. PROTEÇÃO CONTRA SOBRECORRENTES (LIGAÇÃO A REDE SUBTERRÂNEA)

O transformador conectado em ramal de ligação derivado de “rede Subterrânea” deve ser protegido por chaves do tipo sólida com disjuntor ampola à vácuo, para proteção de transformadores secos.

A graduação deve ser feita de modo semelhante ao adotado para entradas primárias que utilizam estes dispositivos.

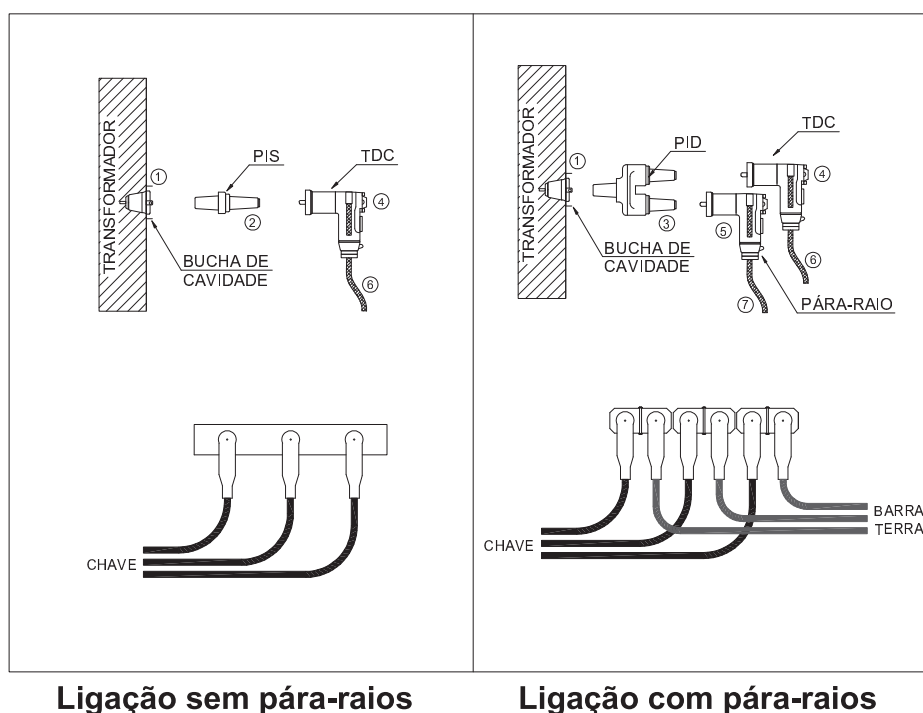
12. PROTEÇÃO CONTRA SOBRETENSÕES

Em ramais de ligações derivados de redes aéreas são instalados no poste de transição pela Eletropaulo os pára-raios de óxidos metálicos sem centelhadores com desligador automático, 12 kV, 10 kA, que possibilitam margem de proteção

adequada, de acordo com o LIG de MT da Eletropaulo (materiais e equipamentos padronizados) e NT-2.007.

Quando a distância dos terminais do ramal de ligação instalado no poste de transição até o terminal instalado no transformador a seco for maior que **100 metros**, neste caso devem ser instalados pára-raios no transformador a seco na instalação do consumidor, estes devem ser instalados logo após o terminal interno do cabo subterrâneo e quando for utilizado bucha do tipo desconectável cotovelo do tipo operação em carga, de 12 kV, estes pára-raios devem ser instalados nos terminais do transformador seco, conforme ilustrado na figura 1.

Figura 1: Instalação de pára raios em transformadores secos



Nota: Nos circuitos alimentados por redes totalmente subterrâneas não há necessidade de instalação de pára-raios nos postos de transformação.

13. ATERRAMENTO

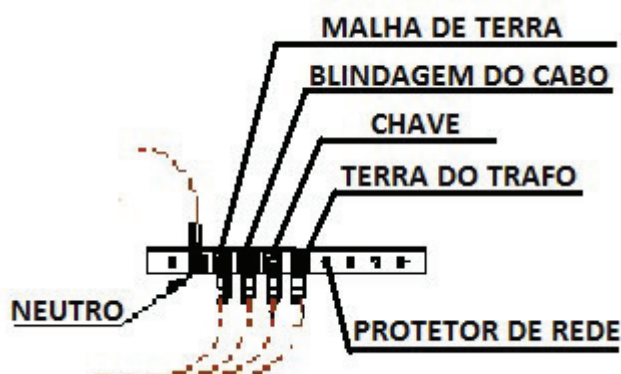
As blindagens dos cabos primários, o condutor de proteção (neutro), o terminal de neutro secundário, os terminais de terra, os neutros secundários

(consumidor) e as hastes de terra (tipo copperweld de 1500 mm x 13 mm) devem ser conectadas a uma barra de terra, conforme desenho padrão MP-50-48.

O aterramento dos postos de transformação deve ser feito considerando esquemas semelhantes aos adotados para câmaras transformadoras suspensas, o que pode ser observado nos desenhos padrões CP-98-10 e CP-98-11.

O valor da resistência de terra, em qualquer época do ano, deve ser no máximo de 25 ohms.

Diagrama de aterramento do Transformador a Seco, Chave Disjuntora e Protetor de Rede



14. REQUISITOS BÁSICOS DO POSTO DE TRANSFORMAÇÃO

O transformador pode ser instalado em recintos internos aos edifícios, desde que sejam levados em conta os critérios estabelecidos a seguir, bem como os requisitos complementares estabelecidos pela NBR 14039.

Os recintos para instalações de transformador seco devem ter características de construção definitiva, ser de materiais incombustíveis e de estabilidade adequada, oferecendo condições de bem estar e segurança aos operadores, quando estes se fizerem necessários.

14.1. Localização do Posto de Transformação

14.1.1. Diretrizes Gerais

As subestações devem ser localizadas de forma a permitir fácil acesso a pessoas, materiais e equipamentos para operação e manutenção, e possuir adequadas dimensões, ventilação e iluminação natural ou artificial compatível com a sua operação e manutenção.

O transformador deve ser instalado em locais abrigados, visto que não deve ser exposto a gotejamentos e / ou raios solares diretos. A radiação ultravioleta, existente no espectro solar, é danosa a resina, decompondo-a em um processo lento. A umidade do ar não afeta o transformador.

Na definição do local do posto de transformação, deve ser considerado:

- a) Recinto sem passagem de tubulações (gás, água, esgoto, telefone, etc.);
- b) Inclinação máxima (rampa) nos trechos de arraste do transformador igual a 5%.

Podem ser utilizados postos de transformação em pavimento inferior ao da via pública, desde que o edifício possua pavimento(s) inferior(es) ao correspondente do posto de transformação.

Quando não há acesso direto ao transformador (dependerá de servidão de passagem) deve ser prevista um “mini poço” conforme desenho CP-93-08, localizada na divisa do terreno com a via pública, onde devem ser instalados dispositivos para operação das chaves, com acesso livre.

As caixas de manobras podem ser embutidas em alvenaria (paredes laterais ou frontais).

As interligações das chaves aos minis poços de manobras devem ser feitas considerando eletrodutos de diâmetro mínimo de 127 mm, sendo que sua instalação deve atender os requisitos estabelecidos na NBR- 5410.

O transformador seco pode ser instalado no nível abaixo da via pública (primeiro subsolo), prevendo sua instalação ou retirada quando não houver acesso

direto, através de abertura nas lajes, desde que se considere:

- a) "Abertura" na laje do pavimento da via pública com "espaço livre" que possibilite a instalação ou retirada do transformador;
- b) Instalação, na abertura, de tampão de concreto removível (recomenda-se utilização de tampão de concreto padronizado para câmaras, de 3,01 m x 1,41 m, de acordo com o desenho CP 96-09);
- c) Abertura não situada em local sujeito a circulação de veículos e / ou pessoas
- d) **Posto de transformação não localizado na projeção da "abertura"(a projeção do tampão não deve ficar acima dos transformadores, chaves disjuntoras e outros acessórios);**
- e) Distância máxima da "abertura" ao alinhamento da via pública ou ao acesso do caminhão igual a 5 m (também deve ser considerado o acesso de caminhão para instalação ou retirada do transformador através da "abertura");
- f) Os mini poços devem ter entrada de pessoal através de tampões de ferro articulado padrão da Eletropaulo de acordo com o desenho MP-96-31, em locais de livre acesso ou pelas partes internas do edifício, desde que exista o mesmo para manobras;

Para possibilitar a movimentação do(s) transformador(es) devem ser fixadas argolas que possibilitem, através da instalação de dispositivos adequados, a movimentação do transformador (instalação / retirada) por todo trecho. Os empreendedores são responsáveis pela instalação das argolas, que devem atender os requisitos estabelecidos no desenho padrão CP-95-09 e que podem ser fornecidas pela Eletropaulo. Eventuais acidentes pessoais ou materiais, decorrentes de fixações inadequadas das argolas são de responsabilidade dos empreendedores.

As argolas e trilhos também devem ser fixadas nos postos de transformação de maneira a possibilitar a instalação / retirada do transformador e / ou puxamento dos cabos.

Os trechos dos circuitos primários (canalizações) nos terrenos dos empreendedores devem ser retos. Para eventuais curvas devem ser consideradas

caixas nos pontos de mudança de direções.

Notas:

1. As localizações de postos de transformação, considerando premissas diferentes das consideradas anteriormente, podem ser sugeridas para avaliação da Eletropaulo;
2. A largura mínima das vias de acesso é de 4 m e é considerada para trechos retos; se o percurso previsto de caminhão apresentar curvas, a largura da via de acesso deverá ser aumentada em até 1,5 metros (total de 5,5 m) para possibilitar as manobras necessárias;
3. O caminho de acesso ao posto de transformação deve ser constituído por piso que resista ao peso e arraste do(s) transformador(es) e não dificulte o movimento do mesmo; qualquer dano causado ao piso durante a instalação ou retirada do(s) transformador(es) será de inteira responsabilidade do empreendedor;
4. O acesso às subestações somente é permitido para pessoas BA4 e BA5, sendo proibido o acesso a pessoas BA1 (ver tabela 3);
5. O emprego do transformador a seco deve ser feito através de consulta preliminar junto à Eletropaulo, onde será determinado o tipo e a quantidade de transformadores para o atendimento.

Tabela 3: Competência das pessoas

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
BA1	Comuns	Pessoas inadvertidas	----
BA4	Advertidas	Pessoas suficientemente informadas ou supervisionadas por pessoas qualificadas de modo a lhes permitir evitar os perigos que a eletricidade apresentar	Pessoal de manutenção e / ou operação trabalhando em locais do serviço elétrico
BA5	Qualificada	Pessoas que tem conhecimentos técnicos ou experiência suficiente para lhes permitir evitar os perigos que a eletricidade pode apresentar	Engenheiros e / ou técnicos trabalhando em locais de serviço elétrico fechados

14.1.2. Ligação de Edifícios

O Transformador a seco para ligação de edifícios, deve ficar localizado na parte interna da edificação em uma área reservada, no pavimento ao nível da via pública ou no pavimento imediatamente inferior ao pavimento da via pública, a uma distância máxima de 5 m do limite de propriedade com a via pública e em local de fácil acesso a qualquer hora.

14.1.3. Ligação em Empreendimentos Particulares

Nos empreendimentos particulares, as vias de acesso para caminhões para instalação ou retirada de transformador, quando necessária, com largura mínima de 4 m, altura livre de 5 m e condições para suportar 18.500 Kg (soma das massas do caminhão, guincho e transformador) e espaço de manobra para o caminhão guindauto; e distância máxima de arraste igual a 25 m.

14.2. Características Construtivas

Baseando-se no exposto, na característica do transformador e na experiência operativa com este equipamento, optou-se por considerar que os postos de transformação devem ser construídos considerando:

- a) Paredes de alvenaria de tijolos maciços com espessuras mínimas de 20 cm (acabado);
- b) Teto de laje de concreto (pavimento superior);
- c) Piso (base) de concreto dimensionado para considerar o peso do transformador;
- d) Paredes, tetos e pisos secos, com proteção adequada e impermeabilização contra penetração e infiltração de águas em seu interior;
- e) Superfícies interiores das paredes da construção devem ser as mais lisas possíveis, para evitar depósitos de poeira (as paredes devem ser rebocadas, mas o teto não, para evitar o perigo de danos nos equipamentos, que podem ser causados por eventuais quedas de rebocos);

- f) Pisos de limpeza fácil, resistente à compressão, antiderrapante e resistente ao atrito.
- g) Considerar uma área mínima para construção por composição de acordo com os modelos apresentados no item 16.2.

14.3. Porta de Acesso

A porta de acesso aos postos de transformação deve:

- a) Ser de chapas metálicas (para posto de transformação ao nível da via pública);
- b) Abrir para fora e ter dispositivo que possa mantê-la fixa nesta posição;
- c) Ter o tamanho mínimo de 120 mm (buraco/vão de 127 mm por 215 mm);
- d) Altura mínima de 2,10 m e larguras mínimas livres que possibilitem a instalação/ retirada dos equipamentos (folga mínima de 10 cm);
- e) Ser de ferro com espessura mínima de 2,6 mm e ter no mínimo 3 dobradiças;
- f) Ser provida de fechadura e dispositivos que, através de cadeados padrão (desenho padrão MP-77-04), possibilitem mantê-la fechada, impedindo a entrada de pessoas;
- g) Ter fixada uma placa contendo a inscrição “PERIGO DE MORTE - ALTA TENSÃO” e os símbolos indicativos deste perigo.

As portas para instalação / retirada de equipamento devem ter dimensões adequadas para execução destas funções.

14.4. Telas de Proteção

A área do posto de transformação, onde se instala o transformador, deve ser delimitada por uma tela metálica com as seguintes características:

- a) Malhas de 5 mm a 13 mm;
- b) Fio de 16 BWG;

c) Altura de 1700 mm.

As telas devem ser instaladas com o lado inferior à distância máxima de 300 mm em relação ao piso. A altura mínima da tela deve ser 1700 mm.

As telas devem ser aterradas e fixadas através de dispositivos que permitam resistência adequada e fácil remoção, quando necessário para manutenção.

Telas de proteção podem ser eliminadas quando o transformador fique adjacente a uma parede de modo que não seja permitida circulação de pessoas entre as mesmas.

As telas de proteção deverão ser adquiridas e instaladas pelo consumidor.

14.5. Afastamentos Mínimos

A disposição do equipamento deve oferecer condições adequadas de operação, segurança e facilidade de substituição do todo ou parte.

Na instalação do transformador e da chave devem ser considerados afastamentos conforme indicado a seguir:

- a) **1200 mm** na frente das chaves (local de operação);
- b) **700 mm** entre transformador e paredes / anteparos;
- c) **1000 mm** entre o transformador e o teto;
- d) **700 mm** entre a chave e as paredes.

Os locais de acesso e circulação de pessoas devem ter dimensões suficientes para que haja espaço livre mínimo de circulação de **800 mm**.

Os espaços livres não devem, em nenhuma hipótese, ser utilizados para outras finalidades.

Em instalações de transformadores secos derivados de circuitos subterrâneos, deve ser previsto um espaço que permita a instalação de chaves submersíveis (Sistema Radial, Seletivo e Reticulado), protetores (somente no Sistema Reticulado), considerando-se as seguintes dimensões mínimas por equipamento:

Para chaves para proteção do transformador (Sistema Radial e Reticulado):

- Frente: 2100 mm;
- Lateral: 900 mm;
- Altura: 1200 mm.

Para chaves de transferência automática para proteção do transformador (Sistema Seletivo):

- Frente: 850 mm;
- Lateral: 850 mm;
- Altura: 1800 mm.

Para protetores (Sistema Reticulado):

- Frente: 900 mm;
- Lateral: 1100 mm;
- Altura: 1800 mm.

1. Para transformadores secos operando em 21 kV para os Sistemas Seletivo ou Reticulado, a chave de transferência automática (Sistema Seletivo) ou chave disjuntora submersível (Sistema Reticulado) poderá ser instalada fora do recinto do transformador desde que:
 - A distância entre a chave e o transformador não ultrapasse a 5m;
2. Os afastamentos devem ser tomados entre extremidades mais próximas e não centro a centro.

14.6. Aberturas de Ventilação

Para dissipação do calor, proveniente das perdas do transformador, devem ser consideradas, no posto de transformação, aberturas para ventilação natural.

As aberturas para ventilação natural devem ser convenientemente dispostas, de modo a promover circulação do ar.

A fim de evitar a entrada de chuva, enxurrada e corpos estranhos, as aberturas de ventilação devem:

- a) Situar-se no mínimo 20 cm acima do piso exterior;

- b) Ser construídas em forma de chicana;

As aberturas de ventilação devem permanecer sem obstáculos que impeçam a livre circulação de ar.

No local de funcionamento do equipamento, a diferença entre a temperatura interna medida a 1 m da fonte de calor a plena carga e a externa medida a sombra **não deve ultrapassar a 15 °C.**

O projetista será responsável pelo dimensionamento do sistema de ventilação (características, dimensões, localizações, etc. das grades) que deverá ser apresentado juntamente com o projeto elétrico. Este dimensionamento deverá ser baseado em normas que devem ser indicadas na memória de cálculo da ventilação.

Notas:

1. Como sugestão, o dimensionamento da área de ventilação poderá ser feito através da metodologia do Anexo B;
2. Outras normas ou artigos técnicos considerados pelos projetistas devem ser enviados a Eletropaulo junto com o projeto;
3. As normas ou artigos técnicos devem ser enviados em português ou inglês (se o idioma das normas adotadas não for português ou inglês, o projetista deve apresentar, também, as traduções correspondentes).

14.7. Iluminação interna

Os postos de transformação devem ter iluminação adequada, obedecendo aos níveis de iluminamento fixados pela NBR 5413.

As janelas e vidraças utilizadas para este fim devem ser fixas e protegidas por meio de telas metálicas resistentes, com malhas de 134 mm, no máximo, e 5 mm, no mínimo, quando sujeitas a possíveis danos. O uso de vidro armado dispensa a tela de proteção.

Os recintos onde são instalados transformadores/chaves devem ser providos de iluminação de segurança com **autonomia mínima de 2 h.**

15. INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

Para possibilitar adequada instalação de transformadores secos, algumas informações complementares estão apresentadas a seguir.

15.1. Manutenção

O empreendedor ou condomínio será responsável pela conservação das grades, telas de proteção, portas e aterramento elétrico. Deverá providenciar a substituição das mesmas sempre que a ELETROPAULO julgar necessário, por motivos de segurança.

15.2. Obras civis

Todas as obras civis internas ao empreendimento devem ser feitas pelo interessado, sendo que as mesmas somente devem ser iniciadas após a liberação do projeto básico e estrutural do projeto pela Eletropaulo.

A Eletropaulo reserva-se o direito de acompanhar a execução das obras civis referentes a instalação dos circuitos primários, transformadores e chaves.

A data de início das obras civis internas ao empreendimento deve ser comunicada a Eletropaulo com no mínimo sete dias de antecedência. Quando não for feita a comunicação, a Eletropaulo, reserva-se o direito de solicitar ensaios para demonstrar a adequação da instalação.

A Eletropaulo será responsável pela execução das obras civis externas ao empreendimento.

A Eletropaulo, quando previsto no projeto e solicitado pelo interessado, fornecerá tampões de ferro para entrada de pessoal, hastes de aterramento e argolas.

Informações complementares referentes a obras civis estão apresentadas na NTE. 4210 – Diretrizes Gerais e Fascículo de infraestrutura Civil.

15.3. Montagens de transformadores secos

As instalações de ramais de ligações primários, transformadores secos e cabos secundários (trechos entre o transformadores e caixas / cabinas de

seccionamento / distribuição) serão feitos pela ELETROPAULO. Parte deste custo, que será calculado de acordo com as normas vigentes estabelecidas pelos órgãos competentes, será de responsabilidade do empreendedor.

15.4. Materiais e equipamentos

Todos os materiais e equipamentos utilizados nas instalações (civil e elétrica) devem ser produzidos por fabricantes que tenham sido homologados para o fornecimento dos mesmos.

15.5. Obstáculos

Eventuais problemas operativos, que ocorram após a energização, decorrentes de modificações feitas nas edificações ou de colocações de obstáculos em grades de proteção ou na rota para instalação de retirada / instalação de transformadores, executadas sem autorização da Eletropaulo, serão de responsabilidade dos interessados.

16. EXEMPLO DE POSTO DE TRANSFORMAÇÃO

16.1. Considerações gerais

Para ilustrar a aplicação dos requisitos estabelecidos anteriormente, algumas considerações serão feitas baseando-se em um caso ilustrativo. Para tanto será considerado:

- a) Edifício com dois ou mais subsolos;
- b) Instalação de transformador seco de 1000 kVA, em recinto do primeiro subsolo;
- c) Ramal de ligação derivado de rede subterrânea (instalação obrigatória de chave de proteção);
- d) Pé-direito do subsolo: 2,7 m;
- e) Chave disjuntora submersível;
- f) Dimensões do transformador: desenho MP-78-01.

Nota: todas as considerações a seguir são ilustrativas podendo ser alteradas em função das condições dos locais e de metodologias diferentes adotadas pelos projetistas.

16.2. Dimensões do posto de transformação

Para efeito estamos apresentando exemplos ilustrativos para ligação através do Sistema Aéreo 13,8 KV e Sistemas Subterrâneos (Radial com recurso e Reticulado 21 KV), vide modelos 1 a 6 dependendo do tipo de ligação.

Para a instalação do Transformador a Seco, Chave Disjuntora, outros equipamentos, materiais e acessórios, devem ser atendidas todas as dimensões mínimas exigidas nos modelos apresentados no item 16.2. Para o caso de ser atendido pelo Sistema Aéreo 13,8 KV devem ser seguidos os modelos 1 e 2, para o caso de ser atendido pelo Sistema Radial com recurso deve ser seguido modelo 3 e para caso de ser atendido pelo Sistema Radial devem ser seguidos os modelos 4, 5 e 6.

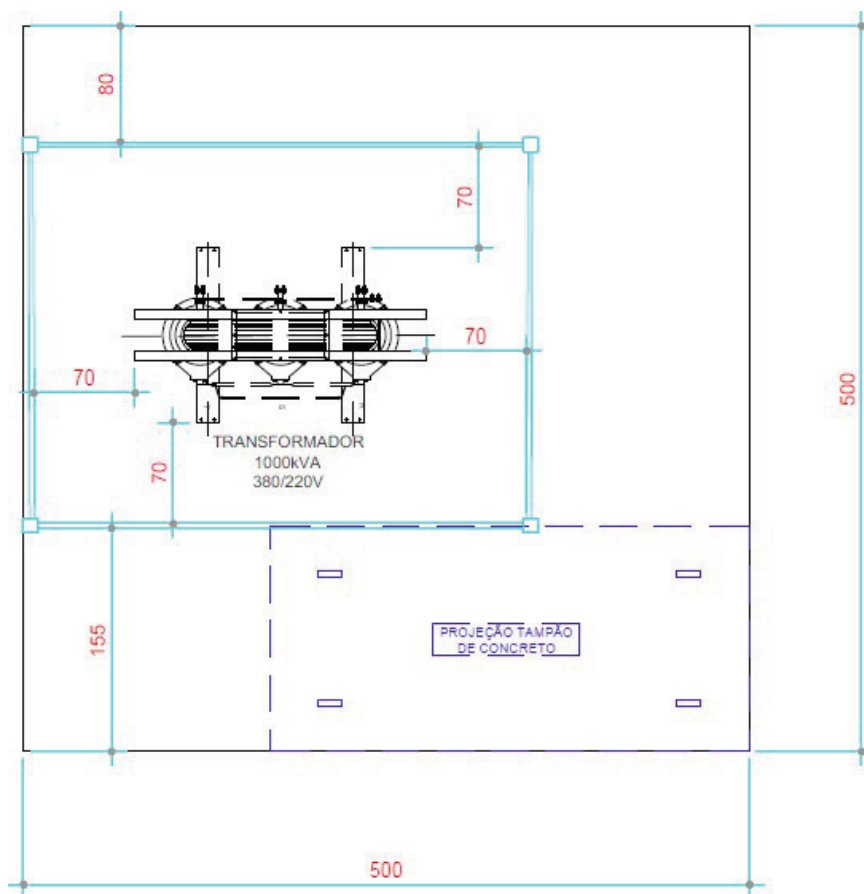
Devido a característica do Sistema Subterrâneo Reticulado, temos um equipamento a mais por transformador a seco, que é denominado Protetor de Rede.

Nota 1: A dimensões de espaço solicitadas nos modelos descritos acima, atendem os critérios de segurança operacional desta Concessionária, para instalação dos equipamentos, de forma a oferecer o menor risco aos seus operadores.

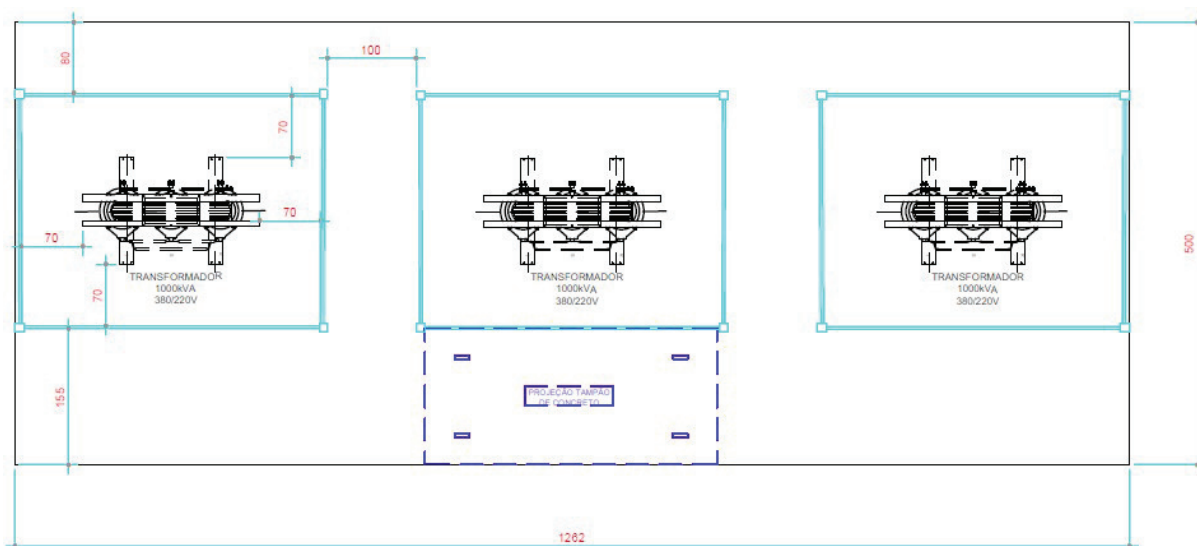
Nota 2: O tampão de concreto (desenho CP-96-09) de acesso para a instalação do(s) transformador(es) a seco(os) deve ficar sempre fora do espaço previsto para os transformadores conforme indicado nos modelos de 1 a 6 abaixo.

Vista da Planta simplificada do posto de transformação – Alimentação por Rede Aérea 13,8 KV

Modelo 1: Sala para instalação de 1 transformador a seco no Sistema Aéreo

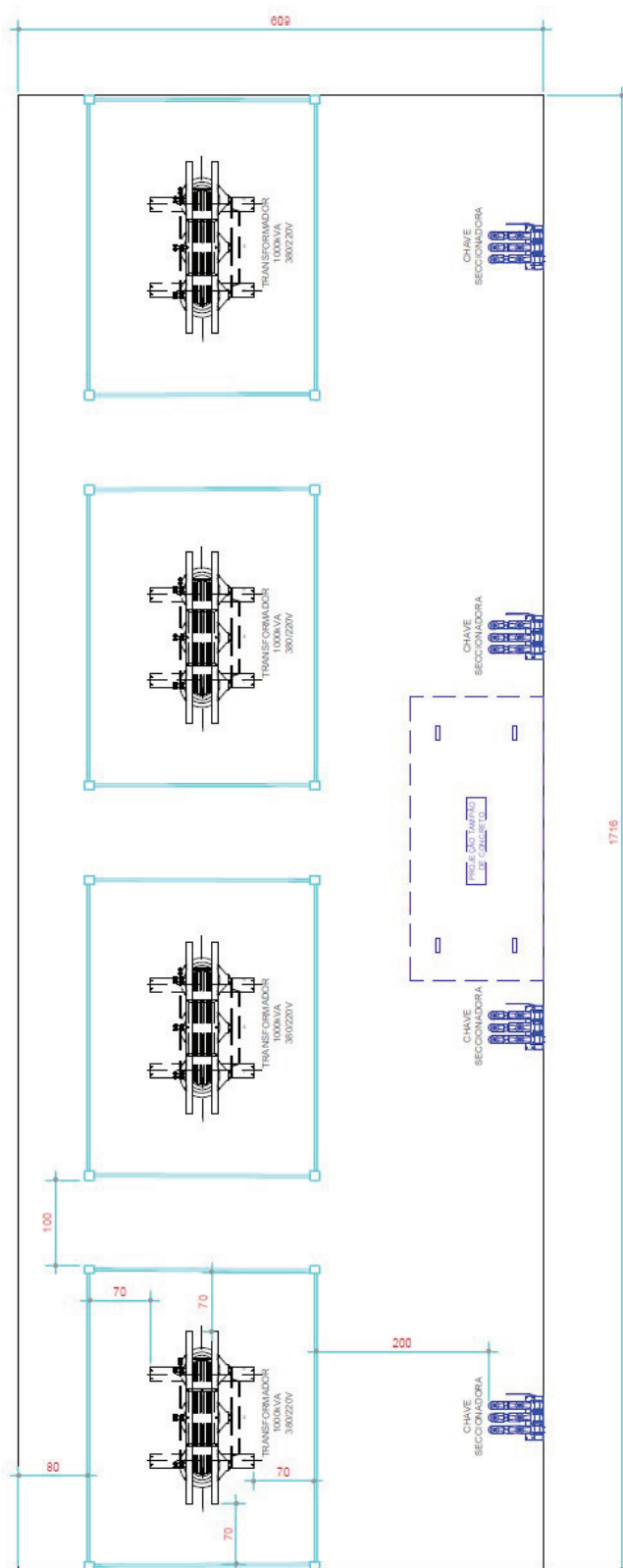


Modelo 2: Sala para instalação de 3 transformadores a seco no Sistema Aéreo



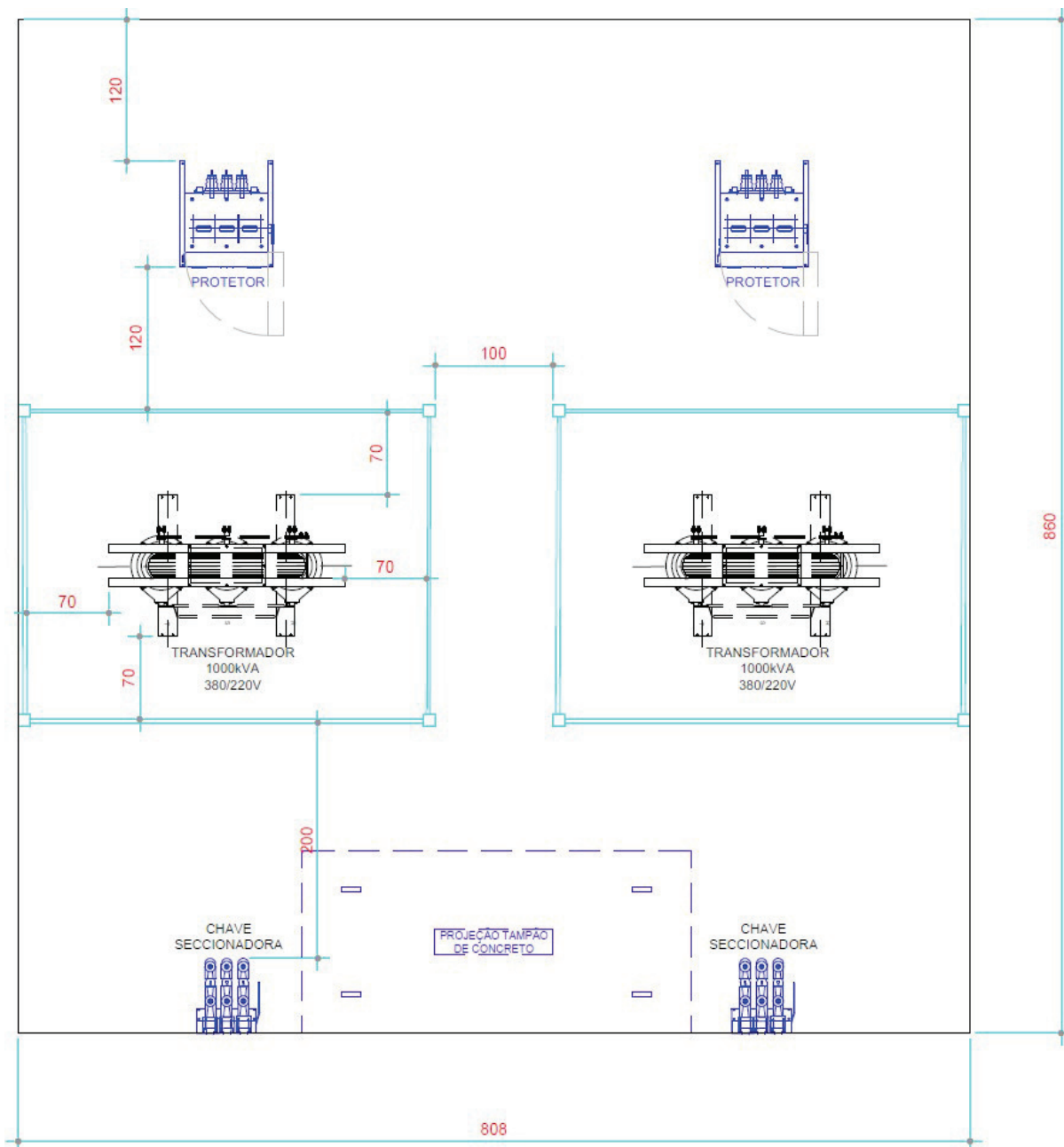
Vista da Planta simplificada do posto de transformação – Alimentação por Rede Subterrânea (Sistema Radial com recurso) 13,8 KV

Modelo 3: Sala para instalação de 4 transformadores a seco e chaves disjuntoras no Sistema Radial com Recurso

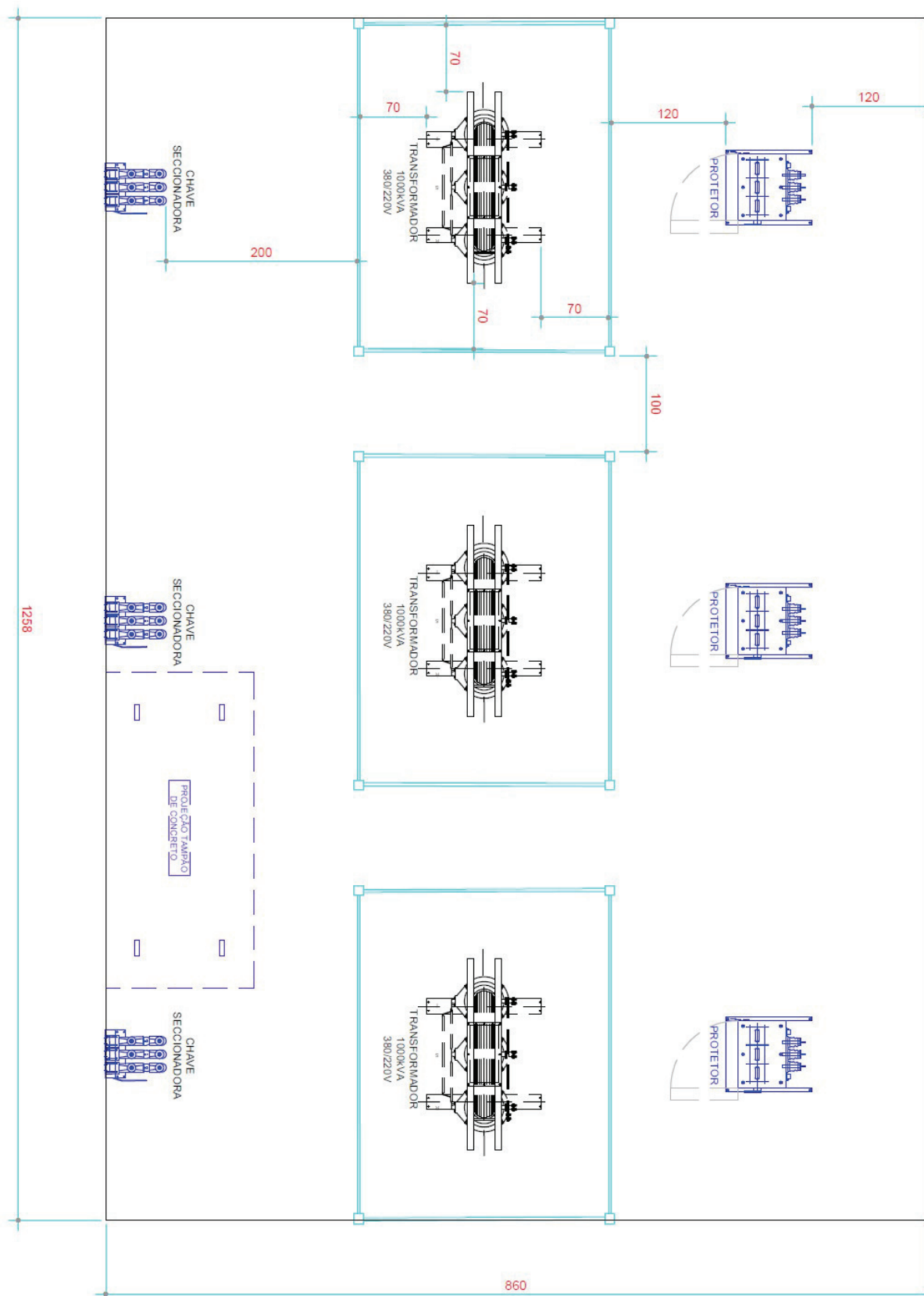


Vista da Planta simplificada do posto de transformação – Alimentação por Rede Subterrânea (Sistema Reticulado) 21 KV

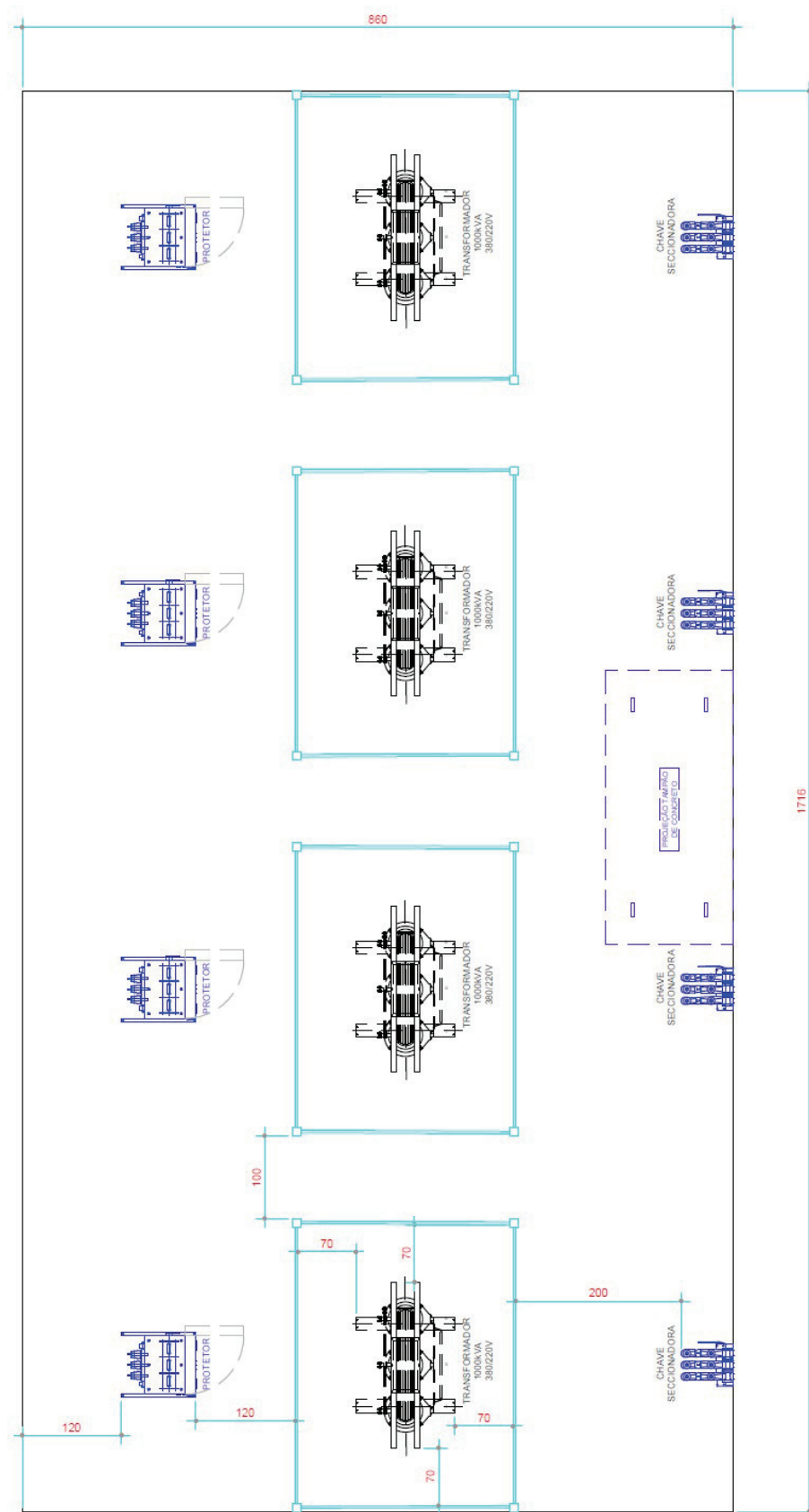
Modelo 4: Sala para instalação de 2 transformadores a seco, chaves disjuntoras e Protetores de Rede no Sistema Reticulado



Modelo 5: Sala para instalação de 3 transformadores a seco, chaves disjuntoras e Protetores de Rede no Sistema Reticulado



Modelo 6: Sala para instalação de 4 transformadores a seco, chaves disjuntoras e Protetores de Rede no Sistema Reticulado



16.3. Cálculo da ventilação

O local onde será colocado o transformador deve ser bem ventilado, de maneira a ser assegurada uma ventilação natural apropriada, visto que este é um parâmetro fundamental ao correto funcionamento do transformador a seco. Neste sentido, é importante que as entradas de ar estejam localizadas na parte inferior e as saídas na parede oposta na parte superior com aberturas suficientes para circulação mínima de aproximadamente entre 240 a 300 m³ de ar por hora/kW de perda (ver cálculo exemplificado a seguir).

A ventilação do posto de transformação será feita através de chicanas localizadas na parte superior da face correspondente as portas de acesso de pessoal e de instalação / retirada de equipamentos (saída do ar) e na parte inferior da face oposta aos das portas de acesso (entrada de ar), conforme ilustrado na figura 4.

Consideram-se os seguintes dados, além das dimensões já fornecidas para o posto de transformação:

- a) Piso do recinto: 10 cm acima do nível do subsolo;
- b) Portas de acesso para entrada / saída de pessoal (2) e para instalação/retirada de equipamentos (2);
- c) Abertura de entrada de ar: grade, na base do posto, localizada entre a parede e o lado do transformador, correspondente ao enrolamento de baixa tensão;
- d) Abertura de saída do ar: “parte superior” das portas de acesso;
- e) Área útil das grades (saídas) e das persianas (entradas) iguais a 90% e 70% da área total, respectivamente;
- f) Paredes de alvenaria de 20 cm de espessura;
- g) Teto de concreto de 30 cm de espessura;
- h) Potência nominal e máxima do transformador: 500 kVA;
- i) Temperatura máxima dos enrolamentos igual a nominal;
- j) Perdas e dimensões conforme desenho MP 78-01 e tabela 1.

Aplicando-se a metodologia do anexo B resultam os seguintes valores:

- a) Perdas totais: 6400 W;
- b) Coeficiente de perda de carga a entrada do ar:
 - Persiana: 3,0;
 - Estreitamento: 1,0;
 - Total (□entrada): 4,0;
- c) Coeficiente de perda de carga a saída do ar:
 - Grade: 0,75;
 - Mudança suave de direção: 0,6;
 - Total (□saída): 1,35;
- d) Área de entrada: $5 \cdot 0,8 \cdot 0,4 \cdot 0,7 = 1,12 \text{ m}^2$;
- e) Área de saída: $5 \cdot 0,8 \cdot 0,4 \cdot 0,9 = 1,44 \text{ m}^2$;
- f) Área efetiva: 0,51 m²;
- g) Altura efetiva: 1,44 m;
- h) Diferença de temperatura entre o ar da entrada e da saída: 22,2 °C;
- i) Área total das paredes: 33,8 m²;
- j) Condutividade térmica das paredes: 2,20 W/m²*K;
- k) Potência dissipada pelas paredes: 960 W;
- l) Área do teto: 9,46 m²;
- m) Condutividade térmica do teto: 1,70 W/m²*K;
- n) Potência dissipada pelo teto: 360 W;
- o) Densidade do ar: 1,14 kg/m³;
- p) Calor específico do ar: 1,015 kJ/kgK;
- q) Vazão de ar: 0,19 m³/s (ou 684 m³/h).

Obteve-se, com as áreas de entrada e saída de ar propostas, uma diferença de temperatura superior aos 15 °C normalmente adotados. Para se alcançar uma

elevação de 15 °C deve-se aumentar as áreas de entrada e saída e/ou a altura do posto de transformação (ver figura B2 do anexo B).

Figura 4: Aberturas de ventilação do posto de transformação Inferior

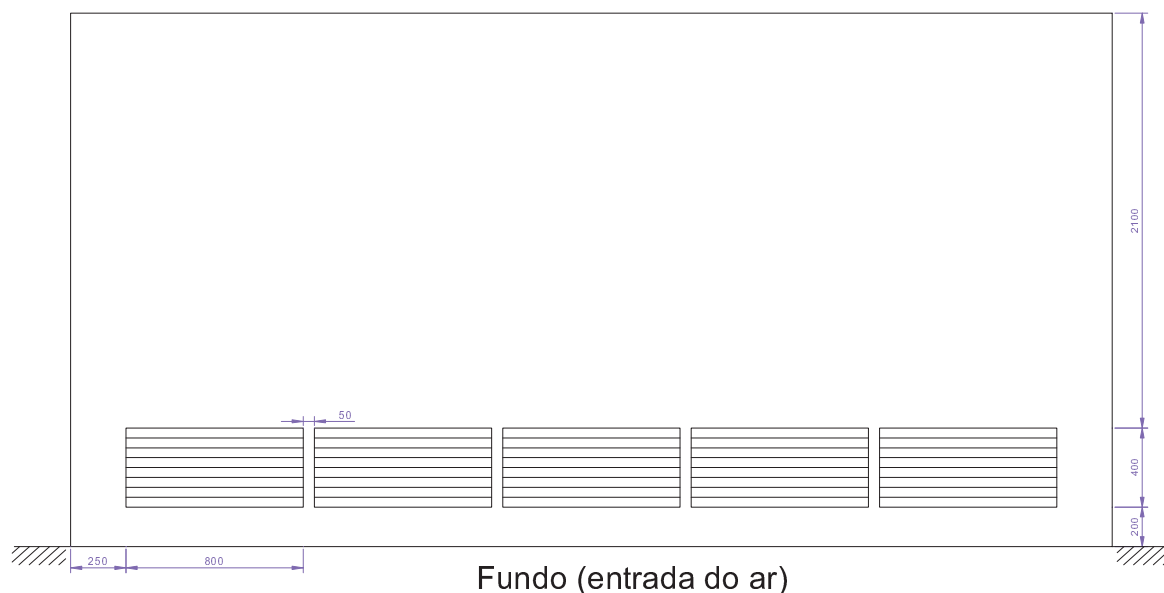
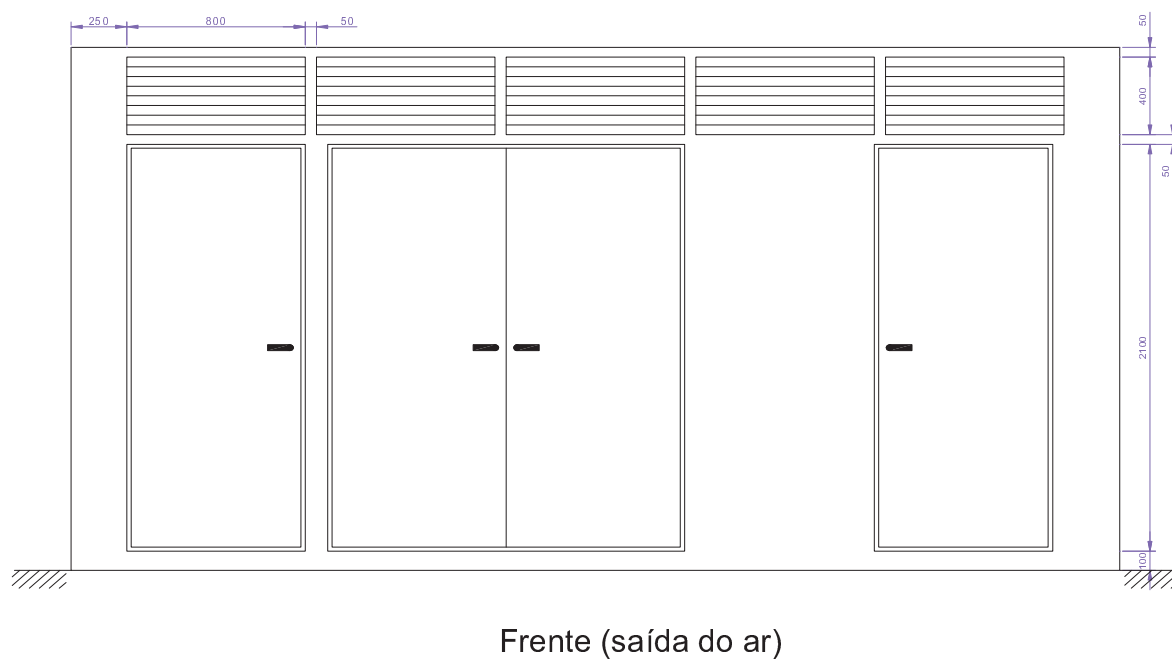


Figura 5: Aberturas de ventilação do posto de transformação superior



17. ANEXO A: CURVAS DE FUSÍVEIS

Figura A.1: Curvas de atuação de fusíveis HH

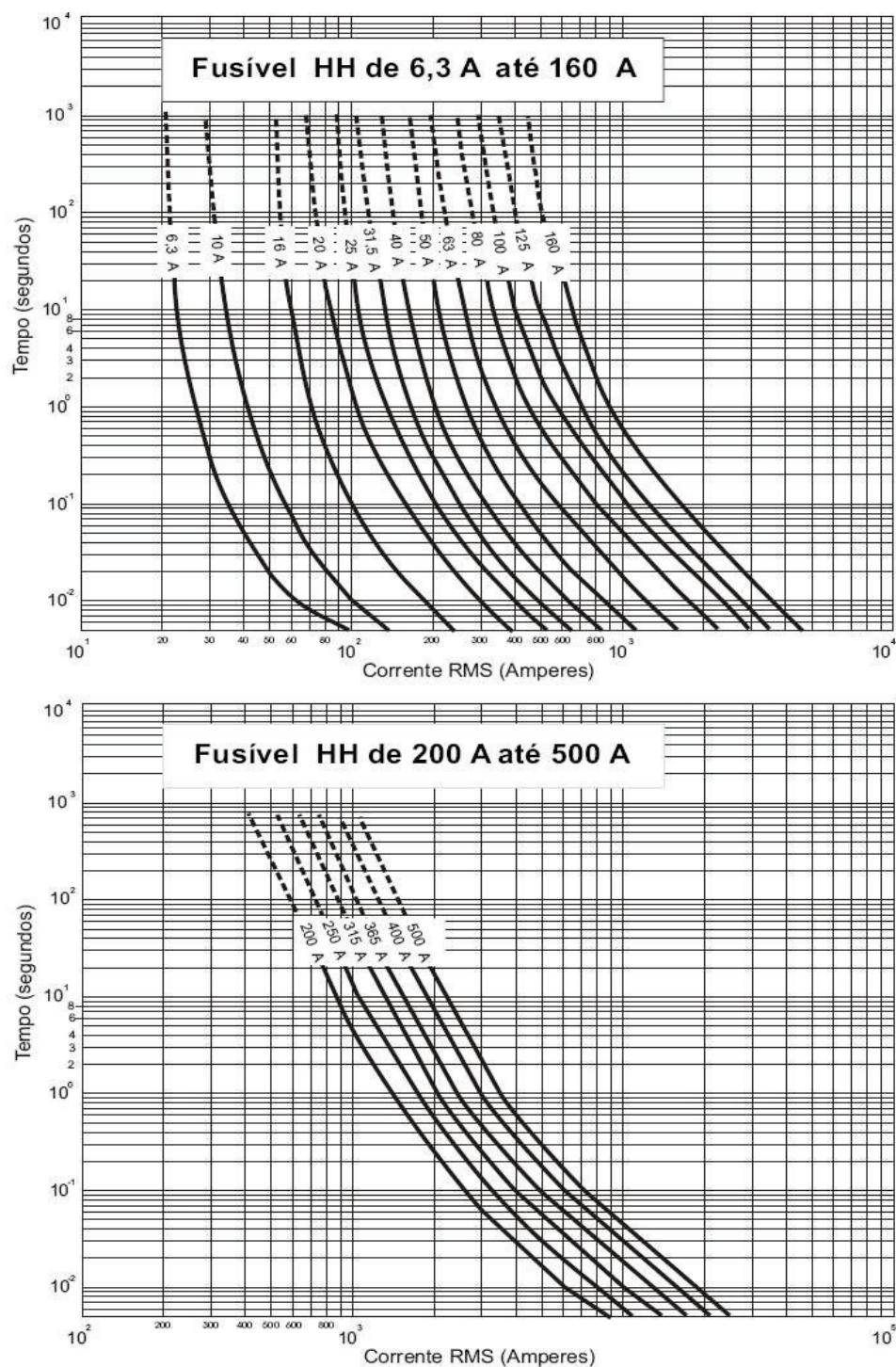


Figura A.2: Curvas de limitação de corrente de fusíveis HH.

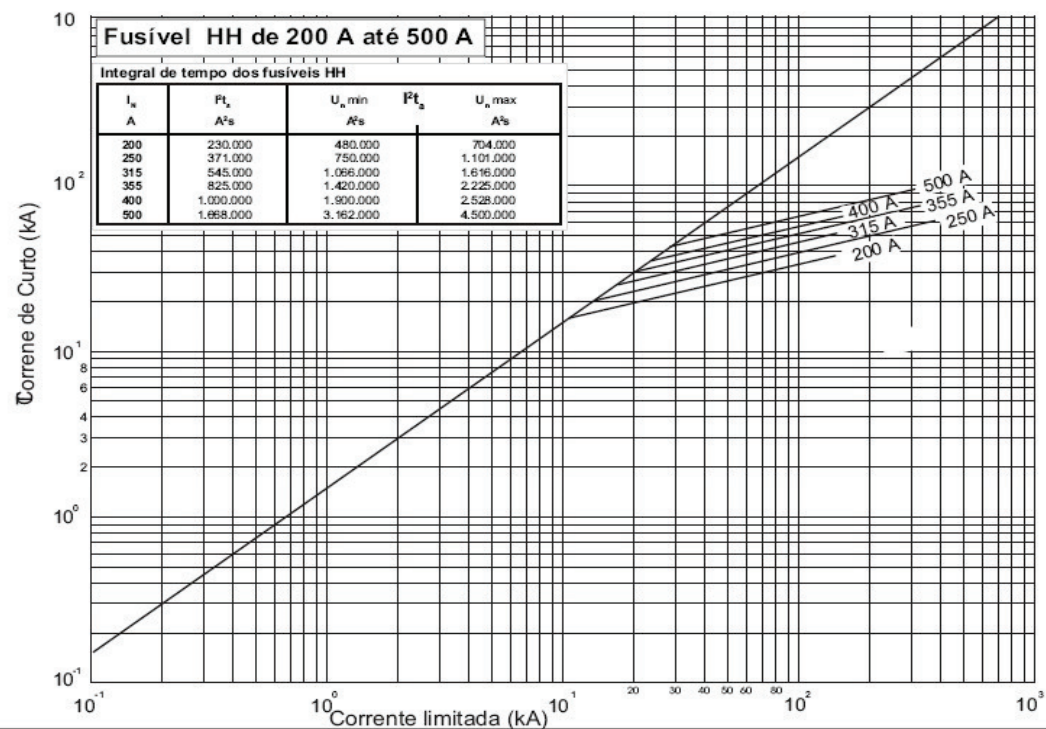
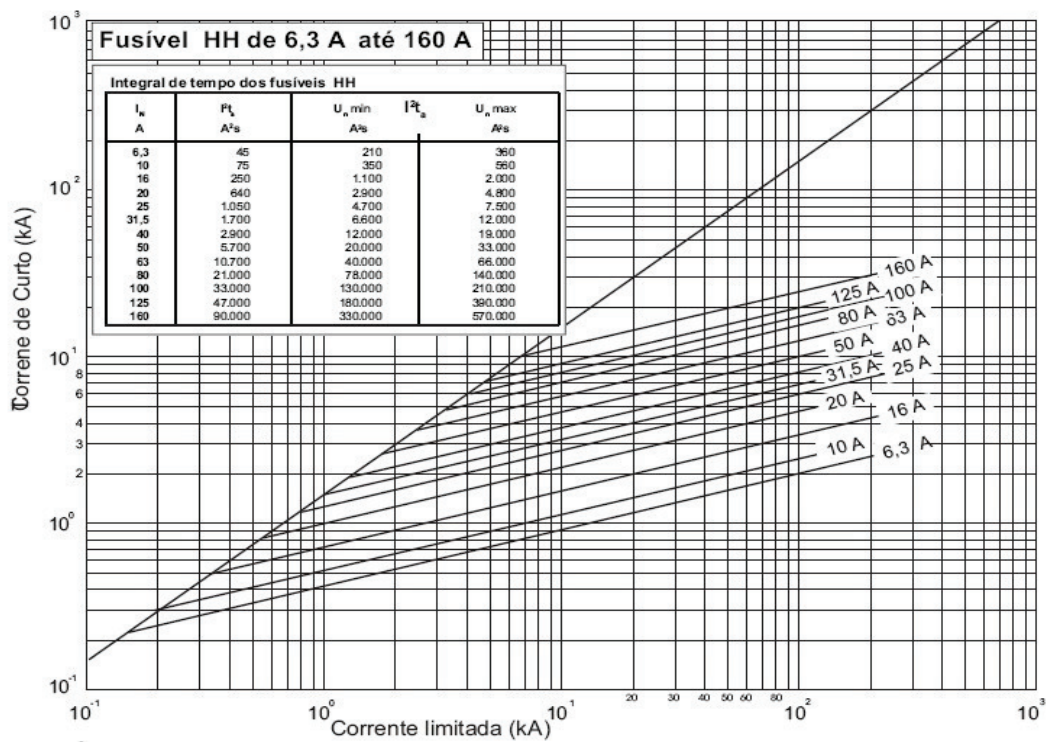


Figura A.3: Curvas de atuação de fusíveis tipo T – grupo A.

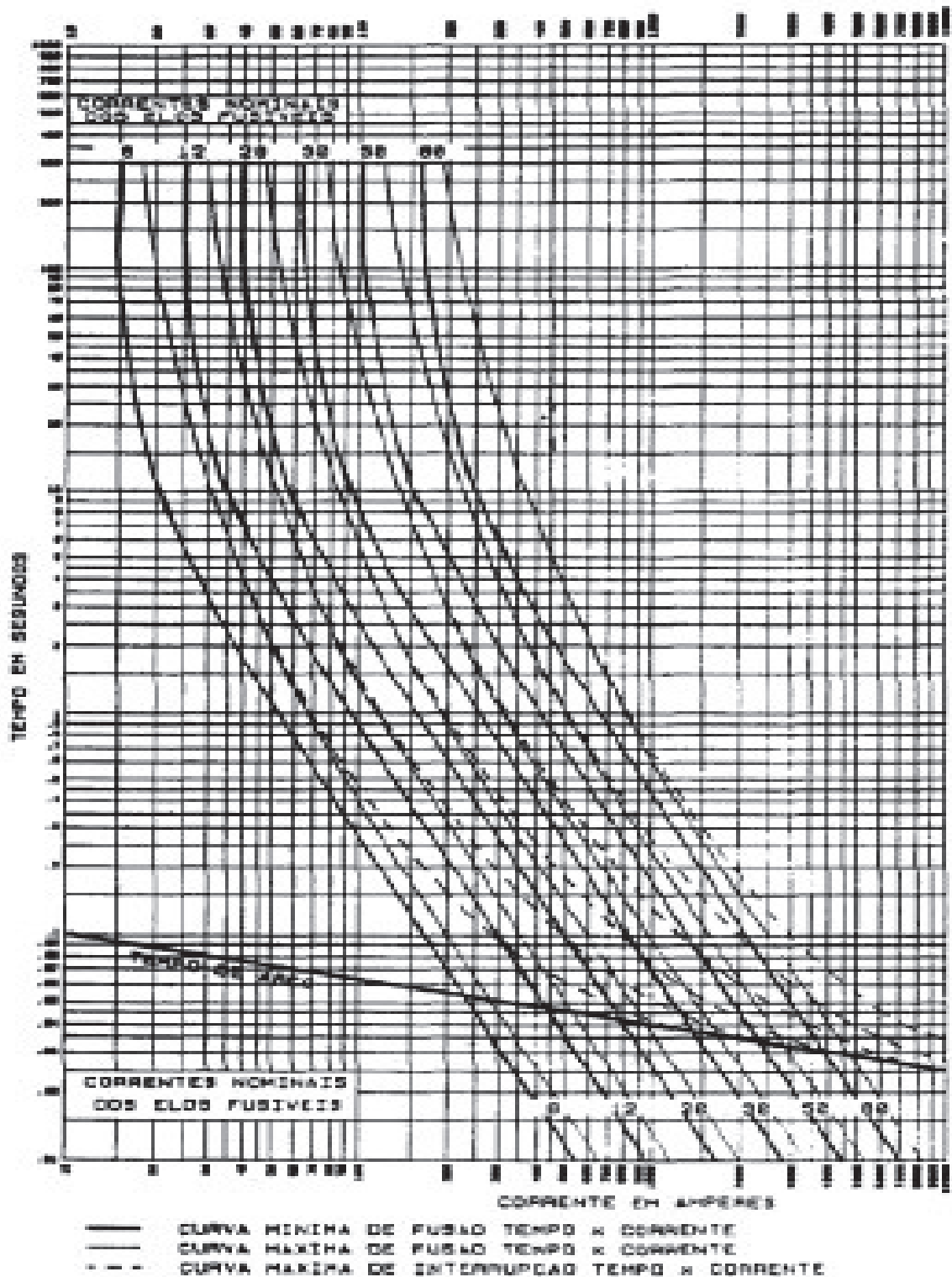
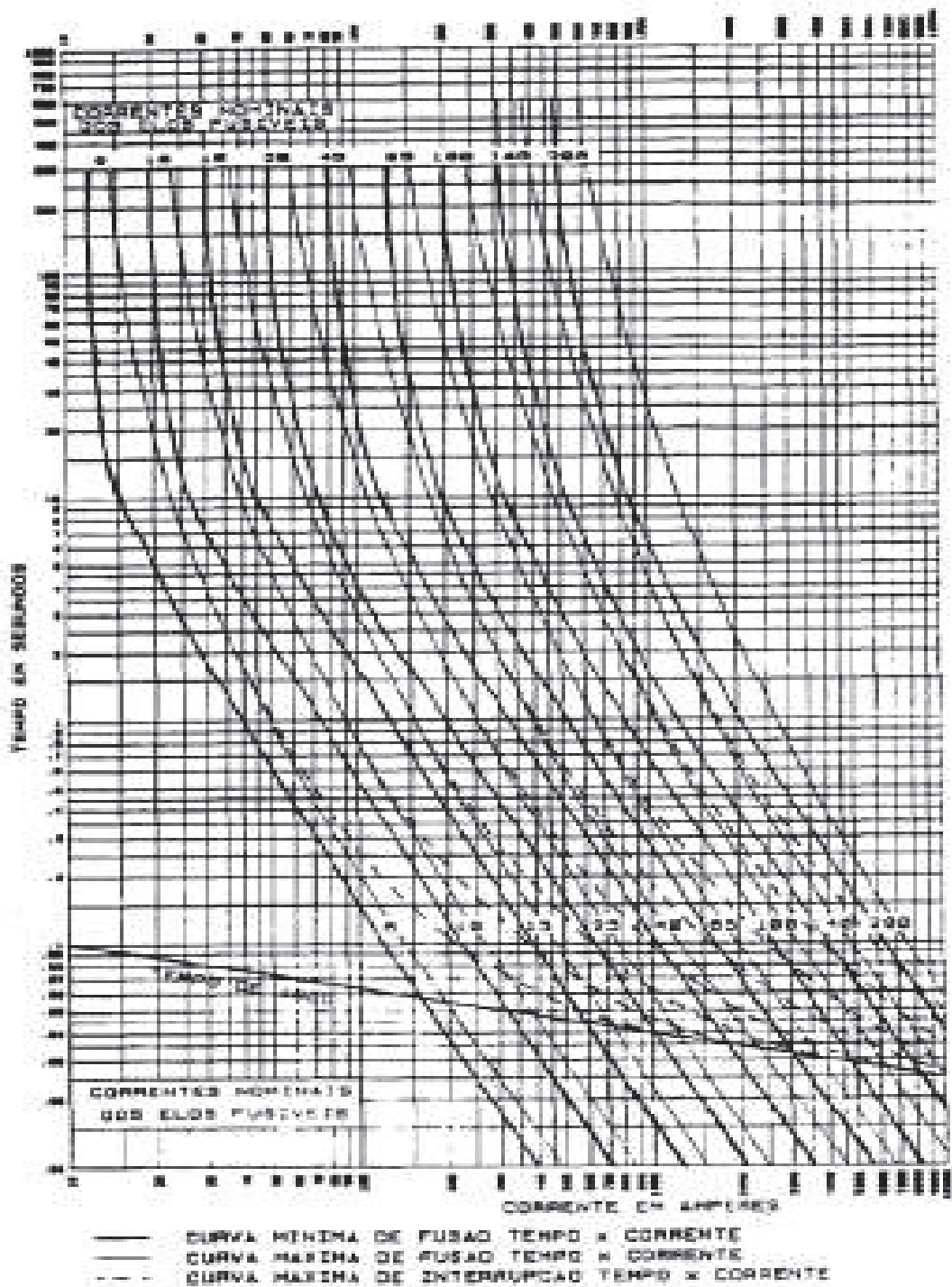


Figura A.4: Curvas de atuação de fusíveis tipo T – grupo B



18. ANEXO B: VENTILAÇÃO DO POSTO DE TRANSFORMAÇÃO MÉTODO SIMPLIFICADO

18.1. Regras práticas

Segundo regras práticas coletadas na literatura, para assegurar uma boa ventilação de um transformador com resfriamento natural, instalado em uma célula fechada, deve-se prever:

- a) Área de entrada/saída de ar de $0,65 \text{ m}^2/\text{MVA}$ da potência máxima, respeitando-se, em qualquer caso, uma área mínima de $0,093 \text{ m}^2$;
- b) Vazão de ar frio entre 240 e $300 \text{ m}^3/\text{h}/\text{kW}$ de perdas;
- c) Temperatura de saída do ar aproximadamente $15 \text{ }^\circ\text{C}$ maior que a temperatura de entrada.

Tais valores devem ser interpretados como orientativos, podendo ser alterados em função de um dimensionamento específico.

18.2. Metodologia

A figura B.1 mostra um fluxograma para cálculo de ventilação, baseado na norma NF C 13 200 e nos artigos de Menheere e Radakovic e Maksimovic, citados no item 2.

No fluxograma é apresentada, além da ventilação natural, a possibilidade de se utilizar ventilação forçada, embora ela não seja recomendada para os fins deste manual, uma vez que implica em maior consumo de energia (motor do ventilador) e levantamento de perdas de carga não considerados neste documento.

18.3. Valores de coeficientes de perdas de carga singulares

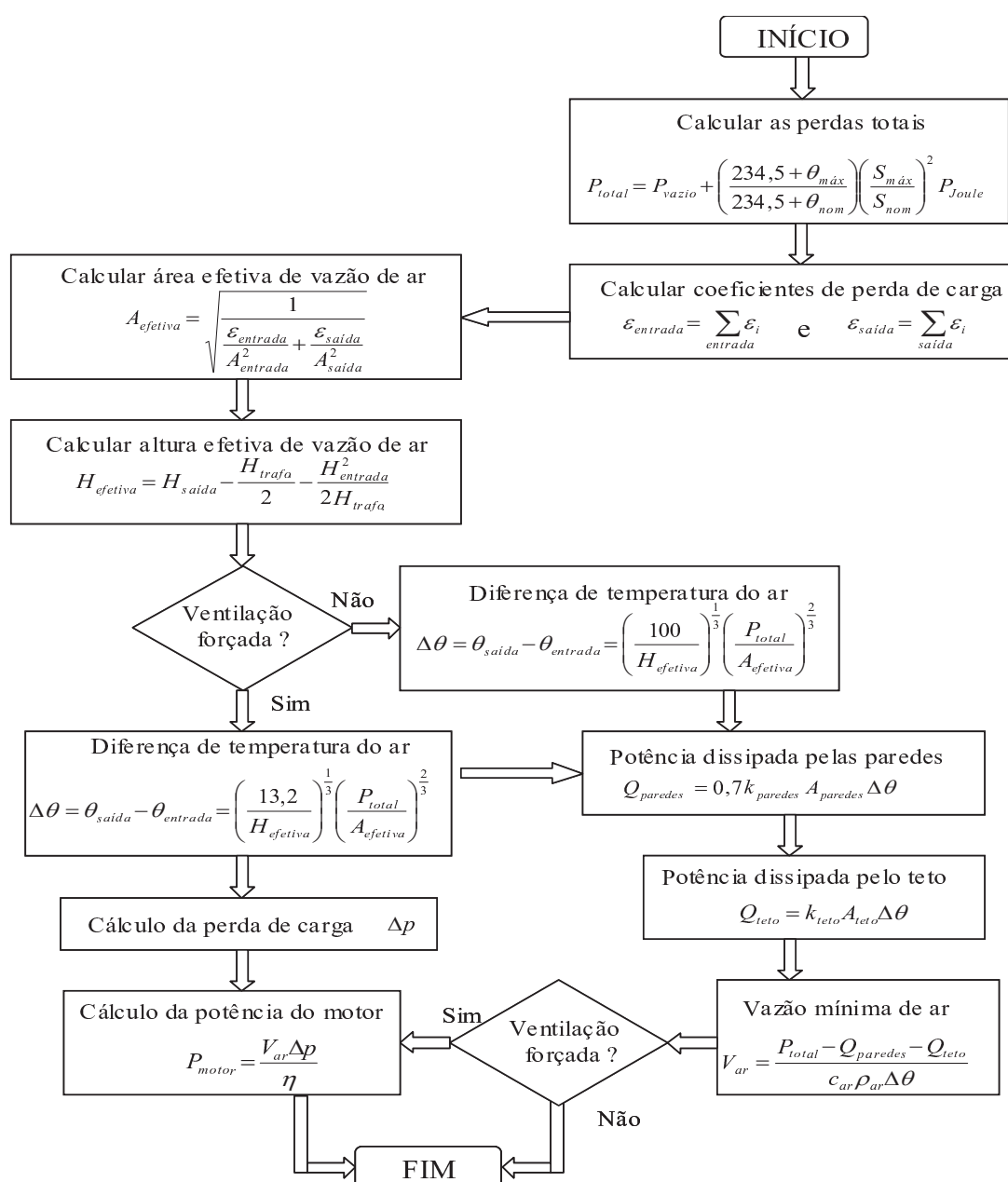
Para aplicação da metodologia descrita em B.2 é necessário considerar alguns coeficientes de perdas de carga singulares.

Sugere-se adotar os valores abaixo:

- a) Estreitamento: 1
- b) Curva em ângulo reto: 1,5

- c) Curva arredondada: 1
- d) Curva a 135 °: 0,6
- e) Mudança suave de direção: 0 a 0,6
- f) Grelha: 0,5 a 1
- g) Persiana: 2,5 a 3,5

Figura B1 – Fluxograma para o cálculo da ventilação do posto de transformação.



18.4. Aplicação da metodologia

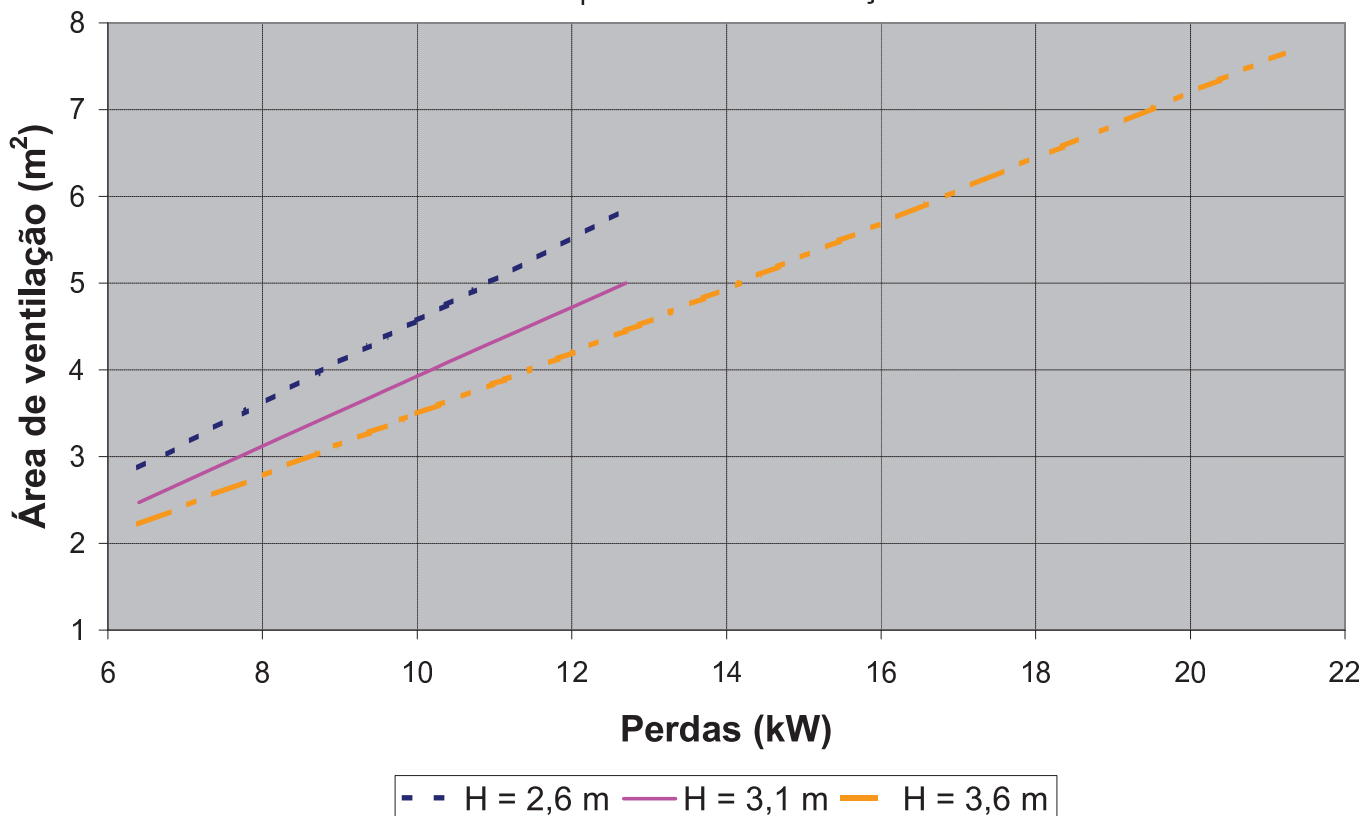
Considerando-se que o dimensionamento da ventilação natural do posto de transformação depende fortemente das áreas de entrada e saída de ar e da altura, aplicou-se a metodologia deste anexo para diversos valores de perdas totais, mantendo-se fixa uma elevação de temperatura do ar de 15 °C. As curvas resultantes estão mostradas na figura B2.

A ordenada do gráfico corresponde a área nominal de ventilação natural de entrada ou saída, sendo as áreas reais 70 % e 90 % destes valores, respectivamente.

Este gráfico não substitui um dimensionamento mais acurado, porém pode ser utilizado para fornecer uma referência inicial.

Note-se que quando as perdas superam 12,5 kW nem sempre há solução para valores baixos de altura do posto de transformação.

Figura B2 – Área nominal de ventilação natural em função das perdas totais e altura H do posto de transformação



19. DESENHOS PADRÕES

- MP-50-03: Conector terminal de compressão de 2 furos para conectores de cobre de 240 mm², 300 mm² e 400 mm²;
- MP-50-05: Conector terminal de compressão de 1 furo para conectores de cobre de 25 mm², 35 mm² e 70 mm²;
- MP-50-07: Conector terminal de compressão de 1 furo para conectores de cobre de 120 mm²
- MP-55-03: Barra de terra de 19 furos;
- MP-60-06: Terminal desconectável cotovelo – TDC – 200 A – 15 / 25 kV (operação sem carga);
- MP-60-27: Bucha de cavidade de inserção curta (“bushing well”) - 200 A – 15 / 25 kV (operação sem carga);
- MP-60-28: Plugue “T”- PT-3 - 200 A – 15 / 25 kV (operação sem carga);
- MP-60-31: Plugue de inserção simples - 200 A – 15 / 25 kV (operação sem carga);
- MP-77-04: Cadeado;
- MP-78-01: Transformador seco;
- MP-78-03: Conector secundário;
- CP-93-01: Poço de inspeção;
- CP-93-02: Mini poço de inspeção;
- CP-95-09: Argola;
- CP-96-09: TAMPÃO PADRÃO
- CP-98-10: Anel-Terra (Aberto) em Câmaras Transformadoras Suspensas até 1000 kVA – parte da ELETROPAULO;
- CP-98-11: Anel-Terra (Aberto) em Câmaras Transformadoras Suspensas até 1000 kVA – parte da ELETROPAULO;