

 FUNDAÇÃO BUTANTAN Gestão é uma ciência	DIVISÃO DE OBRAS E PROJETOS					STATUS ☐ PRELIMINAR ☐ PARA COTAÇÃO ☒ PARA INFORMAÇÃO ☐ PARA COMPRA ☐ PARA CONSTRUÇÃO	
	TÍTULO: ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA: TRANSFORMADORES			DISCIPLINA: ELÉTRICA			
	PROJETO: PRÉDIO 600 – SUBESTAÇÃO ELÉTRICA			Nº DOC. (BUTANTAN): DI-00600-PE-EL-ET-0001			
	ELABORADO: WV	VERIFICADO: CRB	APROVADO: CRB	REVISÃO: 00	Nº DOC. (FORNECEDOR): -		

ÍNDICE DE REVISÕES							
REV.	DESCRIÇÃO E/ OU FOLHAS ATINGIDAS						
00	EMISSÃO INICIAL						
	REV. 00	REV. 01	REV. 02	REV. 03	REV. 04	REV. 05	REV. 06
DATA:	30/10/2025						
EXECUÇÃO:	WV						
VERIFICAÇÃO:	CRB						
APROVAÇÃO:	CRB						

 FUNDAÇÃO BUTANTAN Gestão é uma ciência	DIVISÃO DE OBRAS E PROJETOS					STATUS ☐ PRELIMINAR ☐ PARA COTAÇÃO ☒ PARA INFORMAÇÃO ☐ PARA COMPRA ☐ PARA CONSTRUÇÃO
	TÍTULO: ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA: TRANSFORMADORES			DISCIPLINA: ELÉTRICA		
	PROJETO: PRÉDIO 600 – SUBESTAÇÃO ELÉTRICA			Nº DOC. (BUTANTAN): DI-00600-PE-EL-ET-0001		
	ELABORADO:	VERIFICADO:	APROVADO:	REVISÃO:	Nº DOC. (FORNECEDOR):	
	WV	CRB	CRB	00	-	

ÍNDICE

1	OBJETIVO.....	5
2	NORMAS APLICÁVEIS.....	5
3	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	6
4	CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E GEOGRÁFICAS DO LOCAL.....	6
4.1	LOCALIZAÇÃO:	6
5	ESCOPO DE FORNECIMENTO	6
5.1	TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA TRIFÁSICO	6
5.2	TRANSPORTE, CARGA E DESCARGA	7
6	REQUISITOS BÁSICOS DE PROJETO	7
6.1	CONDIÇÕES DE SERVIÇO E AMBIENTAIS	7
6.2	NÍVEIS DE RUÍDO AUDÍVEL	8
6.3	TENSÃO DE RÁDIO INTERFERÊNCIA	8
6.4	DESCARGAS PARCIAIS.....	8
6.5	CORRENTE DE EXCITAÇÃO	9
6.6	VALORES NOMINAIS E CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO.....	9
6.6.1	<i>Potência Nominal e Operação Contínua</i>	<i>9</i>
6.6.2	<i>Enrolamento Terciário.....</i>	<i>9</i>
6.6.3	<i>Tensão Nominal.....</i>	<i>10</i>
	<i>As tensões nominais em vazio, na derivação principal, são:</i>	<i>10</i>
6.6.4	<i>Chave de Religação de Tensão (AT)"</i>	<i>10</i>
6.6.5	<i>Impedância de Curto-Circuito.....</i>	<i>10</i>
6.7	ELEVAÇÃO DE TEMPERATURA E SISTEMA DE ISOLAÇÃO	10
6.7.1	<i>Limites de Elevação de Temperatura</i>	<i>10</i>
6.7.2	<i>Sistema de Isolação de Alta Performance</i>	<i>11</i>
6.7.3	<i>Condições de Garantia Térmica.....</i>	<i>11</i>
6.8	TOLERÂNCIAS	11
6.9	POLARIDADE, DESLOCAMENTO ANGULAR E SEQUÊNCIA DE FASES.....	12
6.9.1	<i>Polaridade</i>	<i>12</i>
6.9.2	<i>Deslocamento Angular</i>	<i>12</i>
6.9.3	<i>Sequência de Fases e Marcação dos Terminais.....</i>	<i>12</i>
6.10	PROTEÇÃO POR PARA-RAIOS.....	12
6.11	EQUIPAMENTO DE RESFRIAMENTO FORÇADO	12
6.12	CAPACIDADE DE SOBRECARGA	13
6.13	CONDIÇÕES GERAIS DE OPERAÇÃO	13
6.14	OPERAÇÃO EM CONDIÇÕES DE TENSÃO NÃO-NOMINAL	13
7	REQUISITOS CONSTRUTIVOS	14
7.1	ARRANJO GERAL, DIMENSÕES E PROCESSO DE DEFINIÇÃO DE INTERFACES.....	14
7.1.1	<i>Conteúdo Mínimo dos Desenhos para Aprovação:</i>	<i>14</i>
7.2	TANQUE PRINCIPAL E TAMPA	14
7.2.1	<i>Conservador de Óleo e Sistema de Selagem.....</i>	<i>15</i>
7.2.2	<i>Acessórios Construtivos e de Segurança.....</i>	<i>15</i>
7.3	DISPOSITIVOS PARA MOVIMENTAÇÃO, IÇAMENTO E MONTAGEM.....	16
7.4	VÁLVULAS, GAXETAS E CONEXÕES PARA MANUSEIO DO ÓLEO	16

 FUNDAÇÃO BUTANTAN <i>Gestão é uma ciência</i>	DIVISÃO DE OBRAS E PROJETOS					STATUS ☐ PRELIMINAR ☐ PARA COTAÇÃO ☒ PARA INFORMAÇÃO ☐ PARA COMPRA ☐ PARA CONSTRUÇÃO
	TÍTULO: ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA: TRANSFORMADORES			DISCIPLINA: ELÉTRICA		
	PROJETO: PRÉDIO 600 – SUBESTAÇÃO ELÉTRICA			Nº DOC. (BUTANTAN): DI-00600-PE-EL-ET-0001		
	ELABORADO:	VERIFICADO:	APROVADO:	REVISÃO:	Nº DOC. (FORNECEDOR):	
	WV	CRB	CRB	00	-	

7.4.1	Requisitos Gerais para Válvulas e Gaxetas.....	16
7.4.2	Fornecimento de Gaxetas para Montagem em Campo	17
7.4.3	Lista de Válvulas e Conexões Mínimas	17
7.5	RADIADORES E SISTEMA DE ARREFECIMENTO.....	17
7.6	ENROLAMENTOS: REQUISITOS CONSTRUTIVOS E DE PROCESSO	18
7.6.1	Projeto Mecânico e Suportabilidade a Curtos-Circuitos	18
7.6.2	Sistema de Isolação	18
7.6.3	Processo de Secagem e Impregnação	18
7.7	NÚCLEO MAGNÉTICO	18
7.7.1	Aterramento do Núcleo:.....	18
7.8	CONEXÕES EXTERNAS TERMINAIS.....	19
7.8.1	Tipo de Interface:.....	19
7.8.2	Escopo de Fornecimento do Fabricante do Transformador:	19
7.8.3	Documentação para Coordenação:.....	19
7.9	PLACAS DE IDENTIFICAÇÃO	19
7.10	DESENHOS, SOLDAGEM E CONTROLE DE QUALIDADE DA FABRICAÇÃO	20
7.10.1	Requisitos para Desenhos Técnicos	20
7.10.2	Qualificação de Procedimentos e Pessoal de Soldagem.....	21
7.10.3	Projeto e Execução de Juntas Soldadas.....	21
7.10.4	Plano de Inspeção e Controle da Qualidade (PICQ).....	21
7.10.5	Inspeção de Juntas Soldadas.....	21
7.10.6	Critérios de Aceitação para Ensaio por Líquido Penetrante (LP)	22
7.10.7	Ensaio por Ultrassom (US).....	22
7.10.8	Ensaio de Estanqueidade (Teste de Vazamento).....	22
7.10.9	Documentação da Qualidade e "Data Book"	23
7.11	COMUTADOR DE DERIVAÇÕES EM CARGA (OLTC).....	23
7.11.1	Requisitos Gerais e Mecânicos	23
7.11.2	Mecanismo de Acionamento e Painel de Controle Local O OLTC	24
7.11.3	Lógica de Controle e Sinalização	24
7.11.4	Requisitos para Operação em Paralelo	24
7.12	CONTROLE DO SISTEMA DE RESFRIAMENTO FORÇADO	24
7.12.1	Requisitos Gerais	24
7.12.2	Painel de Controle dos Ventiladores.....	25
7.12.3	Lógica de Controle e Sinalização	25
8	REQUISITOS PARA PROTEÇÃO, CONTROLE E SUPERVISÃO.....	25
8.1	REQUISITOS PARA PROTEÇÃO, CONTROLE E SUPERVISÃO	25
8.1.1	Requisitos Gerais	25
8.2	DISPOSITIVOS DE MEDIÇÃO E PROTEÇÃO	26
8.2.1	Indicadores de Nível do Óleo	26
8.2.2	Indicadores de Temperatura (Óleo e Enrolamentos).....	26
8.2.3	Relé Detector de Gás e Pressão Súbita (Tipo Buchholz)	26
8.2.4	Válvula de Alívio de Pressão	26
8.3	GABINETE CENTRALIZADOR DE CONTROLE (MARSHALLING BOX)	26
8.4	TRANSFORMADORES DE CORRENTE (TCs) DE BUCHA	27
9	REQUISITOS PARA ENSAIOS DE FÁBRICA	27
9.1	REQUISITOS GERAIS.....	27
9.2	ENSAIOS DE ROTINA (A SEREM REALIZADOS EM AMBAS AS UNIDADES)	27
9.3	ENSAIOS DE TIPO (A SEREM REALIZADOS NA PRIMEIRA UNIDADE FABRICADA).....	28
9.4	ENSAIOS ESPECIAIS (A SEREM REALIZADOS NA PRIMEIRA UNIDADE FABRICADA)	28

 FUNDAÇÃO BUTANTAN Gestão é uma ciência	DIVISÃO DE OBRAS E PROJETOS				STATUS ☐ PRELIMINAR ☐ PARA COTAÇÃO ☒ PARA INFORMAÇÃO ☐ PARA COMPRA ☐ PARA CONSTRUÇÃO
	TÍTULO: ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA: TRANSFORMADORES			DISCIPLINA: ELÉTRICA	
	PROJETO: PRÉDIO 600 – SUBESTAÇÃO ELÉTRICA			Nº DOC. (BUTANTAN): DI-00600-PE-EL-ET-0001	
	ELABORADO: WV	VERIFICADO: CRB	APROVADO: CRB	REVISÃO: 00	

10	REQUISITOS PARA PEÇAS SOBRESSALENTES	28
11	REQUISITOS PARA SERVIÇOS DE CAMPO E COMISSONAMENTO.....	29
11.1	CONTEXTO E ESCOPO DOS SERVIÇOS	29
11.2	REQUISITOS PARA ARMAZENAMENTO DE LONGO PRAZO.....	29
11.3	PROCEDIMENTO DE MONTAGEM E ENCHIMENTO DO LÍQUIDO ISOLANTE (ESTE PROCEDIMENTO SERÁ EXECUTADO NO FUTURO, SOB SUPERVISÃO DO FABRICANTE)	29
11.4	ENSAIOS DE ACEITAÇÃO EM CAMPO (COMISSONAMENTO) (ESTES ENSAIOS SERÃO EXECUTADOS NO FUTURO, SOB SUPERVISÃO DO FABRICANTE)	29
11.5	PROGRAMAÇÃO E MOBILIZAÇÃO DOS SERVIÇOS DE CAMPO	30
12	APROVAÇÃO DA DOCUMENTAÇÃO DE PROJETO	30
12.1	PROCESSO DE APROVAÇÃO	30
12.2	DOCUMENTOS MÍNIMOS PARA APROVAÇÃO DE PROJETO	31
13	DADOS E PARÂMETROS PARA ESTUDOS.....	31
13.1	PARÂMETROS PARA ESTUDOS DE PROTEÇÃO	31
13.2	MODELOS PARA ESTUDOS DE TRANSITÓRIOS	31
14	INFORMAÇÕES TÉCNICAS GARANTIDAS	31
14.1	OBJETIVO E OBRIGATORIEDADE	31
14.2	CONTEÚDO MÍNIMO DA FOLHA DE DADOS GARANTIDOS.....	32
14.3	DESENHO DIMENSIONAL PRELIMINAR	32
14.4	OUTRAS GARANTIAS.....	32
15	GARANTIA	32
16	MANUAIS E DOCUMENTAÇÃO FINAL.....	33
17	TREINAMENTO	33
18	FOLHA DE DADOS – TRANSFORMADORES	34

 FUNDAÇÃO BUTANTAN Gestão é uma ciência	DIVISÃO DE OBRAS E PROJETOS				STATUS ☐ PRELIMINAR ☐ PARA COTAÇÃO ☒ PARA INFORMAÇÃO ☐ PARA COMPRA ☐ PARA CONSTRUÇÃO
	TÍTULO:			DISCIPLINA:	
	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA: TRANSFORMADORES			ELÉTRICA	
	PROJETO:			Nº DOC. (BUTANTAN):	
PRÉDIO 600 – SUBESTAÇÃO ELÉTRICA			DI-00600-PE-EL-ET-0001		
ELABORADO:	VERIFICADO:	APROVADO:	REVISÃO:	Nº DOC. (FORNECEDOR):	
WV	CRB	CRB	00	-	

1 Objetivo

Este documento tem como objetivo estabelecer os requisitos técnicos completos para o projeto, fabricação, ensaios em fábrica, transporte, fornecimento de procedimentos para armazenamento de longo prazo, supervisão de montagem e comissionamento em campo de dois (2) transformadores de potência trifásicos.

Contexto e Aplicação (Críticidade): Estes transformadores constituirão a nova entrada de energia principal da Fundação Butantan e alimentarão a nova Subestação Isolada a Gás (GIS) da planta.

A aplicação é de altíssima criticidade, fornecendo energia redundante para laboratórios de pesquisa, áreas de produção de imunobiológicos, biotérios e sistemas críticos de refrigeração e armazenamento (câmaras frias).

Portanto, os requisitos de máxima confiabilidade operacional, segurança contra incêndio (justificando o uso de óleo vegetal FR3) e performance superior são fundamentais e inegociáveis para este projeto.

Estratégia de Aquisição: Os transformadores serão comprados antes do início do projeto executivo da nova subestação GIS. O objetivo desta estratégia é ganhar tempo, visto o longo prazo de fabricação do equipamento.

2 Normas Aplicáveis

O fornecimento completo, incluindo materiais, projeto, componentes, fabricação, montagem, ensaios, condições de serviço, desempenho e segurança pessoal e operacional, deve estar de acordo com os Órgãos Normativos e /ou Normas e Regulamentações indicadas a seguir:

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS

O projeto, os materiais, a fabricação e os ensaios do transformador e seus acessórios deverão atender, no mínimo, aos requisitos da última edição das seguintes normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT):

- NBR 5356 (Todas as Partes) - Transformador de Potência
- NBR 7277 - Guia de Carregamento para Transformadores de Potência Imersos em Óleo
- NBR 5034 - Buchas para Tensões Alternadas Superiores a 1 kV
- NBR 6856 - Transformador de Corrente - Especificação
- NBR 6821 - Transformadores de Corrente - Método de Ensaio
- NBR 8667 - Comutador de Derivações em Carga
- NBR 7037 - Recebimento, Instalação e Manutenção de Transformadores de Potência
- NBR 11388 - Sistemas de Pintura para Equipamentos e Instalações de Subestações
- NBR 10576 - Óleo Mineral Isolante de Petróleo - Especificação (Se aplicável, caso não seja o FR3)
- IEC 60076 (Todas as Partes) - Power Transformers (Norma internacional, frequentemente citada como referência complementar)
- NEMA TR 1 - Transformers, Regulators and Reactors (Para o ensaio de RIV)

 FUNDAÇÃO BUTANTAN Gestão é uma ciência	DIVISÃO DE OBRAS E PROJETOS				STATUS ☐ PRELIMINAR ☐ PARA COTAÇÃO ☒ PARA INFORMAÇÃO ☐ PARA COMPRA ☐ PARA CONSTRUÇÃO
	TÍTULO:			DISCIPLINA:	
	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA: TRANSFORMADORES			ELÉTRICA	
	PROJETO:			Nº DOC. (BUTANTAN):	
PRÉDIO 600 – SUBESTAÇÃO ELÉTRICA			DI-00600-PE-EL-ET-0001		
ELABORADO:	VERIFICADO:	APROVADO:	REVISÃO:	Nº DOC. (FORNECEDOR):	
WV	CRB	CRB	00	-	

ONS - OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO

- Procedimento de rede
- Requisitos mínimos para subestações e equipamentos associados

MTE – MINISTÉRIO DO TRABALHO E DO EMPREGO

- NR 10 Segurança em instalações e serviços em eletricidade
- NR 23 Proteção contra incêndios

ANSI – AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE

- ANSI C57-15 Step –voltage and induction–voltage regulators

ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS

- ASTM - D - 3455 Test method for compatibility of construction materials with electrical insulating oil of petroleum origin

3 Documentos de Referência

- DOP-00600-PE-EL-LM-0001 – Lista de materiais e serviços

4 Condições Climáticas e Geográficas do Local

4.1 Localização:

- Município: São Paulo
- Estado: São Paulo
- Endereço de Referência: Av. Vital Brasil, 1500 - Butantã
- Altitude do Local: Aproximadamente 760 metros.
- Temperatura ambiente máxima: 40 °C
- Temperatura média diária máxima (em 24h): 30 °C
- Temperatura média anual: 20 °C
- Temperatura mínima: 5 °C
- Umidade Relativa Máxima: 95%

5 Escopo de Fornecimento

5.1 Transformadores de potência trifásico

Fornecimento de dois (02) Transformadores de potência trifásico, imerso em óleo isolante mineral, para instalação ao tempo com as seguintes características:

- Potência nominal: 25.000/31500kVA
- Tensão 88.000-138.000V / 13.800V – Yyn0d1-DyN1;

 FUNDAÇÃO BUTANTAN Gestão é uma ciência	DIVISÃO DE OBRAS E PROJETOS				STATUS ☐ PRELIMINAR ☐ PARA COTAÇÃO ☒ PARA INFORMAÇÃO ☐ PARA COMPRA ☐ PARA CONSTRUÇÃO
	TÍTULO:			DISCIPLINA:	
	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA: TRANSFORMADORES			ELÉTRICA	
	PROJETO:			Nº DOC. (BUTANTAN):	
PRÉDIO 600 – SUBESTAÇÃO ELÉTRICA			DI-00600-PE-EL-ET-0001		
ELABORADO:	VERIFICADO:	APROVADO:	REVISÃO:	Nº DOC. (FORNECEDOR):	
WV	CRB	CRB	00	-	

- Derivações: +5/-15x 1.0%;
- Chave de Religação Manual 138/88 kV
- Refrigeração: ONAN/ONAF;
- Isolamento em óleo vegetal,
- Forma construtiva: Transformador com conservador.
- Aplicação: abaixador;
- Comutador: Sob Carga;
- NBI AT: 450 (88) - 550 (138) kV
- Material dos enrolamentos: CU/CU
- Fator K=1 (Cargas Lineares)
- Classe de Isolamento: E
- Rendimento: Conforme projeto
- Grau de Proteção: IP-54
- Impedância: 14% (@31,5MVA e 138kV)
- Localização dos terminais: AT e BT na tampa
- Comutador HUAMING ou similar (especial para óleo vegetal)
- Chave de Religação de Tensão (AT)

5.2 Transporte, Carga e Descarga

- O escopo de fornecimento inclui o transporte completo do transformador e todos os seus acessórios, devidamente embalados e preparados para armazenamento de longo prazo (com gás nitrogênio pressurizado), desde a fábrica até o local da obra, no endereço da Fundação Butantan.
- O fornecedor será responsável por toda a logística, custos de transporte especial (se necessário), seguros de transporte e pela descarga do transformador no local da obra, posicionando-o em seu local de armazenamento ou pré-montagem, conforme a ser definido pela Fundação Butantan.

6 Requisitos Básicos de Projeto

6.1 Condições de Serviço e Ambientais

Os transformadores e todos os seus acessórios deverão ser projetados e construídos para operação contínua em instalação externa (ao tempo), sob as condições de serviço detalhadas nesta especificação, em conformidade com a ABNT NBR 5356.

Os parâmetros climáticos e geográficos específicos do local de instalação, que definem as condições especiais de serviço para este projeto, estão detalhados no item 4.1.

Condição Crítica de Instalação: O transformador será instalado entre paredes corta-fogo. Esta configuração resultará em uma restrição significativa da ventilação natural ao redor do equipamento.

Requisito de Projeto Térmico: O fabricante deverá, obrigatoriamente, considerar em seu projeto térmico (dimensionamento do sistema de arrefecimento) o efeito de restrição da circulação de ar causado pelas paredes corta-fogo. Deverá ser garantido que, sob estas condições de instalação, os limites de elevação de

 FUNDAÇÃO BUTANTAN Gestão é uma ciência	DIVISÃO DE OBRAS E PROJETOS				STATUS ☐ PRELIMINAR ☐ PARA COTAÇÃO ☒ PARA INFORMAÇÃO ☐ PARA COMPRA ☐ PARA CONSTRUÇÃO
	TÍTULO:			DISCIPLINA:	
	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA: TRANSFORMADORES			ELÉTRICA	
	PROJETO:			Nº DOC. (BUTANTAN):	
PRÉDIO 600 – SUBESTAÇÃO ELÉTRICA			DI-00600-PE-EL-ET-0001		
ELABORADO:	VERIFICADO:	APROVADO:	REVISÃO:	Nº DOC. (FORNECEDOR):	
WV	CRB	CRB	00	-	

temperatura para o óleo e para os enrolamentos, especificados na ABNT NBR 5356-2, sejam rigorosamente atendidos em plena carga nominal para os regimes ONAN e ONAF. A responsabilidade por comprovar, através de cálculo memorial, a adequação do sistema de arrefecimento a esta condição é inteiramente do fabricante.

6.2 Níveis de Ruído Audível

O transformador deverá ter um projeto de baixo ruído, e os níveis de pressão sonora não deverão exceder os valores máximos estabelecidos pela ABNT NBR 5356-10 para um transformador desta potência e classe de tensão.

As medições deverão ser realizadas em fábrica, com o transformador energizado em vazio, na tensão e frequência nominais, e os valores medidos deverão ser corrigidos para as condições de campo sonoro livre (campo livre), conforme metodologia descrita na ABNT NBR 5356-10.

Os níveis máximos de ruído audível garantidos pelo fabricante, medidos conforme a norma, não deverão exceder:

- Para o estágio de resfriamento ONAN (até 25 MVA): 80 dB;
- Para o estágio de resfriamento ONAF (até 31,5 MVA): 80 dB;

O valor final para o estágio ONAF, em nenhuma hipótese, deverá ser superior a 80 dB(A).

6.3 Tensão de Rádio Interferência

O transformador deverá ser projetado e fabricado de forma a minimizar o efeito corona e as descargas parciais em seus enrolamentos e estruturas isolantes.

Como forma de verificação da qualidade do projeto e da montagem, o nível de Tensão de Rádio Interferência (RIV) será medido como um ensaio especial em fábrica.

A medição deverá ser conduzida de acordo com os procedimentos descritos na norma NEMA TR 1. O circuito de medição deverá ser calibrado e os ensaios realizados em cada um dos terminais de linha do enrolamento de alta tensão (138 kV).

Durante o ensaio, aplicando-se uma tensão de 100 kV (fase-terra), o nível de RIV medido não deverá exceder o valor máximo de 500 µV.

Este requisito de limite de RIV não se aplica aos ruídos transitórios gerados durante a operação do comutador de derivações sob carga (OLTC) ou de outros dispositivos de manobra.

6.4 Descargas parciais

O transformador deverá ser projetado e fabricado de modo a ser isento de descargas parciais prejudiciais em seus níveis de tensão de operação. A verificação desta condição será realizada através de um ensaio especial em fábrica.

O procedimento de medição de descargas parciais deverá seguir rigorosamente a metodologia descrita na norma IEC 60076-3.

 FUNDAÇÃO BUTANTAN Gestão é uma ciência	DIVISÃO DE OBRAS E PROJETOS				STATUS ☐ PRELIMINAR ☐ PARA COTAÇÃO ☒ PARA INFORMAÇÃO ☐ PARA COMPRA ☐ PARA CONSTRUÇÃO
	TÍTULO:			DISCIPLINA:	
	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA: TRANSFORMADORES			ELÉTRICA	
	PROJETO:			Nº DOC. (BUTANTAN):	
PRÉDIO 600 – SUBESTAÇÃO ELÉTRICA			DI-00600-PE-EL-ET-0001		
ELABORADO:	VERIFICADO:	APROVADO:	REVISÃO:	Nº DOC. (FORNECEDOR):	
WV	CRB	CRB	00	-	

O ensaio de descargas parciais será realizado em conjunto com o Ensaio de Tensão Suportável de Longa Duração à Tensão Induzida, conforme prescrito na ABNT NBR 5356-3.

Durante a aplicação da tensão de longa duração (1 hora) do ensaio de Tensão Induzida, o nível de descargas parciais, medido em qualquer um dos terminais de linha, não deverá exceder o valor máximo de 200 pC.

6.5 Corrente de Excitação

A medição da corrente de excitação e das perdas em vazio (perdas no núcleo) é um ensaio de rotina e deverá ser realizada em todas as unidades, conforme procedimento da ABNT NBR 5356-1.

O fabricante deverá declarar em sua proposta técnica os valores máximos garantidos para a corrente de excitação (expressa como um percentual da corrente nominal) e para as perdas em vazio (em kW).

As medições deverão ser realizadas aplicando-se tensão senoidal de frequência nominal nas derivações correspondentes a 95%, 100% e 110% da tensão nominal.

Critérios de Aceitação:

- Os valores de perdas em vazio e de corrente de excitação medidos em fábrica na tensão de 100% não deverão exceder os valores garantidos pelo fabricante, observadas as tolerâncias da ABNT NBR 5356-1.
- O valor da corrente de excitação medido em 110% da tensão nominal não deverá ser desproporcionalmente elevado em relação ao valor a 100%, atestando que o núcleo não opera próximo à saturação.
- Os valores da corrente de excitação medidos nas três fases deverão ser simétricos. O valor medido em qualquer uma das fases não deverá diferir em mais de 30% da média aritmética dos valores das três fases.

6.6 Valores Nominais e Características de Desempenho

6.6.1 Potência Nominal e Operação Contínua

- Potências Nominais:** O transformador deverá ter as seguintes potências nominais contínuas:
 - 25 MVA em regime de arrefecimento ONAN (Óleo Natural, Ar Natural).
 - 31,5 MVA em regime de arrefecimento ONAF (Óleo Natural, Ar Forçado).
- Capacidade em Toda a Faixa de Comutação (Potência Constante):** O transformador deverá ser projetado para fornecer continuamente as potências nominais acima em qualquer uma das posições do Comutador de Derivações Sob Carga (OLTC), desde a derivação de tensão mínima (117,3 kV) até a máxima (144,9 kV), sem que os limites de elevação de temperatura sejam excedidos.

6.6.2 Enrolamento Terciário

- Função:** O enrolamento terciário em Delta (Δ) deverá ser projetado para estabilização do neutro, supressão de harmônicos e para fornecimento de potência a cargas externas.
- Capacidade de Carga:** O enrolamento terciário deverá ser capaz de fornecer continuamente as seguintes potências:
 - 8 MVA quando o transformador operar em regime ONAN.

	DIVISÃO DE OBRAS E PROJETOS				STATUS ☐ PRELIMINAR ☐ PARA COTAÇÃO ☒ PARA INFORMAÇÃO ☐ PARA COMPRA ☐ PARA CONSTRUÇÃO
	TÍTULO: ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA: TRANSFORMADORES			DISCIPLINA: ELÉTRICA	
	PROJETO: PRÉDIO 600 – SUBESTAÇÃO ELÉTRICA			Nº DOC. (BUTANTAN): DI-00600-PE-EL-ET-0001	
	ELABORADO: WV	VERIFICADO: CRB	APROVADO: CRB	REVISÃO: 00	

- 10 MVA quando o transformador operar em regime ONAF.

- **Tensão Nominal do Terciário:** A tensão nominal em vazio do enrolamento terciário é de 13,2 kV.

6.6.3 Tensão Nominal

As tensões nominais em vazio, na derivação principal, são:

- Enrolamento Primário (AT): 138 / 88 kV
- Enrolamento Secundário I (MT): 13,2 kV
- Enrolamento Secundário II (MT): 13,2 kV
- Enrolamento Terciário (se carregado): 13,2 kV

6.6.4 Chave de Religação de Tensão (AT)"

O transformador deverá ser equipado com uma chave de religação externa, manual e operada sem tensão, para permitir a alteração da conexão do enrolamento de AT para operação em 138 kV ou 88 kV.

A chave deverá ser montada [na tampa superior / na lateral da cuba] e sua posição não deverá interferir no espaço da interface de conexão GIS (flange Óleo-SF6).

O dispositivo deverá possuir provisão para cadeado e uma placa de identificação clara, em aço inoxidável, indicando as posições '138 kV' e '88 kV'.

6.6.5 Impedância de Curto-Circuito

O fabricante deverá declarar e garantir os seguintes valores de impedância, referidos à temperatura de 85°C e frequência de 60 Hz:

Impedância Primário - Secundário (AT-MT): 14% na potência base de 25 MVA, na derivação nominal (138 kV).

O fabricante deverá informar em sua proposta os valores de impedância para as derivações extremas (máxima e mínima).

Tolerância: O valor medido no ensaio de rotina não deverá divergir do valor garantido além das tolerâncias permitidas pela ABNT NBR 5356-1 (normalmente $\pm 7,5\%$ para impedâncias $> 10\%$).

6.7 Elevação de Temperatura e Sistema de Isolação

6.7.1 Limites de Elevação de Temperatura

O projeto térmico do transformador e seu sistema de arrefecimento deverão garantir que, operando em qualquer uma das potências nominais, os seguintes limites de elevação de temperatura acima da temperatura ambiente (40 °C) não sejam excedidos, em conformidade com a ABNT NBR 5356-2:

- Elevação de Temperatura Média dos Enrolamentos: 65 °C

	DIVISÃO DE OBRAS E PROJETOS				STATUS ☐ PRELIMINAR ☐ PARA COTAÇÃO ☒ PARA INFORMAÇÃO ☐ PARA COMPRA ☐ PARA CONSTRUÇÃO
	TÍTULO: ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA: TRANSFORMADORES			DISCIPLINA: ELÉTRICA	
	PROJETO: PRÉDIO 600 – SUBESTAÇÃO ELÉTRICA			Nº DOC. (BUTANTAN): DI-00600-PE-EL-ET-0001	
	ELABORADO: WV	VERIFICADO: CRB	APROVADO: CRB	REVISÃO: 00	

- Elevação de Temperatura do Ponto Mais Quente (Hot-Spot): 80 °C
- Elevação de Temperatura do Topo do Óleo: 60 °C

6.7.2 Sistema de Isolação de Alta Performance

Para garantir a longevidade, a confiabilidade e a capacidade de suportar sobrecargas do equipamento, o sistema de isolamento dos enrolamentos deverá atender aos seguintes requisitos:

- O enrolamento sujeito ao maior estresse térmico (tipicamente o enrolamento de Média Tensão) deverá ser confeccionado com isolamento de papel aramida (tipo NOMEX®) em toda a sua extensão.
- Os demais enrolamentos deverão utilizar papel termicamente estabilizado (thermally upgraded paper).
- Este sistema de isolamento sólida deverá ser compatível com o líquido isolante especificado: Óleo Vegetal de Alto Ponto de Fulgor (tipo FR3).

6.7.3 Condições de Garantia Térmica

- Os limites de elevação de temperatura definidos no item 6.7.1 deverão ser rigorosamente atendidos com o transformador operando continuamente na potência nominal ONAF (31,5 MVA), em qualquer derivação (TAP) do Comutador de Derivações Sob Carga (OLTC).
- O núcleo e outras partes metálicas adjacentes aos enrolamentos não deverão atingir temperaturas que comprometam a vida útil da isolamento.
- A temperatura em qualquer ponto da superfície externa do tanque principal, em condições de operação normal, não deverá apresentar aquecimentos localizados que representem risco aos operadores ou indiquem problemas internos de circulação de correntes parasitas.

6.8 Tolerâncias

Salvo indicação contrária nesta especificação, os desvios entre os valores garantidos pelo fabricante e os valores obtidos nos ensaios de rotina não deverão exceder as tolerâncias estabelecidas na ABNT NBR 5356-1.

Os seguintes limites de tolerância são aplicáveis:

- Relação de Transformação: $\pm 0,5\%$ do valor declarado para cada derivação.
- Impedância de Curto-Circuito: $\pm 7,5\%$ sobre o valor garantido na derivação nominal.
- Corrente de Excitação: $+20\%$ sobre o valor garantido (nenhuma tolerância negativa é admitida).

Perdas:

- Perdas em Vazio (Perdas no Ferro): $+15\%$ sobre o valor garantido.
- Perdas em Carga (Perdas no Cobre): $+15\%$ sobre o valor garantido.
- Perdas Totais (Soma das perdas): $+10\%$ sobre o valor total garantido.

 FUNDAÇÃO BUTANTAN Gestão é uma ciência	DIVISÃO DE OBRAS E PROJETOS				STATUS ☐ PRELIMINAR ☐ PARA COTAÇÃO ☒ PARA INFORMAÇÃO ☐ PARA COMPRA ☐ PARA CONSTRUÇÃO
	TÍTULO: ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA: TRANSFORMADORES			DISCIPLINA: ELÉTRICA	
	PROJETO: PRÉDIO 600 – SUBESTAÇÃO ELÉTRICA			Nº DOC. (BUTANTAN): DI-00600-PE-EL-ET-0001	
	ELABORADO: WV	VERIFICADO: CRB	APROVADO: CRB	REVISÃO: 00	

6.9 Polaridade, Deslocamento Angular e Sequência de Fases

6.9.1 Polaridade

A polaridade de todos os enrolamentos será subtrativa, conforme padrão da ABNT NBR 5356 para transformadores de potência.

6.9.2 Deslocamento Angular

O deslocamento angular entre a tensão do enrolamento primário (AT) e as tensões dos enrolamentos secundários (MT) será de 0 (zero) graus. Esta condição é um requisito para o novo equipamento e está em conformidade com o grupo de ligação YNyn0 do transformador existente em operação.

6.9.3 Sequência de Fases e Marcação dos Terminais

- O grupo de ligação do novo transformador deverá ser YNyn0, idêntico ao do transformador a ser substituído, para garantir a total compatibilidade com o sistema elétrico existente.
- A sequência de fases do sistema (ex: A-B-C) é uma informação crítica para a segurança da instalação e operação. A verificação da sequência correta é de responsabilidade da Fundação Butantan, que deverá obtê-la a partir dos diagramas "as-built" da subestação ou por medição em campo no equipamento atual, antes de sua remoção.
- A Fundação Butantan deverá informar formalmente ao Fabricante a sequência de fases do sistema. A placa de identificação do novo transformador e todos os diagramas de ligação deverão indicar de forma clara e inequívoca a correspondência entre os terminais do equipamento (H1, H2, H3 para AT; X1, X2, X3 para MT) e a sequência de fases confirmada, garantindo uma interligação correta e segura.

6.10 Proteção por Para-Raios

O transformador será protegido contra surtos atmosféricos e de manobra por para-raios de Óxido de Zinco (ZnO), tipo estação, a serem instalados no pátio da subestação.

O Fornecimento dos para-raios e de suas estruturas de montagem não faz parte do escopo de fornecimento do transformador.

O projeto de isolamento do transformador e os Níveis Básicos de Impulso (NBI) especificados nesta documentação e na Folha de Dados são adequados e coordenados para a proteção a ser realizada por estes para-raios externos, garantindo uma margem de proteção segura conforme as normas ABNT aplicáveis. Os NBI nominais são:

- Enrolamento de AT (138 kV): 550 kV
- Enrolamentos de MT e Terciário (13,2 kV): 110 kV

6.11 Equipamento de Resfriamento Forçado

O sistema de resfriamento deverá ser projetado para garantir que o transformador atenda às suas potências nominais de 25 MVA (ONAN) e 31,5 MVA (ONAF) sem exceder os limites de elevação de temperatura especificados neste documento.

O estágio de resfriamento forçado (ONAF) será composto por um conjunto de motoventiladores, cujo

 FUNDAÇÃO BUTANTAN Gestão é uma ciência	DIVISÃO DE OBRAS E PROJETOS				STATUS ☐ PRELIMINAR ☐ PARA COTAÇÃO ☒ PARA INFORMAÇÃO ☐ PARA COMPRA ☐ PARA CONSTRUÇÃO
	TÍTULO:			DISCIPLINA:	
	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA: TRANSFORMADORES			ELÉTRICA	
	PROJETO:			Nº DOC. (BUTANTAN):	
PRÉDIO 600 – SUBESTAÇÃO ELÉTRICA			DI-00600-PE-EL-ET-0001		
ELABORADO:	VERIFICADO:	APROVADO:	REVISÃO:	Nº DOC. (FORNECEDOR):	
WV	CRB	CRB	00	-	

acionamento será automático, comandado pelos indicadores de temperatura do óleo e dos enrolamentos. O fornecimento do painel de controle e de todos os acessórios necessários para a operação automática está incluído.

As diretrizes para operação do transformador com capacidade reduzida, caso parte do sistema de resfriamento esteja fora de serviço, deverão seguir as recomendações da norma ABNT NBR 7277 - Guia para carregamento de transformadores de potência.

6.12 Capacidade de Sobrecarga

O transformador e todos os seus acessórios (buchas, comutador, TCs de bucha, etc.) deverão ser projetados para suportar regimes de sobrecarga de curta duração, conforme as diretrizes e os limites estabelecidos na norma ABNT NBR 7277 - Guia para carregamento de transformadores de potência.

O projeto do transformador, por utilizar um sistema de isolamento de alta performance composto por Líquido Isolante Vegetal (FR3) e isolamento de papel aramida (NOMEX®), permite uma capacidade de sobrecarga superior à de um transformador com isolamento convencional.

O fabricante deverá fornecer, como parte da documentação técnica final a ser aprovada, as curvas e tabelas de capacidade de sobrecarga para o equipamento. Esta documentação deverá indicar claramente a perda de vida útil relativa para diferentes cenários de carregamento, conforme metodologia da ABNT NBR 7277.

6.13 Condições Gerais de Operação

O transformador deverá ser projetado para operar de forma contínua e segura sob as condições de serviço nominais, em conformidade com todos os requisitos estabelecidos na norma ABNT NBR 5356 - Transformadores de Potência.

Conforme já detalhado no item 1.6 - Valores Nominais e Características de Desempenho, o transformador deverá ser capaz de fornecer sua potência nominal em qualquer uma das posições do comutador de derivações.

O projeto deverá permitir que a energização do transformador seja realizada sem restrições tanto pelo enrolamento primário (AT) quanto pelos enrolamentos secundários (MT).

6.14 Operação em Condições de Tensão Não-Nominal

Conforme as diretrizes da ABNT NBR 5356, o transformador deverá ser projetado para operar continuamente e de forma segura quando submetido a variações de tensão em seus terminais.

Operação em Sobretensão Contínua: O transformador deverá ser capaz de operar continuamente em qualquer tensão até a "Tensão Máxima do Equipamento" (145 kV na AT e 15 kV na MT), conforme definido na Folha de Dados, sem exceder os limites de elevação de temperatura especificados.

Operação em Vazio com Sobretensão (Sobre-excitação): O transformador deverá ser capaz de operar em vazio

 FUNDAÇÃO BUTANTAN Gestão é uma ciência	DIVISÃO DE OBRAS E PROJETOS				STATUS ☐ PRELIMINAR ☐ PARA COTAÇÃO ☒ PARA INFORMAÇÃO ☐ PARA COMPRA ☐ PARA CONSTRUÇÃO
	TÍTULO: ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA: TRANSFORMADORES			DISCIPLINA: ELÉTRICA	
	PROJETO: PRÉDIO 600 – SUBESTAÇÃO ELÉTRICA			Nº DOC. (BUTANTAN): DI-00600-PE-EL-ET-0001	
	ELABORADO: WV	VERIFICADO: CRB	APROVADO: CRB	REVISÃO: 00	

(sem carga) com uma tensão aplicada de 110% da tensão nominal em qualquer derivação, por longos períodos, sem que isso cause sobreaquecimento prejudicial ao núcleo ou a outras partes ativas.

A capacidade de operar continuamente com potência nominal em qualquer derivação, incluindo as de tensão mínima, já é um requisito estabelecido no item 1.6 desta especificação e não deve implicar em nenhuma penalidade ou redução nos limites de elevação de temperatura.

7 Requisitos Construtivos

7.1 Arranjo Geral, Dimensões e Processo de Definição de Interfaces

Contexto do Projeto: A Fundação Butantan informa que este transformador está sendo adquirido, antes da conclusão do projeto executivo da nova subestação isolada a gás (GIS) onde será instalado.

Proposta de Arranjo pelo Fabricante: O fabricante deverá propor, em sua proposta técnica, um arranjo dimensional otimizado e padrão para um transformador com as características elétricas aqui especificadas. Este arranjo proposto será utilizado pelo Fundação Butantan como base de referência para o desenvolvimento do projeto da subestação GIS.

7.1.1 Conteúdo Mínimo dos Desenhos para Aprovação:

Os desenhos a serem submetidos pelo fabricante deverão indicar, no mínimo:

- Vista de todas as elevações com dimensões totais (comprimento, largura, altura de transporte e altura final montado).
- Detalhe da localização, altura e projeção de todos os terminais (buchas) de AT, MT e Terciário.
- Localização e identificação de todos os acessórios, válvulas e dispositivos.
- Detalhes dos pontos de içamento, arraste e posicionamento das bases/rodas.
- Pesos detalhados (peso de transporte, peso do óleo, peso total).

7.2 Tanque Principal e Tampa

O tanque principal e a tampa deverão ser construídos em chapa de aço-carbono, com estrutura reforçada para suportar, sem deformações permanentes:

- Os esforços mecânicos de transporte, içamento e instalação.
- A pressão estática e dinâmica do líquido isolante em todas as condições de operação.
- A aplicação de vácuo pleno para tratamento do óleo.
- Uma sobrepressão de gás de 0,5 kgf/cm² (aprox. 50 kPa) por 24 horas, sem vazamentos.

A tampa deverá ser do tipo aparafusada ao tanque, utilizando uma junta de vedação de material composto (ex: cortiça-borracha nitrílica), garantindo total estanqueidade. O uso de juntas feitas somente de cortiça ou somente de neoprene não será permitido.

A tampa deverá possuir aberturas de inspeção (visitas) com dimensões adequadas para permitir o acesso e a manutenção de componentes internos, como as conexões dos enrolamentos e do comutador, sem a

 FUNDAÇÃO BUTANTAN Gestão é uma ciência	DIVISÃO DE OBRAS E PROJETOS				STATUS ☐ PRELIMINAR ☐ PARA COTAÇÃO ☒ PARA INFORMAÇÃO ☐ PARA COMPRA ☐ PARA CONSTRUÇÃO
	TÍTULO:			DISCIPLINA:	
	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA: TRANSFORMADORES			ELÉTRICA	
	PROJETO:			Nº DOC. (BUTANTAN):	
PRÉDIO 600 – SUBESTAÇÃO ELÉTRICA			DI-00600-PE-EL-ET-0001		
ELABORADO:	VERIFICADO:	APROVADO:	REVISÃO:	Nº DOC. (FORNECEDOR):	
WV	CRB	CRB	00	-	

necessidade de remover a tampa principal ou as buchas.

Para a fixação de buchas e outros componentes pesados na tampa, deverão ser utilizados estojos (prisoneiros) removíveis. A utilização de parafusos soldados diretamente na tampa para esta finalidade não será aceita.

Caso a tampa possua superfícies inclinadas, estas deverão ser providas de um perfil antiderrapante (saia soldada) para garantir a segurança do pessoal de manutenção.

7.2.1 Conservador de Óleo e Sistema de Selagem

O transformador deverá ser equipado com um conservador de óleo para o tanque principal, projetado para compensar a expansão térmica do líquido isolante. O comutador sob carga utilizará o mesmo sistema, não sendo necessário um conservador separado.

O conservador deverá ser equipado com uma membrana ou bolsa de borracha sintética para isolar completamente o óleo do contato com a atmosfera. A membrana deverá atender às seguintes especificações detalhadas:

- Composição: Três camadas (Neoprene para contato com o ar, trama de poliamida intermediária e borracha nitrílica (Buna-N) para contato com o óleo).
- Compatibilidade: O material não deverá contaminar o líquido isolante, conforme ASTM D3455.
- Características Mecânicas: A membrana final deverá possuir espessura nominal de 1,80 mm (+0,25/-0,00 mm), resistência ao rasgamento > 200 kgf/cm e resistência à ruptura > 600 kgf/cm².

O conservador deverá ser equipado com os seguintes acessórios:

- Indicador de nível de óleo magnético com contatos para alarme.
- Válvula de dreno e enchimento.
- Um desumidificador de ar (secador de sílica-gel) com sistema selado, instalado no respiro da bolsa.

A tubulação entre o tanque principal e o conservador deverá possuir flanges e uma válvula de bloqueio manual, posicionada antes do relé de gás (Buchholz).

7.2.2 Acessórios Construtivos e de Segurança

Válvula de Alívio de Pressão Súbita: O transformador deverá ser provido de uma válvula de alívio de pressão súbita (dispositivo antigamente conhecido como coluna de explosão ou telescópica), com contatos para desligamento (trip), para proteção contra sobrepressões internas resultantes de faltas.

Escada de Acesso: Deverá ser fornecida uma escada de acesso permanente à tampa do transformador, fabricada em material resistente à corrosão e equipada com um dispositivo de bloqueio (cadeado) em sua base para impedir o acesso de pessoal não autorizado.

Ferragens e Parafusos: Todas as porcas, parafusos, arruelas e ferragens externas deverão ser de aço inoxidável ou de aço-carbono com tratamento de galvanização a quente.

 FUNDAÇÃO BUTANTAN Gestão é uma ciência	DIVISÃO DE OBRAS E PROJETOS				STATUS ☐ PRELIMINAR ☐ PARA COTAÇÃO ☒ PARA INFORMAÇÃO ☐ PARA COMPRA ☐ PARA CONSTRUÇÃO
	TÍTULO:			DISCIPLINA:	
	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA: TRANSFORMADORES			ELÉTRICA	
	PROJETO:			Nº DOC. (BUTANTAN):	
PRÉDIO 600 – SUBESTAÇÃO ELÉTRICA			DI-00600-PE-EL-ET-0001		
ELABORADO:	VERIFICADO:	APROVADO:	REVISÃO:	Nº DOC. (FORNECEDOR):	
WV	CRB	CRB	00	-	

Aterramento: O tanque deverá ser provido de dois terminais de aterramento em lados opostos, fabricados em cobre ou aço inoxidável. Cada terminal deverá ser fornecido com um conector de compressão adequado para cabo de cobre nu com seção de 240 mm².

Marcações Permanentes no Tanque:

- O número de série do equipamento deverá ser estampado em baixo relevo no tanque, próximo à válvula de dreno principal.
- As localizações dos centros de gravidade (com e sem óleo) deverão ser marcadas de forma visível em duas faces adjacentes do tanque.

7.3 Dispositivos para Movimentação, Içamento e Montagem

Base para Movimentação: A base do tanque deverá ser projetada para permitir a movimentação segura do transformador. Deverá incluir, no mínimo:

- Estrutura reforçada para permitir o arrasto (skidding) do transformador sobre superfícies planas.
- Olhais de puxamento robustos em ambas as extremidades.
- Apoios para macacos hidráulicos (pontos de macaqueamento), claramente identificados e projetados para suportar o peso total do equipamento, localizados a uma altura aproximada de 40 cm do solo.
- O fabricante deverá indicar nos desenhos dimensionais a localização exata e a capacidade de carga de todos os pontos de puxamento e macaqueamento.

Dispositivos para Içamento: O transformador deverá ser provido de olhais e dispositivos adequados para o içamento seguro das seguintes partes:

- Olhais na tampa para o içamento do transformador completo, considerando seu peso de transporte.
- Olhais na parte ativa (conjunto núcleo-bobinas) que permitam seu manuseio seguro durante a montagem e eventuais reparos.
- Olhais na tampa para sua remoção separada.
- Componentes pesados, como buchas e radiadores, deverão possuir seus próprios pontos de içamento para facilitar a montagem e desmontagem.

Desmontagem para Manutenção (Destanqueamento): O projeto do conjunto tanque-parte ativa deverá permitir a desmontagem para inspeções e reparos. O método preferencial a ser previsto no projeto é o destanqueamento através do içamento do tanque, mantendo-se a parte ativa apoiada sobre a base inferior.

7.4 Válvulas, Gaxetas e Conexões para Manuseio do Óleo

7.4.1 Requisitos Gerais para Válvulas e Gaxetas

Todas as válvulas deverão ser do tipo bloqueio total, fabricadas em material resistente à corrosão e projetadas para operar com óleo quente sem apresentar vazamentos.

As juntas de vedação (gaxetas) utilizadas em flanges e aberturas abaixo do nível do óleo deverão ser de material composto (ex: cortiça-borracha nitrílica), resistente à ação do líquido isolante quente. O uso de gaxetas feitas somente de cortiça não será permitido.

 FUNDAÇÃO BUTANTAN Gestão é uma ciência	DIVISÃO DE OBRAS E PROJETOS				STATUS ☐ PRELIMINAR ☐ PARA COTAÇÃO ☒ PARA INFORMAÇÃO ☐ PARA COMPRA ☐ PARA CONSTRUÇÃO
	TÍTULO:			DISCIPLINA:	
	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA: TRANSFORMADORES			ELÉTRICA	
	PROJETO:			Nº DOC. (BUTANTAN):	
PRÉDIO 600 – SUBESTAÇÃO ELÉTRICA			DI-00600-PE-EL-ET-0001		
ELABORADO:	VERIFICADO:	APROVADO:	REVISÃO:	Nº DOC. (FORNECEDOR):	
WV	CRB	CRB	00	-	

Todas as juntas flangeadas deverão ser projetadas com limitadores de compressão (retentores) para evitar o esmagamento e a extrusão das gaxetas, garantindo uma vedação duradoura.

7.4.2 Fornecimento de Gaxetas para Montagem em Campo

O fabricante deverá fornecer, sem ônus adicional para a FUNDAÇÃO BUTANTAN, um conjunto completo de gaxetas novas para todas as juntas e flanges que precisarem ser abertas e refeitas durante a montagem final do transformador em campo (ex: flanges dos radiadores, buchas, etc.).

Este fornecimento é independente do lote de sobressalentes que possa ser adquirido separadamente.

7.4.3 Lista de Válvulas e Conexões Mínimas

O transformador deverá ser equipado, no mínimo, com as seguintes válvulas e conexões:

- Válvula de Dreno e Enchimento Inferior: Localizada no ponto mais baixo do tanque, com flange, para permitir a drenagem completa.
- Válvula de Amostragem de Óleo: Próxima ao dreno inferior, para coleta de amostras representativas.
- Válvulas de Bloqueio dos Radiadores: Cada radiador ou banco de radiadores deverá ser conectado ao tanque através de válvulas de bloqueio tipo borboleta, tanto na parte superior quanto na inferior, para permitir seu isolamento e remoção sem a necessidade de drenar o tanque principal.
- Conexões para Tratamento do Óleo: O tanque deverá possuir válvulas superiores e inferiores, em lados opostos, para a conexão de equipamento de tratamento de óleo (termo-vácuo), permitindo a circulação de todo o volume de líquido isolante.
- Conexão para Vácuo: Uma conexão adequada na parte superior da tampa ou do tanque para a conexão de uma bomba de vácuo de grande capacidade.
- Válvulas de Dreno do Conservador: Válvula de dreno no conservador principal.

7.5 Radiadores e Sistema de Arrefecimento

O sistema de arrefecimento do transformador será composto por bancos de radiadores de chapas de aço estampado, do tipo removível, para facilitar o transporte e a manutenção.

Cada banco de radiadores deverá ser conectado ao tanque principal através de válvulas de bloqueio (tipo borboleta), tanto no coletor superior quanto no inferior. As conexões deverão ser feitas por meio de flanges para permitir a remoção de um banco de radiadores sem a necessidade de drenar o óleo do tanque principal.

Cada radiador individual deverá ser provido de:

- Olhais para içamento seguro.
- Bujão para dreno na parte inferior.
- Bujão para respiro (ventilação) na parte superior.

O projeto construtivo dos radiadores deverá garantir:

- Acessibilidade para inspeção visual, limpeza e pintura de todas as superfícies.
- Drenagem completa do óleo, sem a formação de bolsões de ar durante o enchimento.
- Ausência de pontos que permitam o acúmulo de água da chuva.

 FUNDAÇÃO BUTANTAN Gestão é uma ciência	DIVISÃO DE OBRAS E PROJETOS				STATUS ☐ PRELIMINAR ☐ PARA COTAÇÃO ☒ PARA INFORMAÇÃO ☐ PARA COMPRA ☐ PARA CONSTRUÇÃO
	TÍTULO:			DISCIPLINA:	
	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA: TRANSFORMADORES			ELÉTRICA	
	PROJETO:			Nº DOC. (BUTANTAN):	
PRÉDIO 600 – SUBESTAÇÃO ELÉTRICA			DI-00600-PE-EL-ET-0001		
ELABORADO:	VERIFICADO:	APROVADO:	REVISÃO:	Nº DOC. (FORNECEDOR):	
WV	CRB	CRB	00	-	

- d) Suportabilidade às mesmas condições de vácuo pleno e sobrepressão especificadas para o tanque principal

7.6 Enrolamentos: Requisitos Construtivos e de Processo

7.6.1 Projeto Mecânico e Suportabilidade a Curtos-Circuitos

- O projeto e a construção dos enrolamentos deverão garantir a suportabilidade aos esforços mecânicos (dinâmicos) e térmicos resultantes de curtos-circuitos externos, em conformidade com a ABNT NBR 5356-5 e conforme já estabelecido anteriormente nesta especificação.
- Todos os cabos e derivações que conectam os enrolamentos às buchas e ao comutador deverão ser rigidamente fixados e suportados para prevenir danos por vibração durante a operação ou por esforços de curto-circuito.

7.6.2 Sistema de Isolação

- O sistema de isolação dos enrolamentos deverá seguir os requisitos de alta performance definidos anteriormente nesta especificação, utilizando papel aramida (NOMEX®) no enrolamento de maior estresse térmico e papel termicamente estabilizado nos demais.
- A aplicação de verniz nas bobinas será limitada a uma única camada, com a finalidade exclusiva de aumentar a coesão mecânica e a rigidez do conjunto, não sendo considerada para fins de melhoria das propriedades dielétricas da isolação.

7.6.3 Processo de Secagem e Impregnação

- Após a montagem completa da parte ativa (conjunto núcleo-bobinas), esta deverá ser submetida a um rigoroso processo de secagem em estufa a vácuo (processo "vapor-phase" ou similar de alta eficiência) para garantir a remoção completa da umidade da isolação sólida.
- Imediatamente após a conclusão do ciclo de secagem, a parte ativa deverá ser impregnada com o líquido isolante sob vácuo pleno, dentro do próprio tanque ou em autoclave apropriada.
- Em nenhuma hipótese a parte ativa deverá ser exposta à atmosfera após o processo de secagem e impregnação, para evitar a reabsorção de umidade.

7.7 Núcleo Magnético

O núcleo deverá ser construído com chapas de aço-silício de grão orientado (GO), laminadas a frio, de alta permeabilidade e baixas perdas específicas, para garantir a eficiência do transformador e o atendimento aos valores de perdas em vazio garantidos.

As chapas do núcleo deverão possuir um tratamento superficial isolante (ex: "carlite"), resistente à ação do líquido isolante quente, e deverão ser cortadas e montadas de forma a estarem livres de rebarbas ou bordas afiadas que possam causar descargas parciais.

7.7.1 Aterramento do Núcleo:

- O núcleo magnético e suas partes metálicas de fixação (jugas, ferragens, etc.) deverão ser aterrados ao tanque em um único ponto.
- Esta conexão de aterramento deverá ser feita através de um terminal interno, conectado a uma bucha de passagem exclusiva para este fim.

	DIVISÃO DE OBRAS E PROJETOS				STATUS ☐ PRELIMINAR ☐ PARA COTAÇÃO ☒ PARA INFORMAÇÃO ☐ PARA COMPRA ☐ PARA CONSTRUÇÃO
	TÍTULO: ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA: TRANSFORMADORES			DISCIPLINA: ELÉTRICA	
	PROJETO: PRÉDIO 600 – SUBESTAÇÃO ELÉTRICA			Nº DOC. (BUTANTAN): DI-00600-PE-EL-ET-0001	
	ELABORADO: WV	VERIFICADO: CRB	APROVADO: CRB	REVISÃO: 00	

- c) O terminal externo desta bucha de passagem deverá estar localizado dentro de uma caixa de terminais acessível, na parede do tanque. Nesta caixa, a conexão final de aterramento ao tanque será realizada por meio de um elo removível.
- d) O objetivo deste arranjo é permitir a medição da isolamento do núcleo em relação ao tanque de forma fácil e segura, sem a necessidade de abrir o transformador ou drenar o óleo.

7.8 Conexões Externas Terminais

7.8.1 Tipo de Interface:

O transformador será conectado a uma Subestação Isolada a Gás (GIS) através de dutos blindados em SF6. O projeto detalhado do transformador, especificamente a sua interface de conexão de Alta Tensão (flange/garganta), deverá ser coordenado e submetido à aprovação do fornecedor do GIS, que será definido pelo Contratante.

7.8.2 Escopo de Fornecimento do Fabricante do Transformador:

O escopo de fornecimento **não** incluirá a bucha de passagem (terminação Óleo-SF6). Esta terminação e o duto de interligação até a flange do transformador serão fornecidos pelo fabricante do GIS.

O fornecedor do transformador deverá projetar e fornecer a cuba com a garganta (flange de acoplamento) adequada para receber a terminação Óleo-SF6 do fornecedor do GIS. O projeto desta flange será definido em conjunto com o fornecedor do GIS

7.8.3 Documentação para Coordenação:

O fabricante do transformador deverá fornecer, em tempo hábil, todos os desenhos dimensionais, detalhes da flange, especificações de torque, limites de esforços mecânicos (estáticos e dinâmicos, incluindo sísmicos) e quaisquer outras informações necessárias para que o fornecedor do GIS projete o duto de interligação..

Estes desenhos deverão indicar todas as dimensões, furações e tolerâncias do terminal palheta, para permitir que a FUNDAÇÃO BUTANTAN e o futuro fornecedor da GIS projetem o sistema de conexão correspondente.

7.9 Placas de Identificação

O transformador deverá ser provido de uma placa de identificação principal, fabricada em material resistente à corrosão (aço inoxidável), com todas as inscrições gravadas de forma legível e indelével. A placa deverá ser instalada em local visível e acessível no tanque principal.

A placa de identificação deverá conter, no mínimo, as seguintes informações, organizadas de forma clara:

Informações Gerais:

- Nome do Fabricante
- Tipo de Equipamento (ex: Transformador de Potência Trifásico)
- Número de Série do Fabricante
- Ano de Fabricação
- Norma de Fabricação Principal (ABNT NBR 5356)

 FUNDAÇÃO BUTANTAN Gestão é uma ciência	DIVISÃO DE OBRAS E PROJETOS				STATUS ☐ PRELIMINAR ☐ PARA COTAÇÃO ☒ PARA INFORMAÇÃO ☐ PARA COMPRA ☐ PARA CONSTRUÇÃO
	TÍTULO:			DISCIPLINA:	
	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA: TRANSFORMADORES			ELÉTRICA	
	PROJETO:			Nº DOC. (BUTANTAN):	
PRÉDIO 600 – SUBESTAÇÃO ELÉTRICA			DI-00600-PE-EL-ET-0001		
ELABORADO:	VERIFICADO:	APROVADO:	REVISÃO:	Nº DOC. (FORNECEDOR):	
WV	CRB	CRB	00	-	

Dados Elétricos Nominais:

- Número de Fases: 3
- Frequência Nominal: 60 Hz
- Potências Nominais: 25 MVA (ONAN) / 31,5 MVA (ONAF)
- Tensões Nominais de cada Enrolamento (AT, MT I, MT II, Terciário)
- Correntes Nominais de cada Enrolamento
- Diagrama Fasorial e Grupo de Ligação (YNyn0d)
- Polaridade: Subtrativa
- Níveis de Isolação (NBI) para cada terminal (ex: AT: 550 kV)

Dados de Desempenho:

- Impedâncias Percentuais (ex: Z% AT-MT) na derivação nominal, referidas à potência base de 25 MVA e temperatura de 85 °C.
- Perdas em Vazio (kW)
- Perdas em Carga (kW) nos estágios ONAN e ONAF
- Corrente de Excitação (%) na tensão nominal
- Elevações de Temperatura (Topo do Óleo / Enrolamentos) em °C

Informações Construtivas e de Manuseio:

- Tipo de Líquido Isolante (Óleo Vegetal de Alto Ponto de Fulgor - FR3)
- Volume Total de Óleo (Litros)
- Peso do Núcleo e Enrolamentos (kg)
- Peso do Tanque e Acessórios (kg)
- Peso Total do Óleo (kg)
- Peso de Transporte (kg)
- Peso Total Montado (kg)
- Pressão e Vácuo Máximos suportados pelo tanque
- Esquema de ligações do comutador de derivações, mostrando a tensão de cada posição.

Dados de Acessórios:

- Relação de Transformação, Classe de Exatidão e Potência dos Transformadores de Corrente (TCs) de bucha.

Além da placa principal, deverão ser fornecidas placas auxiliares próximas aos respectivos dispositivos, como no painel de controle do comutador e nos pontos de içamento, indicando as instruções de operação e as capacidades de carga.

7.10 Desenhos, Soldagem e Controle de Qualidade da Fabricação

7.10.1 Requisitos para Desenhos Técnicos

- O fabricante deverá submeter, para aprovação da FUNDAÇÃO BUTANTAN, todos os desenhos de arranjo geral, de conjunto, de detalhe e fluxogramas necessários para a completa fabricação e montagem do transformador.
- Os desenhos deverão ser completos, utilizando o primeiro diedro de projeção, e deverão conter todas

 FUNDAÇÃO BUTANTAN Gestão é uma ciência	DIVISÃO DE OBRAS E PROJETOS				STATUS ☐ PRELIMINAR ☐ PARA COTAÇÃO ☒ PARA INFORMAÇÃO ☐ PARA COMPRA ☐ PARA CONSTRUÇÃO
	TÍTULO:			DISCIPLINA:	
	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA: TRANSFORMADORES			ELÉTRICA	
	PROJETO:			Nº DOC. (BUTANTAN):	
PRÉDIO 600 – SUBESTAÇÃO ELÉTRICA			DI-00600-PE-EL-ET-0001		
ELABORADO:	VERIFICADO:	APROVADO:	REVISÃO:	Nº DOC. (FORNECEDOR):	
WV	CRB	CRB	00	-	

as cotas, tolerâncias dimensionais e angulares (conforme ABNT NBR 6158), rugosidade de superfícies (conforme ANSI B 46.1), torques de aperto para parafusos, tratamentos térmicos e tratamentos de superfície.

- c) Todas as juntas soldadas deverão ser indicadas nos desenhos com simbologia completa (conforme NBR 5874), especificando a geometria do chanfro e o processo de soldagem.

7.10.2 Qualificação de Procedimentos e Pessoal de Soldagem

- a) Todos os processos de soldagem deverão ser qualificados conforme o código ASME, Seção IX.
- b) Todos os soldadores e operadores de soldagem deverão ser qualificados de acordo com o código ASME, Seção IX, para os processos e posições em que irão trabalhar.

7.10.3 Projeto e Execução de Juntas Soldadas

- a) Todas as juntas soldadas de vedação (estanques) do tanque principal deverão ser de penetração total, projetadas com chanfros conforme o código ASME, Seção VIII.
- b) Salvo impossibilidade de acesso, as soldas de vedação deverão ser executadas com filetes internos e externos.
- c) Nenhuma solda de vedação deverá interferir com soldas estruturais. Cruzamentos deverão ser evitados ou tratados com rasgos de passagem adequados.

7.10.4 Plano de Inspeção e Controle da Qualidade (PICQ)

- a) O fabricante deverá elaborar e submeter à aprovação da FUNDAÇÃO BUTANTAN um Plano de Inspeção e Controle da Qualidade (PICQ) detalhado. Este plano deverá cobrir todas as etapas da fabricação, desde o recebimento da matéria-prima até os ensaios finais.
- b) O PICQ deverá prever os pontos de parada, testemunho e verificação documental para a fiscalização da FUNDAÇÃO BUTANTAN.
- c) Todos os ensaios e inspeções deverão ser executados por pessoal qualificado e certificado (ex: Inspetor de Solda Nível II, Inspetor de LP/US Nível II).

7.10.5 Inspeção de Juntas Soldadas

A inspeção das juntas soldadas, conforme detalhado no PICQ, deverá incluir, no mínimo:

- a) Rastreabilidade: Controle de matéria-prima (chapas, consumíveis) e identificação das soldas por soldador (sinete).
- b) Antes da Soldagem: Inspeção visual e dimensional de 100% das juntas preparadas (chanfros).
- c) Após a Soldagem:
- **Juntas de Penetração Total:** Inspeção visual de 100%, ensaio por Líquido Penetrante (LP) em 100% e ensaio por Ultrassom (US) em 100%.
 - **Outras Juntas:** Inspeção visual de 100% e ensaio por Líquido Penetrante (LP) em 100%.
- d) Todos os resultados deverão ser registrados em relatórios e apresentados à fiscalização da FUNDAÇÃO BUTANTAN.

 FUNDAÇÃO BUTANTAN Gestão é uma ciência	DIVISÃO DE OBRAS E PROJETOS				STATUS ☐ PRELIMINAR ☐ PARA COTAÇÃO ☒ PARA INFORMAÇÃO ☐ PARA COMPRA ☐ PARA CONSTRUÇÃO
	TÍTULO:			DISCIPLINA:	
	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA: TRANSFORMADORES			ELÉTRICA	
	PROJETO:			Nº DOC. (BUTANTAN):	
PRÉDIO 600 – SUBESTAÇÃO ELÉTRICA			DI-00600-PE-EL-ET-0001		
ELABORADO:	VERIFICADO:	APROVADO:	REVISÃO:	Nº DOC. (FORNECEDOR):	
WV	CRB	CRB	00	-	

7.10.6 Critérios de Aceitação para Ensaio por Líquido Penetrante (LP)

- O procedimento para a execução do ensaio por Líquido Penetrante (LP) deverá seguir os requisitos do código ASME Seção V, Artigo 6. O pessoal responsável pela execução e avaliação do ensaio deverá ser qualificado e certificado.
- Critério de Aceitação Principal: Para todas as soldas de vedação (estanques), soldas em olhais de içamento, apoios de macaco e outras soldas estruturais críticas, o critério de aceitação será o de ausência total de indicações. Não será aceito nenhum tipo ou tamanho de descontinuidade superficial detectável pelo método.
- Critério de Referência (ASME Seção VIII): Como referência mínima, e para áreas não críticas que possam ser acordadas entre FUNDAÇÃO BUTANTAN e Fabricante, os critérios de aceitação do código ASME Seção VIII, Apêndice 8, são aplicáveis. Estes critérios definem como relevantes as indicações com dimensão principal maior que 1,6 mm e inaceitáveis as seguintes condições:
 - Indicações lineares relevantes.
 - Indicações arredondadas relevantes maiores que 4,8 mm.
 - Quatro ou mais indicações arredondadas relevantes alinhadas.
- Para todos os efeitos contratuais, o critério principal de ausência de indicações (item b) prevalecerá sobre os critérios de referência para as áreas críticas especificadas.

7.10.7 Ensaio por Ultrassom (US)

Critérios de Aceitação para Ensaio por Ultrassom (US)

- O procedimento para a execução do ensaio por Ultrassom (US) deverá seguir os requisitos do código ASME Seção V, Artigo 5. O pessoal responsável pela execução e avaliação do ensaio deverá ser qualificado e certificado.
- Critério de Aceitação Principal: Para todas as soldas de vedação (estanques) de penetração total, o critério de aceitação será o de ausência total de descontinuidades internas detectáveis pelo método. Não será aceito nenhum tipo ou tamanho de defeito, como trincas, falta de fusão, falta de penetração, inclusões de escória ou porosidade.
- Critério de Referência (ASME Seção VIII): Como referência mínima, os critérios de aceitação do código ASME Seção VIII, Apêndice 12, são aplicáveis. Estes critérios detalham a rejeição de imperfeições baseada na amplitude da resposta do eco e no comprimento da descontinuidade, rejeitando incondicionalmente qualquer indicação caracterizada como trinca, falta de fusão ou falta de penetração.
- Para todos os efeitos contratuais, o critério principal de ausência de descontinuidades (item b) prevalecerá sobre os critérios de referência para as soldas de vedação do tanque.
- Os relatórios de ensaio por Ultrassom deverão ser completos, incluindo um mapeamento (croqui) da solda inspecionada, a identificação precisa da localização de qualquer indicação relevante e os parâmetros de calibração utilizados.

7.10.8 Ensaio de Estanqueidade (Teste de Vazamento)

- O PICQ deverá prever a realização de um ensaio de estanqueidade no tanque principal e nos radiadores, após a conclusão de todos os serviços de soldagem e antes do início do tratamento de superfície e pintura.
- Método de Ensaio: O ensaio deverá ser do tipo pneumático, utilizando-se ar ou nitrogênio seco pressurizado. Não será permitida a utilização de água ou qualquer outro líquido para este ensaio, a fim

 FUNDAÇÃO BUTANTAN Gestão é uma ciência	DIVISÃO DE OBRAS E PROJETOS				STATUS ☐ PRELIMINAR ☐ PARA COTAÇÃO ☒ PARA INFORMAÇÃO ☐ PARA COMPRA ☐ PARA CONSTRUÇÃO
	TÍTULO:			DISCIPLINA:	
	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA: TRANSFORMADORES			ELÉTRICA	
	PROJETO:			Nº DOC. (BUTANTAN):	
PRÉDIO 600 – SUBESTAÇÃO ELÉTRICA			DI-00600-PE-EL-ET-0001		
ELABORADO:	VERIFICADO:	APROVADO:	REVISÃO:	Nº DOC. (FORNECEDOR):	
WV	CRB	CRB	00	-	

de evitar qualquer risco de contaminação interna do tanque.

- c) Execução e Duração: O tanque deverá ser pressurizado a uma pressão manométrica de 35 kPa (aproximadamente 0,35 kgf/cm² ou 5 psi) e mantido nesta condição por um período mínimo de 24 horas.
- d) Inspeção e Critério de Aceitação: Durante o período de ensaio, todas as juntas soldadas e vedações mecânicas deverão ser inspecionadas com uma solução de água e sabão. O critério de aceitação é:
 - Ausência total de vazamentos (não devem ser observadas bolhas).
 - Ausência de queda de pressão (corrigida por eventuais variações na temperatura ambiente) ao final do período de 24 horas.

7.10.9 Documentação da Qualidade e "Data Book"

Ao final do processo de fabricação e inspeção, o fabricante deverá compilar e fornecer um "Data Book" completo para a análise e aprovação final da FUNDAÇÃO BUTANTAN.

Toda a documentação contida no "Data Book" deverá ser rastreável ao equipamento fornecido (via número de série) e deverá conter a identificação e aprovação dos responsáveis técnicos do fabricante.

O "Data Book" de fabricação deverá conter, no mínimo, os seguintes documentos:

- a) Certificados de Qualidade da Matéria-Prima: Certificados de todas as chapas de aço, perfis e outros materiais estruturais utilizados.
- b) Registros de Qualificação de Soldagem:
 - Especificação de Procedimento de Soldagem (EPS) aprovada.
 - Registro de Qualificação do Procedimento (RQP).
 - Certificados de Qualificação dos Soldadores e Operadores de Soldagem (CRQS).
- c) Certificados do Pessoal de Inspeção: Cópias dos certificados de qualificação dos inspetores de solda e de ensaios não destrutivos.
- d) Relatórios de Inspeção e Ensaio:
 - Todos os relatórios gerados durante o processo, incluindo controle dimensional, inspeção visual de solda, ensaios por Líquido Penetrante (LP) e Ultrassom (US).
 - Relatório do ensaio de estanqueidade.
- e) Rastreabilidade: Mapas de solda e documentação que garantam a rastreabilidade dos materiais e dos soldadores.

7.11 Comutador de Derivações em Carga (OLTC)

7.11.1 Requisitos Gerais e Mecânicos

- a) O transformador será equipado com um Comutador de Derivações em Carga (OLTC) trifásico para o enrolamento de Alta Tensão (138 kV), conforme especificado na Folha de Dados.
- b) O projeto do OLTC deverá considerar, preferencialmente, a utilização de tecnologia a vácuo, que minimiza a manutenção dos contatos. A vida útil dos contatos de comutação deverá ser de, no mínimo, 500.000 (quinhentas mil) operações.
- c) A chave diversora do comutador deverá ser alojada em um compartimento de óleo separado do tanque principal do transformador, com seu próprio conservador de óleo, indicador de nível e relé de gás (Buchholz).
- d) O mecanismo deverá ser projetado para suportar os esforços dinâmicos resultantes de um curto-circuito

 FUNDAÇÃO BUTANTAN Gestão é uma ciência	DIVISÃO DE OBRAS E PROJETOS				STATUS ☐ PRELIMINAR ☐ PARA COTAÇÃO ☒ PARA INFORMAÇÃO ☐ PARA COMPRA ☐ PARA CONSTRUÇÃO
	TÍTULO:			DISCIPLINA:	
	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA: TRANSFORMADORES			ELÉTRICA	
	PROJETO:			Nº DOC. (BUTANTAN):	
PRÉDIO 600 – SUBESTAÇÃO ELÉTRICA			DI-00600-PE-EL-ET-0001		
ELABORADO:	VERIFICADO:	APROVADO:	REVISÃO:	Nº DOC. (FORNECEDOR):	
WV	CRB	CRB	00	-	

externo nos terminais do transformador.

7.11.2 Mecanismo de Acionamento e Pannel de Controle Local O OLTC

Deverá ser fornecido com um mecanismo de acionamento motorizado, montado em um painel de controle resistente ao tempo, fixado na parede do transformador. Este painel deverá conter, no mínimo:

- Motor de acionamento robusto e seus dispositivos de proteção (disjuntor termomagnético).
- Chave seletora "Local / Desligado / Remoto" para definir o modo de comando.
- Comando Local: Botões "Aumentar / Diminuir" para operação manual no painel.
- Manivela para operação manual de emergência, com intertravamento que bloqueie a operação motorizada.
- Indicador de Posição mecânico, de fácil leitura.
- Contador de operações não zerável.
- Iluminação interna e resistência de aquecimento anti-condensação, com interruptores.
- Bornes (blocos terminais) para todas as conexões de controle e sinalização.

7.11.3 Lógica de Controle e Sinalização

- Sinalização para o Sistema Remoto: O OLTC deverá fornecer os seguintes sinais para o sistema de supervisão da FUNDAÇÃO BUTANTAN:
 - Indicação da posição atual do TAP (via transdutor 4-20 mA).
 - Sinalização de "Comutador em movimento".
 - Alarmes (ex: falha no acionamento, falha de alimentação).
- Controle Passo a Passo: O controle elétrico deverá ser do tipo "passo a passo", onde um pulso de comando inicia uma única operação de comutação, que se completa independentemente da duração do pulso.
- Proteções: O sistema de controle deverá incluir relé de sobretensão e outros intertravamentos para bloquear a operação do comutador sob condições anormais do sistema elétrico.

7.11.4 Requisitos para Operação em Paralelo

- O sistema de controle do OLTC deverá ser totalmente compatível para operar em paralelo com o segundo transformador idêntico a ser adquirido.
- O fabricante deverá fornecer um sistema de controle, preferencialmente baseado em CLP ou relé regulador de tensão microprocessado, que implemente a lógica de paralelismo do tipo "Mestre-Seguidor" (Master-Follower).
- Este sistema deverá monitorar a posição dos TAPS de ambos os transformadores e garantir que eles operem em sincronismo, emitindo comandos de bloqueio e alarme em caso de discordância de posições.

7.12 Controle do Sistema de Resfriamento Forçado

7.12.1 Requisitos Gerais

- O sistema de resfriamento forçado (ONAF) deverá ser dotado de um sistema de controle e proteção completo e autônomo.
- O fabricante deverá definir e justificar nos relatórios de ensaio os ajustes de temperatura (set points) para o acionamento automático dos motoventiladores, visando a otimização da operação e a

	DIVISÃO DE OBRAS E PROJETOS				STATUS ☐ PRELIMINAR ☐ PARA COTAÇÃO ☒ PARA INFORMAÇÃO ☐ PARA COMPRA ☐ PARA CONSTRUÇÃO
	TÍTULO:			DISCIPLINA:	
	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA: TRANSFORMADORES			ELÉTRICA	
	PROJETO:			Nº DOC. (BUTANTAN):	
PRÉDIO 600 – SUBESTAÇÃO ELÉTRICA			DI-00600-PE-EL-ET-0001		
ELABORADO:	VERIFICADO:	APROVADO:	REVISÃO:	Nº DOC. (FORNECEDOR):	
WV	CRB	CRB	00	-	

longevidade do transformador.

- c) Os dispositivos de controle (relés de temperatura) deverão ser ajustáveis na faixa de 50 °C a 100 °C.

7.12.2 Pannel de Controle dos Ventiladores

- a) Todos os componentes de controle e proteção do sistema de resfriamento deverão ser montados em um painel de controle dedicado (Caixa de Controle dos Ventiladores), resistente ao tempo e fixado na parede do transformador.
- b) A alimentação elétrica do painel será em 220 V, 60 Hz, trifásica, a ser fornecida pela FUNDAÇÃO BUTANTAN. O painel deverá incluir proteção contra subtenção.
- c) O painel deverá conter, no mínimo:
 - o Disjuntores em caixa moldada para proteção geral e individual dos circuitos dos motores.
 - o Contatores e relés de sobrecarga com compensação de temperatura para o acionamento de cada grupo de ventiladores.
 - o Chave seletora "Manual / Desligado / Automático" para cada grupo de ventiladores, permitindo o controle flexível da operação.
 - o Bornes (blocos terminais) para a alimentação e para todas as interligações de controle e sinalização remota.
 - o Iluminação interna e resistência de aquecimento anti-condensação.

7.12.3 Lógica de Controle e Sinalização

- a) O controle automático dos ventiladores deverá ser comandado pelos relés indicadores de temperatura dos enrolamentos.
- b) Circuitos deverão ser previstos para permitir o acionamento manual remoto (a partir da sala de controle) dos ventiladores, além do controle local no painel.
- c) O sistema deverá enviar, no mínimo, os seguintes sinais para o sistema de supervisão remoto da FUNDAÇÃO BUTANTAN:
 - o Sinalização de "Ventilador(es) em Operação".
 - o Sinalização de "Falha/Sobrecarga em Ventilador".
 - o Sinalização de "Posição da Chave de Controle (Manual/Automático)".

8 REQUISITOS PARA PROTEÇÃO, CONTROLE E SUPERVISÃO

8.1 REQUISITOS PARA PROTEÇÃO, CONTROLE E SUPERVISÃO

8.1.1 Requisitos Gerais

- a) O transformador deverá ser equipado com um conjunto completo de dispositivos para proteção, controle e supervisão, conforme detalhado nesta seção.
- b) Todos os dispositivos deverão ser de fabricantes de primeira linha, projetados para operar de forma confiável nas condições ambientais da subestação.
- c) Todos os contatos de alarme e desligamento (trip) deverão ser eletricamente independentes e dimensionados para, no mínimo, 0,5 A em 125 Vcc.
- d) O fabricante deverá fornecer relés auxiliares para a multiplicação de contatos, caso os dispositivos principais não possuam a quantidade de saídas necessárias.

 FUNDAÇÃO BUTANTAN Gestão é uma ciência	DIVISÃO DE OBRAS E PROJETOS					STATUS ☐ PRELIMINAR ☐ PARA COTAÇÃO ☒ PARA INFORMAÇÃO ☐ PARA COMPRA ☐ PARA CONSTRUÇÃO
	TÍTULO: ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA: TRANSFORMADORES			DISCIPLINA: ELÉTRICA		
	PROJETO: PRÉDIO 600 – SUBESTAÇÃO ELÉTRICA			Nº DOC. (BUTANTAN): DI-00600-PE-EL-ET-0001		
	ELABORADO:	VERIFICADO:	APROVADO:	REVISÃO:	Nº DOC. (FORNECEDOR):	
	WV	CRB	CRB	00	-	

8.2 Dispositivos de Medição e Proteção

8.2.1 Indicadores de Nível do Óleo

- Deverá ser fornecido um indicador de nível de óleo do tipo magnético para o conservador do tanque principal e para o conservador do comutador (OLTC).
- Cada indicador deverá possuir contatos para alarme de "Nível Baixo" e "Nível Muito Baixo", além de um transmissor de sinal 4-20 mA para indicação remota contínua.

8.2.2 Indicadores de Temperatura (Óleo e Enrolamentos)

- Deverão ser fornecidos indicadores de temperatura digitais e microprocessados, sendo um para o topo do óleo e um para cada enrolamento principal.
- Estes dispositivos deverão possuir indicação local (display) e um transmissor de sinal 4-20 mA para cada medição, para envio ao sistema de supervisão.
- Os contatos de saída programáveis deverão executar, no mínimo, as seguintes funções:
 - Comando: Acionamento dos estágios de resfriamento forçado (ONAF).
 - Alarme: Sinalização de "Temperatura Alta".
 - Desligamento (Trip): Sinalização de "Temperatura Muito Alta", com temporização ajustável.

8.2.3 Relé Detector de Gás e Pressão Súbita (Tipo Buchholz)

- Deverá ser instalado um relé do tipo Buchholz na tubulação entre o tanque principal e o conservador, e outro para o compartimento do OLTC.
- O relé deverá possuir dois elementos de atuação distintos e com saídas independentes:
 - Acúmulo de Gás (Alarme): Atuação lenta por acúmulo de gás, com câmara de visualização graduada em cm³ e válvula para coleta de amostra com o transformador em operação.
 - Surto de Pressão (Desligamento/Trip): Atuação instantânea por fluxo súbito de óleo, indicativo de falta interna.
- O relé deverá ser fornecido com válvulas de bloqueio ("shut-off") em ambos os lados para permitir sua inspeção ou substituição sem drenar o óleo.

8.2.4 Válvula de Alívio de Pressão

- O tanque deverá ser protegido por uma válvula de alívio de pressão súbita, com indicador de atuação mecânico não-reajustável automaticamente.
- O dispositivo deverá possuir contatos para sinalização de atuação (Desligamento/Trip).
- Seu projeto deverá direcionar o eventual fluxo de óleo para o solo, sem derramar sobre o tanque ou a tampa.

8.3 Gabinete Centralizador de Controle (Marshalling Box)

- Todas as fiações dos dispositivos de proteção e supervisão (relés, indicadores, TCs, etc.) deverão ser terminadas em um gabinete centralizador de controle (Marshalling Box), resistente ao tempo, montado na parede do tanque.
- Fiação Interna: A fiação entre os dispositivos e o gabinete deverá ser instalada em eletrodutos rígidos de aço galvanizado. Os condutores deverão ser de cobre, com seção mínima de 1,5 mm² e isolamento adequada para 90°C.

	DIVISÃO DE OBRAS E PROJETOS				STATUS ☐ PRELIMINAR ☐ PARA COTAÇÃO ☒ PARA INFORMAÇÃO ☐ PARA COMPRA ☐ PARA CONSTRUÇÃO
	TÍTULO: ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA: TRANSFORMADORES			DISCIPLINA: ELÉTRICA	
	PROJETO: PRÉDIO 600 – SUBESTAÇÃO ELÉTRICA			Nº DOC. (BUTANTAN): DI-00600-PE-EL-ET-0001	
	ELABORADO: WV	VERIFICADO: CRB	APROVADO: CRB	REVISÃO: 00	

- c) Bornes (Blocos Terminais): O gabinete deverá conter régua de bornes para a interligação de todos os sinais. Deverá ser previsto um mínimo de 10% de bornes de reserva.
- d) Este gabinete será o ponto de interface único para a conexão da fiação de controle e supervisão pela FUNDAÇÃO BUTANTAN.

8.4 Transformadores de Corrente (TCs) de Bucha

- a) Cada bucha de AT e MT deverá ser equipada com Transformadores de Corrente (TCs) para serviços de proteção e medição.
- b) As relações de transformação, classes de exatidão e potências nominais deverão seguir o especificado na Folha de Dados do transformador.
- c) A fabricação e os ensaios dos TCs deverão atender à norma ABNT NBR 6856.

9 REQUISITOS PARA ENSAIOS DE FÁBRICA

9.1 Requisitos Gerais

- a) Todos os ensaios deverão ser realizados nas instalações do fabricante, na presença e com a aprovação do representante da FUNDAÇÃO BUTANTAN.
- b) O fabricante deverá submeter, para aprovação da FUNDAÇÃO BUTANTAN, um Plano de Inspeção e Testes detalhado antes do início dos ensaios.
- c) Todos os instrumentos de medição utilizados deverão possuir certificados de calibração válidos e rastreáveis.
- d) Os ensaios deverão ser realizados conforme a última revisão da norma ABNT NBR 5356, salvo quando os critérios desta especificação forem mais rigorosos.
- e) A reprovação em qualquer ensaio de tipo ou de rotina implicará na análise da causa raiz pelo fabricante e na repetição do ensaio sem ônus para a FUNDAÇÃO BUTANTAN, após as devidas correções.

9.2 Ensaios de Rotina (A serem realizados em AMBAS as unidades)

1. Medição da Resistência Elétrica dos Enrolamentos (em todas as derivações).
2. Medição da Relação de Transformação (em todas as derivações) e verificação do Deslocamento Angular.
3. Medição das Perdas e da Corrente de Excitação em Vazio (a 90%, 100% e 110% da tensão nominal).
4. Medição das Perdas em Carga e da Impedância de Curto-Circuito (na derivação nominal e nas extremas).
5. Medição da Impedância de Sequência Zero.
6. Medição da Resistência de Isolamento.
7. Medição do Fator de Potência e Capacitância do sistema de isolamento.
8. Ensaios Dielétricos:
 - a) Ensaio de Tensão Aplicada.
 - b) Ensaio de Tensão Induzida de Longa Duração com Medição de Descargas Parciais (DP). O nível de DP não deverá exceder 200 pC.
 - c) Ensaio de Impulso Atmosférico Pleno (IAP).
9. Ensaios de funcionamento do Comutador de Derivações em Carga (OLTC) - (mínimo de 2 ciclos completos).
10. Verificação e ensaio funcional de todos os acessórios e dispositivos de proteção e supervisão.
11. Ensaio de Estanqueidade do tanque e radiadores.

 FUNDAÇÃO BUTANTAN Gestão é uma ciência	DIVISÃO DE OBRAS E PROJETOS				STATUS ☐ PRELIMINAR ☐ PARA COTAÇÃO ☒ PARA INFORMAÇÃO ☐ PARA COMPRA ☐ PARA CONSTRUÇÃO
	TÍTULO:			DISCIPLINA:	
	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA: TRANSFORMADORES			ELÉTRICA	
	PROJETO:			Nº DOC. (BUTANTAN):	
PRÉDIO 600 – SUBESTAÇÃO ELÉTRICA			DI-00600-PE-EL-ET-0001		
ELABORADO:	VERIFICADO:	APROVADO:	REVISÃO:	Nº DOC. (FORNECEDOR):	
WV	CRB	CRB	00	-	

12. Análise físico-química e cromatográfica do líquido isolante (antes e após a sequência de ensaios).
13. Ensaios completos nos Transformadores de Corrente (TCs) de bucha (relação, polaridade, saturação, etc.).

9.3 Ensaios de Tipo (A serem realizados na PRIMEIRA unidade fabricada)

1. Todos os Ensaios de Rotina listados acima.
2. Ensaio de Elevação de Temperatura:
 - a) Realizado para verificar o atendimento às potências ONAN e ONAF.
 - b) Durante o ensaio, serão realizadas medições com termografia para identificar pontos quentes no tanque e radiadores.
 - c) Serão coletadas amostras de óleo para análise de gases dissolvidos (cromatografia) antes e após o ensaio para verificar a saúde do transformador sob estresse térmico.
3. Ensaio de Medição do Nível de Ruído Audível:
 - a) Realizado conforme ABNT NBR 5356-10, para os estágios ONAN e ONAF.
 - b) As medições deverão comprovar o atendimento ao nível de ruído garantido.
4. Ensaio de Tensão de Rádio Interferência (RIV):
 - a) Realizado conforme norma NEMA TR 1.
 - b) O nível de RIV não deverá exceder 500 µV.
5. Ensaios Dielétricos Complementares:
 - a) Ensaio de Impulso Atmosférico Cortado (IAC).

9.4 Ensaios Especiais (A serem realizados na PRIMEIRA unidade fabricada)

1. Medição dos Harmônicos da Corrente de Excitação.
2. Análise de Resposta em Frequência (FRA - Frequency Response Analysis):
 - a) Deverá ser realizado para obter a "assinatura digital" do transformador novo.
 - b) Os resultados (arquivos e curvas) deverão ser entregues a FUNDAÇÃO BUTANTAN em formato digital aberto (planilha Excel), para servirem de base para futuras comparações em campo.
3. Medição das Capacitâncias dos enrolamentos para a terra e entre si.
4. Ensaio de Curto-Circuito: Devido ao porte do equipamento, este ensaio não será realizado. Em seu lugar, o fabricante deverá apresentar o memorial de cálculo completo que comprova a suportabilidade do projeto aos esforços de curto-circuito, conforme já definido no item 1.10.

10 REQUISITOS PARA PEÇAS SOBRESSALENTES

O fabricante deverá incluir em sua proposta comercial, como um item separado e opcional, uma lista de peças sobressalentes recomendadas para 2 (dois) anos de operação contínua.

A lista deverá conter, no mínimo:

- a) Um (1) jogo completo de todas as gaxetas de vedação do transformador.
- b) Um (1) motoventilador completo.
- c) Um (1) indicador de nível de óleo.
- d) Um (1) indicador de temperatura de enrolamento.
- e) Um (1) relé de gás (Buchholz).

	DIVISÃO DE OBRAS E PROJETOS				STATUS ☐ PRELIMINAR ☐ PARA COTAÇÃO ☒ PARA INFORMAÇÃO ☐ PARA COMPRA ☐ PARA CONSTRUÇÃO
	TÍTULO: ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA: TRANSFORMADORES			DISCIPLINA: ELÉTRICA	
	PROJETO: PRÉDIO 600 – SUBESTAÇÃO ELÉTRICA			Nº DOC. (BUTANTAN): DI-00600-PE-EL-ET-0001	
	ELABORADO: WV	VERIFICADO: CRB	APROVADO: CRB	REVISÃO: 00	

11 REQUISITOS PARA SERVIÇOS DE CAMPO E COMISSIONAMENTO

11.1 Contexto e Escopo dos Serviços

- f) Compra Antecipada: Fica entendido que o transformador está sendo adquirido como um item de longo prazo de fornecimento ("long lead item") e será entregue muito antes da conclusão das obras civis da subestação onde será instalado.
- g) Escopo dos Serviços de Campo: O escopo de fornecimento deste contrato inclui os serviços de supervisão técnica especializada para a montagem, tratamento e enchimento de óleo, e a execução dos ensaios de comissionamento.
- h) Execução Futura: A execução destes serviços ocorrerá em uma data futura, a ser definida pela FUNDAÇÃO BUTANTAN conforme o avanço do cronograma da obra. O fabricante permanecerá contratualmente obrigado a prestar estes serviços quando solicitado, conforme o item 11.5.

11.2 Requisitos para Armazenamento de Longo Prazo

- a) O fabricante deverá fornecer, como parte da documentação técnica, um procedimento detalhado e completo para o armazenamento de longo prazo do transformador (período superior a 6 meses).
- b) Este procedimento deverá incluir, no mínimo:
 - Condições ideais de armazenamento (coberto, nivelado, etc.).
 - Instruções para a manutenção da pressão positiva do gás de transporte (nitrogênio seco).
 - Periodicidade e método para a verificação da pressão do gás e do ponto de orvalho (umidade) durante o armazenamento.
 - Cuidados com os acessórios armazenados separadamente (buchas, radiadores, etc.).
- c) A garantia do equipamento estará condicionada ao seguimento, pela FUNDAÇÃO BUTANTAN, destes procedimentos de armazenamento.

11.3 Procedimento de Montagem e Enchimento do Líquido Isolante (Este procedimento será executado no futuro, sob supervisão do fabricante)

- a) Antes de iniciar o processo, a pressão do gás será verificada para garantir a integridade do tanque durante o armazenamento.
- b) O tanque e seus componentes serão submetidos a um ciclo de vácuo pleno.
- c) O enchimento com o líquido isolante (FR3) será realizado estritamente sob vácuo, utilizando equipamento de tratamento de óleo (termo-vácuo).

11.4 Ensaios de Aceitação em Campo (Comissionamento) (Estes ensaios serão executados no futuro, sob supervisão do fabricante)

- a) Após a montagem completa e antes da energização, os seguintes ensaios serão executados. Os resultados deverão ser comparados e ser consistentes com os relatórios dos ensaios de fábrica.
- b) Ensaios na Unidade Principal (Transformador):
 1. Resistência de Isolamento (Megger), com cálculo do Índice de Polarização.
 2. Fator de Potência (Doble ou equivalente) e Capacitância do sistema de isolamento.
 3. Resistência Elétrica dos Enrolamentos (Ponte de Kelvin).

 FUNDAÇÃO BUTANTAN Gestão é uma ciência	DIVISÃO DE OBRAS E PROJETOS				STATUS ☐ PRELIMINAR ☐ PARA COTAÇÃO ☒ PARA INFORMAÇÃO ☐ PARA COMPRA ☐ PARA CONSTRUÇÃO
	TÍTULO:			DISCIPLINA:	
	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA: TRANSFORMADORES			ELÉTRICA	
	PROJETO:			Nº DOC. (BUTANTAN):	
PRÉDIO 600 – SUBESTAÇÃO ELÉTRICA			DI-00600-PE-EL-ET-0001		
ELABORADO:	VERIFICADO:	APROVADO:	REVISÃO:	Nº DOC. (FORNECEDOR):	
WV	CRB	CRB	00	-	

4. Relação de Transformação (TTR) em todas as derivações.
5. Medição da Resistência de Isolamento do Núcleo ao Tanque.
6. Verificação da estanqueidade geral após montagem.

c) Ensaio de Integridade Mecânica:

1. Análise de Resposta em Frequência (FRA): Este ensaio é mandatório e será comparado com a "assinatura" de fábrica para garantir que não houve danos no transporte ou armazenamento.

d) Ensaio nos Acessórios:

1. TCs de Bucha: Ensaio de Relação, Polaridade, Resistência do secundário e 3 pontos da Curva de Saturação.
2. Buchas: Medição do Fator de Potência (Doble ou equivalente) com as buchas desconectadas dos enrolamentos.

e) Ensaio Funcionais e Verificações:

1. Líquido Isolante: Análise do Ponto de Orvalho (URSI) da isolação e análise físico-química completa do óleo após o enchimento final.
 2. Dispositivos de Proteção: Testes funcionais e de calibração do Indicador de Nível, Relé de Gás (Buchholz), Indicadores de Temperatura e Válvula de Alívio de Pressão.
 3. Sistema de Resfriamento: Teste funcional dos motoventiladores (partida local, manual e automática simulada) e verificação da fiação de controle.
 4. Comutador (OLTC): Ensaio de operação local e remota em todos os taps.
- f) Responsabilidade: Caso qualquer ensaio apresente resultado insatisfatório, o fabricante deverá investigar, executar os reparos e repetir os ensaios até a aprovação final, sem ônus para a FUNDAÇÃO BUTANTAN.

11.5 Programação e Mobilização dos Serviços de Campo

- a) A FUNDAÇÃO BUTANTAN notificará o fabricante com antecedência para a programação da mobilização da equipe de supervisão técnica para o local da obra.
- b) O valor dos serviços de campo deverá estar claramente detalhado na proposta comercial do fabricante, mas seu faturamento estará condicionado à sua efetiva execução no futuro.

12 APROVAÇÃO DA DOCUMENTAÇÃO DE PROJETO

12.1 Processo de Aprovação

- a) O fabricante deverá submeter, para a análise e aprovação da FUNDAÇÃO BUTANTAN, toda a documentação de projeto listada no item 12.2.
- b) O fabricante somente estará autorizado a iniciar a fabricação da parte ativa (núcleo e bobinas) após a aprovação formal, pela FUNDAÇÃO BUTANTAN, de todos os documentos de projeto.

 FUNDAÇÃO BUTANTAN Gestão é uma ciência	DIVISÃO DE OBRAS E PROJETOS				STATUS ☐ PRELIMINAR ☐ PARA COTAÇÃO ☒ PARA INFORMAÇÃO ☐ PARA COMPRA ☐ PARA CONSTRUÇÃO
	TÍTULO:			DISCIPLINA:	
	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA: TRANSFORMADORES			ELÉTRICA	
	PROJETO:			Nº DOC. (BUTANTAN):	
PRÉDIO 600 – SUBESTAÇÃO ELÉTRICA			DI-00600-PE-EL-ET-0001		
ELABORADO:	VERIFICADO:	APROVADO:	REVISÃO:	Nº DOC. (FORNECEDOR):	
WV	CRB	CRB	00	-	

12.2 Documentos Mínimos para Aprovação de Projeto

O fabricante deverá submeter para análise e aprovação da FUNDAÇÃO BUTANTAN, no mínimo, os seguintes documentos:

- a) Desenho Dimensional: O desenho de arranjo geral, conforme já detalhado, mostrando todas as dimensões externas, pesos, posição de buchas e bases.
- b) Relatórios Sumários de Verificação de Projeto: Um conjunto de relatórios executivos que apresentem as conclusões do projeto e as margens de segurança para os pontos críticos, incluindo:
 - Relatório de Suportabilidade a Curto-Circuito: Apresentando os esforços máximos calculados (radiais e axiais) e as margens de segurança do projeto em relação a esses esforços.
 - Relatório de Análise Térmica: Apresentando as temperaturas calculadas para o topo do óleo e o ponto mais quente (hot-spot) nos regimes ONAN e ONAF.
 - Relatório de Análise Dielétrica: Declaração de conformidade, confirmando que o projeto de isolamento atende aos requisitos de impulso (NBI) e descargas parciais (DP) com margens adequadas.
 - Diagramas Elétricos Principais: Diagramas unifilares, funcionais e de controle do OLTC e do sistema de resfriamento.

13 DADOS E PARÂMETROS PARA ESTUDOS

13.1 Parâmetros para Estudos de Proteção

- a) Como parte da documentação técnica final, o fabricante deverá fornecer os parâmetros do circuito equivalente monofásico (resistências e reatâncias de sequência positiva e zero), calculados para as posições de tap central e extremas.
- b) O fabricante deverá fornecer a Curva de Saturação (Curva de Excitação) do núcleo, medida durante os ensaios de rotina. Esta curva deverá ser entregue em formato de tabela (Tensão [V] vs. Corrente [A]) e gráfico, para ser utilizada no ajuste da proteção diferencial (Relé 87T).

13.2 Modelos para Estudos de Transitórios

- a) Os requisitos para fornecimento de parâmetros de alta frequência (acima de 60 Hz) e modelos para programas de transitórios eletromagnéticos (tipo EMTP) não são aplicáveis a este fornecimento.

14 INFORMAÇÕES TÉCNICAS GARANTIDAS

14.1 Objetivo e Obrigatoriedade

- a) O fabricante deverá fornecer, como parte integrante de sua proposta técnica, a Folha de Dados Técnicos Garantidos do equipamento ofertado, devidamente preenchida.
- b) A omissão de qualquer informação solicitada ou o preenchimento incompleto poderá levar à desclassificação da proposta.
- c) Todos os valores e características informados nesta folha de dados serão considerados garantias contratuais e servirão como critério de aceitação durante os ensaios de fábrica.

 FUNDAÇÃO BUTANTAN Gestão é uma ciência	DIVISÃO DE OBRAS E PROJETOS				STATUS ☐ PRELIMINAR ☐ PARA COTAÇÃO ☒ PARA INFORMAÇÃO ☐ PARA COMPRA ☐ PARA CONSTRUÇÃO
	TÍTULO: ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA: TRANSFORMADORES			DISCIPLINA: ELÉTRICA	
	PROJETO: PRÉDIO 600 – SUBESTAÇÃO ELÉTRICA			Nº DOC. (BUTANTAN): DI-00600-PE-EL-ET-0001	
	ELABORADO: WV	VERIFICADO: CRB	APROVADO: CRB	REVISÃO: 00	
Nº DOC. (FORNECEDOR): -					

14.2 Conteúdo Mínimo da Folha de Dados Garantidos

A folha de dados a ser preenchida pelo fabricante deverá conter, no mínimo, as seguintes informações garantidas:

- Características Principais: Fabricante, modelo, norma de projeto (ABNT NBR 5356).
- Potências Nominais: ONAN (25 MVA) e ONAF (31,5 MVA).
- Tensões e Comutação: Tensões nominais, número de derivações e faixa do OLTC.
- Perdas Máximas Garantidas (kW):
 - Perdas em Vazio (kW) na tensão nominal.
 - Perdas em Carga (kW) nos regimes ONAN e ONAF, corrigidas para 85°C.
- Impedância de Curto-Circuito (%) (com tolerâncias).
- Corrente de Excitação (%) (com tolerância máxima de +20% sobre o valor garantido).
- Níveis de Ruído Máximos (dB): Para os regimes ONAN e ONAF.
- Níveis de Isolação (NBI) para cada terminal.
- Níveis de Rádio Interferência (RIV) (máx. 500 µV).
- Níveis de Descargas Parciais (DP) (máx. 200 pC).
- Sistema de Isolação: Confirmação do uso de líquido vegetal (FR3) e isolamento sólida (Aramida/Termoestabilizada).
- Volume de Óleo: Volume total de líquido isolante (Litros).

14.3 Desenho Dimensional Preliminar

- a) O fabricante deverá incluir em sua proposta um desenho dimensional preliminar do transformador.
- b) Este desenho deverá indicar as dimensões externas máximas (comprimento, largura, altura de transporte e final), pesos (transporte e total) e a posição das buchas.
- c) Conforme definido nesta especificação, este desenho preliminar servirá como base de referência para o "congelamento do projeto" (design freeze) e será utilizado pela FUNDAÇÃO BUTANTAN para o desenvolvimento do projeto da subestação GIS.

14.4 Outras Garantias

- a) Intercambialidade: O fabricante deverá garantir que as duas (2) unidades de transformadores fornecidas neste contrato são elétrica e fisicamente idênticas e 100% intercambiáveis entre si.
- b) Líquido Isolante: O fabricante garantirá que todo o líquido isolante fornecido para os ensaios e para o primeiro enchimento será do tipo Vegetal de Alto Ponto de Fulgor (FR3).

15 GARANTIA

O fabricante deverá garantir o transformador e todos os seus acessórios contra quaisquer defeitos de projeto, material ou fabricação.

O período de garantia deverá ser de, no mínimo, 36 (trinta e seis) meses a partir da data de entrega dos equipamentos na obra, ou 24 (vinte e quatro) meses após a energização (início da operação comercial), o que ocorrer primeiro.

 FUNDAÇÃO BUTANTAN Gestão é uma ciência	DIVISÃO DE OBRAS E PROJETOS				STATUS ☐ PRELIMINAR ☐ PARA COTAÇÃO ☒ PARA INFORMAÇÃO ☐ PARA COMPRA ☐ PARA CONSTRUÇÃO
	TÍTULO:			DISCIPLINA:	
	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA: TRANSFORMADORES			ELÉTRICA	
	PROJETO:			Nº DOC. (BUTANTAN):	
PRÉDIO 600 – SUBESTAÇÃO ELÉTRICA			DI-00600-PE-EL-ET-0001		
ELABORADO:	VERIFICADO:	APROVADO:	REVISÃO:	Nº DOC. (FORNECEDOR):	
WV	CRB	CRB	00	-	

A garantia será condicionada ao cumprimento, pelo Comprador, dos procedimentos de armazenamento de longo prazo fornecidos pelo fabricante (conforme item 11.2).

16 MANUAIS E DOCUMENTAÇÃO FINAL

O fabricante deverá fornecer, ao final da montagem, três (3) cópias físicas e uma (1) cópia digital dos Manuais de Instalação, Operação e Manutenção (O&M) completos, em português.

Os manuais deverão conter, no mínimo:

- Todos os desenhos "as-built" (conforme construído) da unidade.
- Relatórios finais de todos os ensaios de fábrica e de comissionamento.
- Instruções detalhadas para armazenamento, operação e manutenção de rotina.
- Catálogos e manuais originais de todos os acessórios (OLTC, indicadores, relés, etc.).
- A lista final de peças sobressalentes (Spare Parts List).

17 TREINAMENTO

O escopo de fornecimento deverá incluir um (1) treinamento para a equipe de operação e manutenção da Fundação Butantan, com duração mínima de 8 horas.

O treinamento deverá ser ministrado no local da obra, durante a fase de comissionamento, pelo supervisor técnico do fabricante, e deverá cobrir a operação, manutenção e diagnóstico de falhas do transformador e seus principais acessórios (OLTC, sistema de resfriamento, etc.).

 FUNDAÇÃO BUTANTAN Gestão é uma ciência	DIVISÃO DE OBRAS E PROJETOS				STATUS ☐ PRELIMINAR ☐ PARA COTAÇÃO ☒ PARA INFORMAÇÃO ☐ PARA COMPRA ☐ PARA CONSTRUÇÃO
	TÍTULO: ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA: TRANSFORMADORES			DISCIPLINA: ELÉTRICA	
	PROJETO: PRÉDIO 600 – SUBESTAÇÃO ELÉTRICA			Nº DOC. (BUTANTAN): DI-00600-PE-EL-ET-0001	
	ELABORADO: WV	VERIFICADO: CRB	APROVADO: CRB	REVISÃO: 00	

18 FOLHA DE DADOS – TRANSFORMADORES

1. CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO								
QUANTIDADE	2 un		TIPO: TRANSFORMADOR TRIFÁSICO				ALTITUDE	1000 m
FREQUÊNCIA	60 Hz		LÍQUIDO ISOLANTE: ÓLEO VEGETAL ENVIROTEMP FR3					
Nº FASES	3		DIAGRAMA FASORIAL: Yyn0d1-Dyn1					
LIMITES DE ELEVAÇÃO DE TEMPERATURA			Ambiente máximo		40°C	Cobre médio		65°C
			Ponto mais quente		80°C	Topo do Óleo		60°C
TERMINAL	Potência nominal [MVA] em serviço contínuo referido à tensão em vazio			TENSÃO NOMINAL [kV]	TENSÃO MÁXIMA DO EQUIPAMENTO [kV]	BIL [kV]	LIGAÇÃO	TIPO DE COMUTAÇÃO / PAINEL
	SISTEMA DE RESFRIAMENTO							
	ONAN	ONAF	ONAF					
AT	25	31,5	-	138+5/-15 x 1,0%	145	550	Y	C.D.C.
AT religável	25	31,5	-	79,68+15/-5 x 1,0%	92,5	450	D	-
MT	25	31,5	-	13,2	15	110	Y	-
T	8	10	-	13,2	15	110	D	
NOTAS:								
2. DESEMPENHO								
REFERÊNCIAS				ESPECIFICADO		GARANTIDO		
Potência de Referência			kVA	31500		31500		
Tensões de Referência			kV	138/13,2		138/13,2		
Impedância de Sequência Positiva	75°C		%	14		14		
Perdas em Vazio	60Hz		kW			35		
Perdas em Carga	75°C		kW			165		
Perdas Circuitos Auxiliares			kW					
Perdas Totais (Excluindo Auxiliares)	75°C		kW			200		
Corrente de Excitação	100% Vn		%			0,5		
Nível de ruído	100% Vn		dB			78		
3. DIMENSÕES								
Dimensões [mm]			Massas aproximadas [kg]					
	Montado	Transporte	Parte ativa (P.A.)					
Altura			Tanque e acessórios					
Largura			Óleo vegetal					
Comprimento			Massa total					
			Equip. s/ óleo					
			Para transp c/ óleo					
			Para transp s/ óleo					

 FUNDAÇÃO BUTANTAN Gestão é uma ciência	DIVISÃO DE OBRAS E PROJETOS					STATUS ☐ PRELIMINAR ☐ PARA COTAÇÃO ☒ PARA INFORMAÇÃO ☐ PARA COMPRA ☐ PARA CONSTRUÇÃO
	TÍTULO:			DISCIPLINA:		
	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA: TRANSFORMADORES			ELÉTRICA		
	PROJETO:			Nº DOC. (BUTANTAN):		
PRÉDIO 600 – SUBESTAÇÃO ELÉTRICA			DI-00600-PE-EL-ET-0001			
ELABORADO:	VERIFICADO:	APROVADO:	REVISÃO:	Nº DOC. (FORNECEDOR):		
WV	CRB	CRB	00	-		

Rendimento e Regulação							
Base	31500	kVA		Relação	138/13,2	kV	
FP	Rendimento			FP	Rendimento		
1,0	125%	99,26		0,8	125%	99,08	
	100%	99,37			100%	99,21	
	75%	99,46			75%	99,33	
	50%	99,52			50%	99,4	
	25%	99,43			25%	99,29	
	Regulação	1,49			Regulação	9,36	

4. ENSAIOS DIELÉTRICOS						
ENSAIOS TME: Tensão Máxima do Equipamento		TERMINAIS				
		AT-Y	AT-D	MT	NMT	T
Impulso Atmosférico ≥362 kV	Onda plena [kV]	550	450	110	110	110
	Onda Cortada [kV]	605	495	121	-	121
Impulso de Manobra p ≥245		[kV]	-	-	-	-
Tensão Aplicada ao Dielétrico		[kV]	230	185	34	34
Tensão Induzida p/ TME <245		[kV]	230	185	Consequência	
Tensão Ind. Long Dur. p/ TME <245		[kV]	-	-	-	-
Descargas Parciais		[pC]	-		Descargas Parciais: [µV]	
Tensão de Radiointerferência		[µV]	≤ 2500		≤ 300	

5. CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS						
5.1 Selado		N.A.	5.7 Localização das buchas		5.8 Caixa de proteção das buchas	
5.2 Selado com Sistema de gás inerte		N.A.	AT		AT	
5.3 Conservador		Sim	MT		MT	
5.4 Conservador com bolsa		Sim	T		T	
5.5 Conservador com Pulmão-Tec		N.A.				
5.5 Meio de locomoção		com rodas flangeadas				
5.6 Transformadores de corrente		Sim				
Terminal	H1+H2+H3	X1+X2+X3	X1-X2			
Classe						
Relação						
Uso						
Quant.						

 FUNDAÇÃO BUTANTAN Gestão é uma ciência	DIVISÃO DE OBRAS E PROJETOS				STATUS ☐ PRELIMINAR ☐ PARA COTAÇÃO ☒ PARA INFORMAÇÃO ☐ PARA COMPRA ☐ PARA CONSTRUÇÃO
	TÍTULO: ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA: TRANSFORMADORES			DISCIPLINA: ELÉTRICA	
	PROJETO: PRÉDIO 600 – SUBESTAÇÃO ELÉTRICA			Nº DOC. (BUTANTAN): DI-00600-PE-EL-ET-0001	
	ELABORADO: WV	VERIFICADO: CRB	APROVADO: CRB	REVISÃO: 00	

6. ACESSÓRIOS		
ITENS		DESCRIÇÃO
6.1. Bucha Alta Tensão	N.A.	
6.2. Bucha Média Tensão	Sim	
6.3. Bucha Baixa Tensão (Terciário)	Sim	
6.4. Bucha Neutro AT	N.A.	
6.5. Bucha Neutro MT	N.A.	
6.6. Conectores de bucha	Sim	
6.7. Comutador sob carga	Sim	
6.8. Comutador sem tensão	Sim	
6.9. Pannel de religação	N.A.	
6.10. Indicador do nível de óleo Transformador	Sim	
6.11. Indicador do nível de óleo CDC	Sim	
6.12. Termômetro do óleo	Sim	
6.13. Termômetro do enrolamento	Sim	
6.14. Monitor de temperatura	Sim	
6.15. Válvula alívio de Pressão	Sim	
6.16. Relé de gás tipo Buchholz	Sim	
6.17. Relé de pressão súbita	N.A.	
6.18. Dispositivo secador de ar	Sim	
6.19. Motobomba	N.A.	
6.20. Moto ventiladores	Sim	
6.21. Para-raios AT	N.A.	
6.22. Para-raios MT	N.A.	
6.23. Para-raios BT	N.A.	
6.24. Discharges Counter	N.A.	
6.25. Resistor de aterramento	N.A.	
6.26. Chave de Religamento	Sim	