METRÔ - DF		
SETOR	GERAL	
ENDEREÇO		
PROPRIETÁRIO	METRÔ - DF	
AUTOR DO PROJETO		
RESPONSÁVEL TÉCNICO		

METRÔ - DF

CREA N°

METRÔ - DF

SISTEMA			
ENERGIA			
SUB-SISTEMA			
REDE DE ALIMENTAÇÃO			
VISTO	DATA	LOCAL	
ELJ/RJF	26/08/14	GERAL	
APROVADO	DATA	COMPONENTES /TIPO DE DOCUMENTO	AREA DE CONST.
RMP	07/11/14	ESTUDO DOS TCs e TPs PARA PROTEÇÃO	-
ESCALA	ETAPA DO PROJ.		
S/ESC.	Básico		
N MICROFILME	FOLHA	CODIFICAÇÃO	REVISÃO
	1/29	**MC.3/EE.99/00.101**	**1**

1	APROVADO CONFORME PARECER N°510/14 – TEN	07/11/14	ITF	ECoA	ITF	ELJ/RJF	RMP
0A	REVISÃO CONFORME PARECER N°0498/14 – TEN	15/10/14	ITF	ECoA	ITF	ELJ/RJF	RMP
0	EMISSÃO INICIAL	26/08/14	MDP	ECoA	ITF	ELJ/RJF	RMP
N°	MODIFICAÇÃO	DATA	FEITO	VISTO	APROVO	VERIF.	APROV
		CONTRATADA				**METRÔ - DF**	
R E V I S Õ E S							

METRÔ DF
MC.3/EE.99/00.101

ESTUDO DOS TCs e TPs PARA PROTEÇÃO

SISTEMA DE ENERGIA
PROJETO BÁSICO

SUMÁRIO

NOTAS: 5

1 OBJETIVO 5

2 PREMISSAS E CRITÉRIOS 6

2.1 Dimensionamento de TCs 6

2.2 Dimensionamento de TPs 7

3 CONFIGURAÇÕES DOS TRECHOS DE ALIMENTAÇÃO DA REDE DE 13,8 KV E CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO. 8

4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 9

4.1 Características para Transformadores de Corrente (TCs) 9

4.2 Características para Transformadores de Potencial (TPs) 21

5 DIAGRAMA UNIFILAR DA REDE DE ALIMENTAÇÃO 24

6 DIAGRAMA UNIFILAR DE CURTO-CIRCUITO 25

6.1 Trecho Samambaia 25

6.2 Trecho Ceilândia 27

6.3 Trecho Asa Norte 29

7 TABELA COM OS CALCULOS DO DIMENSIONAMENTO DOS TCS E TPS 31

NOTAS:

- Foram acrescentados os TCs (item 4.1.4.2) e TPs (item 4.2.2.1) dos cubículos 6, 7 e 8 das Subestações Retificadoras existentes (escopo da modernização). Os TCs e TPs serão utilizados para conexão com os relés de medição de energia dos alimentadores das Subestações Auxiliares existentes.
- Foi corrigido o Fator Térmico de todos os TCs, conforme item 5.7.4 da ET.4/EE.99/00.101.
- A CONTRATADA deverá utilizar as normas técnicas 6855 e 6856 de 2015 na elaboração do Projeto Executivo.

Obs: O Metrô-DF é responsável somente pelas alterações indicadas em NOTAS.

1 OBJETIVO

O presente relatório tem por objetivo apresentar os resultados dos cálculos para o dimensionamento dos transformadores de corrente dos novos setores da Rede de Alimentação em 13,8 kV do Metrô-DF.

Os novos setores da rede serão alimentados através das seguintes Painéis de Entrada de Energia (PEE), que recebem alimentadores da CEB:

- Trecho Ceilândia, alimentado através do PEE/CEI;
- Trecho Samambaia, alimentado através do PEE/SAM;
- Trecho Asa Norte alimentado através do PEE/ANR;
- Trecho Modernização alimentado através do PEE/HIP.

Serão também dimensionados os transformadores de corrente das linhas de interligação com subestações de outros setores para o caso de perda do PEE (Painel de Entrada de Energia) do Trecho, quais sejam:

- Interligação de contingência entre a SR 15 e a SR 14 para socorro do Trecho Ceilândia;
- Interligação de contingência entre a SR 63 e a SR 62 (antiga SR 15) para socorro do Trecho Samambaia.

No caso dos circuitos de interligação de trechos não será considerada a possibilidade de alimentação dos trechos existentes a partir dos novos trechos em expansão.

Os diagramas das configurações dos trechos são mostrados no item 5 conforme Diagrama Unifilar da Rede de Alimentação – DG.4/EE.99/00.101.

2 PREMISSAS E CRITÉRIOS

2.1 Dimensionamento de TCs

As especificações propostas dos TCs são para atender especificamente as unidades de proteção e controle de tecnologia digital das linhas de interligação entre os PEEs e SRs, bay de trafo das SRs e bay de filtro de harmônica nas SE's PEEs.

Nas análises que envolvem "burden" nos circuitos secundários de TCs, conforme levantamentos de projetos típicos e dados fornecidos foram adotados os seguintes valores:

TENSÃO/TC	**CABO**		**TC RESIST. SEC**	**RELES DIGITAIS**
kV	COMPRIMENTO TOTAL (ida e retorno) metros	BITOLA mm² Ω/km	Ω/Espira	Ω
13.8	40	4 mm² 5,5159	0,0025 para alta relação 0,005 para < 15% da RTC	Desprezível <0,02

Como critério, utilizamos a seguinte metodologia para definição e ou confirmação das principais características dos TCs de proteção.

2.1.1 Itens em Consideração:

- Níveis de curto circuito no longo prazo (mínimo 10 anos), conforme anexo;
- Corrente Primária do TC (corrente passante no circuito);
- Burden total conectado ao secundário do TC;
- Saturação do TC por componente assimétrica - DC (nível de curto circuito + burden + local da aplicação e X/R);
- Tipos de conexão a ser adotado (reconexão no primário ou no secundário).

2.1.2 Metodologia:

A corrente nominal primária dos TCs deve satisfazer três condições distintas:

1 A corrente nominal (In) deve ser $20 \times \mathrm{In} > Icc\ Max \times 1{,}2$;

2 Pode-se reduzir o valor da corrente nominal do TC, para permitir sensibilizações das proteções nas configurações mínimas, utilizando o fator térmico que aumenta a suportabilidade para sobrecarga em regime contínuo. Entretanto, deve-se o TC atender a equação $20 \times In > Icc\ Max$ (com fator de segurança mínimo de 20%);

3 Com relação à tensão secundária nominal o valor a ser proposto é o maior valor entre as tensões de saturação do TC para o $Iccmax$ assimétrico e simétrico. Para cálculo, tomar burden total do circuito secundário do *bay,* multiplicado pela maior relação $Iccmax/RTC$ atual e futura, ou seja:

   - o $V1saturação > (Zburden \times Iccmax/RTC) \times (X/R)$ para o cálculo da assimétrica e
   - o $V2saturação > Zburden \times 20 \times 5$ para simétrica.

A classe de exatidão para os TCs de proteção deverá ser de 10%.

Os valores finais dos itens acima devem ser compatibilizados com os previstos na norma NBR 6856/1992.

Adotamos como critério básico, para dimensionamento dos TCs de proteção de fase para equipamentos, as seguintes condições:

1 A corrente nominal primária do TC deverá ser > (maior) que 1,5 vezes a corrente nominal do equipamento In ($> 1{,}5 \times In$);

2 Vinte vezes a corrente nominal primária do TC deverá ser > (maior) que a maior corrente de curto circuito passante, no terminal, para o horizonte do estudo;

3 Adequar as condições 1 e 2 para atender a tensão de saturação, avaliando e decidindo a melhor proposição em que atendam também valores padronizados;

4 O segundo valor proposto para corrente primária do TC será o equivalente para a corrente suportável nominal de curta duração (corrente térmica nominal $20 \times In$ por 1 segundo ou a capacidade de interrupção do disjuntor) correspondente ao equipamento conectado a uma barra infinita;

5 O terceiro valor proposto, caso o item 2 fique extremamente elevado, ou seja, muito acima da corrente nominal de fase, é o valor de crista nominal da corrente suportável (corrente dinâmica nominal $2{,}5 \times 20 \times In$ por $0{,}1$ segundo) para mesma conexão a uma barra infinita.

2.2 Dimensionamento de TPs

Adotamos como critério básico, para dimensionamento dos TPs de proteção de fase para equipamentos, de acordo com o grupo de ligação nas seguintes condições:

- Grupo 1: TPI projetados para a ligação entre fases;
- Grupo 2: TPI projetados para a ligação entre fase e terra de sistemas eficazmente aterrados;

O sistema eficazmente aterrado é aquele em que o fator de falta para terra é menor do que 1,4, o que implica nas condições:

1 $\mathrm{Xo/X1}$ menor ou igual a 3;

2 $Ro/X1$ menor ou igual a 1.

- Grupo 3: TPI projetados para a ligação entre fase e terra de sistemas onde não se garante a eficácia do aterramento.

3 CONFIGURAÇÕES DOS TRECHOS DE ALIMENTAÇÃO DA REDE DE 13,8 KV E CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO.

Na condição normal de operação a alimentação da rede do Metrô-DF é feita através dos 2 circuitos que derivam do PEE do trecho, numa configuração em anel. Em caso de perda de um dos circuitos da rede a alimentação passará a ser radial. Além disso, em caso de perda da barra do PEE, com exceção do trecho Asa Norte, o setor será alimentado através do circuito de interligação de setores, em configuração radial.

A rede alimenta as Subestações Retificadoras de Tração e as Subestações Auxiliares das estações, através de circuitos que derivam das barras de média tensão.

Como critério de dimensionamento será considerado que a rede deverá ser dimensionada para atender não só à condição normal de operação, com o sistema íntegro alimentado através do PEE próprio do trecho, como também os casos de degradação considerados.

Os casos de degradação considerados são os seguintes:

- Perda de circuito que deriva do PEE do Trecho (um de cada vez);
- Perda da barra do PEE do Trecho e alimentação através do circuito de socorro (exceto para o Trecho Asa Norte).

Não serão considerados casos de dupla degradação, ou seja, de perda simultânea de 2 elementos do trecho. Caso isso ocorra deverão ser impostas restrições operacionais ao tráfego dos trens.

Nos diagramas do item 6 são mostradas as configurações dos trechos correspondentes a cada caso simulado de curto circuito. Não foram simulados, no caso, os curtos circuitos considerando as interligações através do circuito de socorro dos trechos Ceilândia Norte e Samambaia Oeste, por não serem os casos de maior nível de curto circuito.

4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

4.1 Características para Transformadores de Corrente (TCs)

- Todos as simulações para dimensionamento do TCs para que não haja saturação dos TCs durante curtos-circuitos, a cablagem de interligação entre TCs e dispositivos de proteção foi considerada a resistência de um cabo de no mínimo 4 mm²;
- Nos cubículos de serviço auxiliar a RTC especificada prejudicará as medições operacionais, uma vez que, o valor de corrente nominal estará dentro da faixa de erro do TC (10%). Recomenda-se colocar um TC de medição adicional ao TC de proteção na relação de 50/5 A;
- Com os critérios citados e análise dos dados, recomendamos as seguintes características técnicas específicas para os TCs de 13,8 kV:

4.1.1 Trecho Samambaia

4.1.1.1 Painel de Entrada de Energia – PEE/SAM

TCs referentes à entrada CEB no PEE/SAM (3 unidades)	
	Caraterísticas complementares para ET.4/EB.99/01.201
Corrente nominal primária	600 A
Corrente nominal secundária	5 A
Fator térmico	1,2
Número de núcleos	1 de proteção
Enrolamento de proteção	10B200

TCs referentes aos alimentadores para rede Metrô–DF do PEE/SAM (6 unidades)	
	Caraterísticas complementares para ET.4/EB.99/01.201
Corrente nominal primária	600 A
Corrente nominal secundária	5 A
Fator térmico	1,2
Número de núcleos	1 de proteção
Enrolamento de proteção	10B200

TCs referentes ao alimentador do Filtro de Harmônicas do PEE/SAM (3 unidades)	
	Caraterísticas complementares para ET.4/EB.99/01.201
Corrente nominal primária	600 A
Corrente nominal secundária	5 A
Fator térmico	1,2
Número de núcleos	1 de proteção
Enrolamento de proteção	10B200

TCs de barra do PEE/SAM (3 unidades) (Para medição e controle do fator de potência no filtro)	
	Caraterísticas complementares para ET.4/EB.99/01.201
Corrente nominal primária	600 A
Corrente nominal secundária	5 A
Fator térmico	1,2
Número de núcleos	1 de medição
Enrolamento de proteção	0,6C200

4.1.1.2 Painel de 15 kV para as SRs 63, 64 e cubículo IC da SR62

TCs referentes aos cubículos 2 e 3 (entradas 1 e 2 da rede 13,8 kV) do Painel de 15 kV das SRs 63 E 64 (6 unidades por SR)	
	Caraterísticas complementares para ET.4/EB.99/01.201
Corrente nominal primária	400 A
Corrente nominal secundária	5 A
Fator térmico	1,2
Número de núcleos	1 de proteção
Enrolamento de proteção	10B200

TCs referentes aos cubículos 1 e 4 (TTs 1 e 2) do Painel de 15 kV das SRs 63 E 64 (6 unidades por SR)	
	Caraterísticas complementares para ET.4/EB.99/01.201
Corrente nominal primária	400 A
Corrente nominal secundária	5 A
Fator térmico	1,2
Número de núcleos	1 de proteção
Enrolamento de proteção	10B200

TCs referentes aos cubículos 7, 8 e 00 do Painel de 15 kV das SRs 63 E 64 (9 unidades por SR)	
	Caraterísticas complementares para ET.4/EB.99/01.201
Corrente nominal primária	400 A
Corrente nominal secundária	5 A
Fator térmico	1,2
Número de núcleos	1 de proteção
Enrolamento de proteção	10B200

TCs referentes aos cubículos ICs 1 e 2 do Painel de 15 kV das SRs 63 e 62 (3 unidades por SR)	
	Caraterísticas complementares para ET.4/EB.99/01.201
Corrente nominal primária	400 A
Corrente nominal secundária	5 A
Fator térmico	1,2
Número de núcleos	1 de proteção
Enrolamento de proteção	10B200

4.1.1.3 Painel de 15 kV para as SR 65

TCs referentes aos cubículos 2 e 3 (entradas 1 e 2 da rede 13,8 kV) do Painel de 15 kV da SR 65 (6 unidades por SR)	
	Caraterísticas complementares para ET.4/EB.99/01.201
Corrente nominal primária	500 A
Corrente nominal secundária	5 A
Fator térmico	1,2
Número de núcleos	1 de proteção
Enrolamento de proteção	10B200

TCs referentes aos cubículos 1 e 4 (TTs 1 e 2) do Painel de 15 kV da SR 65 (6 unidades por SR)	
	Caraterísticas complementares para ET.4/EB.99/01.201
Corrente nominal primária	500 A
Corrente nominal secundária	5 A
Fator térmico	1,2
Número de núcleos	1 de proteção
Enrolamento de proteção	10B200

TCs referentes aos cubículos 7, 8 e 00 do Painel de 15 kV da SR 65 (9 unidades por SR)	
	Caraterísticas complementares para ET.4/EB.99/01.201
Corrente nominal primária	500A
Corrente nominal secundária	5 A
Fator térmico	1,2
Número de núcleos	1 de proteção
Enrolamento de proteção	10B200

4.1.2 Trecho Ceilândia

4.1.2.1 Painel de Entrada de Energia – PEE/CEI

TCs referentes à entrada CEB no PEE/CEI (3 unidades)	
	Caraterísticas complementares para ET.4/EB.99/01.201
Corrente nominal primária	800 A
Corrente nominal secundária	5 A
Fator térmico	1,2
Número de núcleos	1 de proteção
Enrolamento de proteção	10B400

TCs referentes aos alimentadores para rede Metrô –DF do PEE/CEI (6 unidades)	
	Caraterísticas complementares para ET.4/EB.99/01.201
Corrente nominal primária	800 A
Corrente nominal secundária	5 A
Fator térmico	1,2
Número de núcleos	1 de proteção
Enrolamento de proteção	10B400

TCs referentes ao alimentador do Filtro de Harmônicas do PEE/CEI (3 unidades)	
	Caraterísticas complementares para ET.4/EB.99/01.201
Corrente nominal primária	800 A
Corrente nominal secundária	5 A
Fator térmico	1,2
Número de núcleos	1 de proteção
Enrolamento de proteção	10B400

TCs de barra do PEE/CEI (3 unidades) (Para medição e controle do fator de potência no filtro)	
	Caraterísticas complementares para ET.4/EB.99/01.201
Corrente nominal primária	800 A
Corrente nominal secundária	5 A
Fator térmico	1,2
Número de núcleos	1 de medição
Enrolamento de proteção	0,6C200

4.1.2.2 Painel de 15 kV para as SRs 15 e cubículo IC da SR14

TCs referentes aos cubículos 2 e 3 (entradas 1 e 2 da rede 13,8 kV) do Painel de 15 kV da SR 15 (6 unidades)	
	Caraterísticas complementares para ET.4/EB.99/01.201
Corrente nominal primária	600 A
Corrente nominal secundária	5 A
Fator térmico	1,2
Número de núcleos	1 de proteção
Enrolamento de proteção	10B200

TCs referentes aos cubículos 1 e 4 (TTs 1 e 2) do Painel de 15 kV da SR15 (6 unidades)	
	Caraterísticas complementares para ET.4/EB.99/01.201
Corrente nominal primária	600 A
Corrente nominal secundária	5 A
Fator térmico	1,2
Número de núcleos	1 de proteção
Enrolamento de proteção	10B200

TCs referentes aos cubículos 7, 8 e 00 do Painel de 15 kV SR15 (9 unidades)	
	Caraterísticas complementares para ET.4/EB.99/01.201
Corrente nominal primária	600 A
Corrente nominal secundária	5 A
Fator térmico	1,2
Número de núcleos	1 de proteção
Enrolamento de proteção	10B200

TCs referentes aos cubículos ICs 1 e 2 do Painel de 15 kV das SRs 15 e 14 (3 unidades por SR)	
	Caraterísticas complementares para ET.4/EB.99/01.201
Corrente nominal primária	600 A
Corrente nominal secundária	5 A
Fator térmico	1,2
Número de núcleos	1 de proteção
Enrolamento de proteção	10B200

4.1.2.3 Painel de 15 kV para as SRs 16

TCs referentes aos cubículos 2 e 3 (entradas 1 e 2 da rede 13,8 kV) do Painel de 15 kV da SR 16 (6 unidades)	
	Caraterísticas complementares para ET.4/EB.99/01.201
Corrente nominal primária	800 A
Corrente nominal secundária	5 A
Fator térmico	1,2
Número de núcleos	1 de proteção
Enrolamento de proteção	10B200

TCs referentes aos cubículos 1 e 4 (TTs 1 e 2) do Painel de 15 kV da SR16 (6 unidades)	
	Caraterísticas complementares para ET.4/EB.99/01.201
Corrente nominal primária	800 A
Corrente nominal secundária	5 A
Fator térmico	1,2
Número de núcleos	1 de proteção
Enrolamento de proteção	10B200

TCs referentes aos cubículos 7, 8 e 00 do Painel de 15 kV SR16 (9 unidades)	
	Caraterísticas complementares para ET.4/EB.99/01.201
Corrente nominal primária	800 A
Corrente nominal secundária	5 A
Fator térmico	1,2
Número de núcleos	1 de proteção
Enrolamento de proteção	10B200

4.1.3 Trecho Asa Norte

4.1.3.1 Painel de Entrada de Energia – PEE/ANR

TCs referentes à entrada CEB no PEE/ANR (3 unidades)	
	Caraterísticas complementares para ET.4/EB.99/01.201
Corrente nominal primária	500 A
Corrente nominal secundária	5 A
Fator térmico	1,2
Número de núcleos	1 de proteção
Enrolamento de proteção	10B200

TCs referentes aos alimentadores para rede Metrô –DF do PEE/ANR (6 unidades)	
	Caraterísticas complementares para ET.4/EB.99/01.201
Corrente nominal primária	500 A
Corrente nominal secundária	5 A
Fator térmico	1,2
Número de núcleos	1 de proteção
Enrolamento de proteção	10B200

TCs referentes ao alimentador do Filtro de Harmônicas do PEE/ANR (3 unidades)	
	Caraterísticas complementares para ET.4/EB.99/01.201
Corrente nominal primária	500 A
Corrente nominal secundária	5 A
Fator térmico	1,2
Número de núcleos	1 de proteção
Enrolamento de proteção	10B200

TCs de barra do PEE/ANR (3 unidades) (Para medição e controle do fator de potência no filtro)	
	Caraterísticas complementares para ET.4/EB.99/01.201
Corrente nominal primária	500 A
Corrente nominal secundária	5 A
Fator térmico	1,2
Número de núcleos	1 de medição
Enrolamento de proteção	0,6C200

4.1.3.2 Painel de 15 kV para a SRs 21

TCs referentes aos cubículos 2 e 3 (entradas 1 e 2 da rede 13,8 kV) do Painel de 15 kV da SR 21 (6 unidades)	
	Caraterísticas complementares para ET.4/EB.99/01.201
Corrente nominal primária	500 A
Corrente nominal secundária	5 A
Fator térmico	1,2
Número de núcleos	1 de proteção
Enrolamento de proteção	10B200

TCs referentes aos cubículos 1 e 4 (TTs 1 e 2) do Painel de 15 kV da SR21 (6 unidades)	
	Caraterísticas complementares para ET.4/EB.99/01.201
Corrente nominal primária	500 A
Corrente nominal secundária	5 A
Fator térmico	1,2
Número de núcleos	1 de proteção
Enrolamento de proteção	10B200

TCs referentes aos cubículos 7, 8 e 00 (alimentação das SAs) do Painel de 15 kV SR21 (9 unidades)	
	Caraterísticas complementares para ET.4/EB.99/01.201
Corrente nominal primária	500 A
Corrente nominal secundária	5 A
Fator térmico	1,2
Número de núcleos	1 de proteção
Enrolamento de proteção	10B200

4.1.4 Trecho Modernização

4.1.4.1 Painel de Entrada de Energia – PEE/HIP

TCs referentes à entrada CEB no PEE/HIP (3 unidades)	
	Caraterísticas complementares para ET.4/EB.99/01.201
Corrente nominal primária	800 A
Corrente nominal secundária	5 A
Fator térmico	1,2
Número de núcleos	1 de proteção
Enrolamento de proteção	10B200

TCs referentes aos alimentadores para rede Metrô –DF do PEE/HIP (6 unidades) para as SR 5 e SR 6	
	Caraterísticas complementares para ET.4/EB.99/01.201
Corrente nominal primária	800 A
Corrente nominal secundária	5 A
Fator térmico	1,2
Número de núcleos	1 de proteção
Enrolamento de proteção	10B200

TCs referentes aos alimentadores para rede Metrô –DF do PEE/HIP (6 unidades) para as SR 3 e SR 4	
	Caraterísticas complementares para ET.4/EB.99/01.201
Corrente nominal primária	800 A
Corrente nominal secundária	5 A
Fator térmico	1,2
Número de núcleos	1 de proteção
Enrolamento de proteção	10B400

TCs referentes ao alimentador do Filtro de Harmônicas do PEE/HIP (3 unidades)	
	Caraterísticas complementares para ET.4/EB.99/01.201
Corrente nominal primária	800 A
Corrente nominal secundária	5 A
Fator térmico	1,2
Número de núcleos	1 de proteção
Enrolamento de proteção	10B400

TCs de barra do PEE/HIP (3 unidades) (Para medição e controle do fator de potência no filtro)	
	Caraterísticas complementares para ET.4/EB.99/01.201
Corrente nominal primária	800 A
Corrente nominal secundária	5 A
Fator térmico	1,2
Número de núcleos	1 de medição
Enrolamento de proteção	0,6C200

4.1.4.2 Alimentadores das Subestações Auxiliares (13,8 kV)

TCs dos cubículos 6, 7 e 8 das Subestações Retificadoras que alimentam as seguintes Subestações Auxiliares 10, 11, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 30, 31, 32, 33 e PAS (Pátio Asa Sul).	
Corrente nominal primária	10 A
Corrente nominal secundária	5 A
RTC	2:1
Tensão Máxima	15 kV
Nível de Isolamento	34/110 kV
Frequência Nominal	60 Hz
Carga Nominal	C5
Exatidão	≤ 1,2%
Número de núcleos	1 de medição
Fator térmico	1,2
Corrente Térmica Nominal de Curta Duração (*It*) para 1 segundo	≥ 0,8 kA
Corrente Dinâmica Nominal (*Id*)	≥ 2 kA
Classe de Isolamento	A (105°C)
Uso	Interior

TCs dos cubículos 6, 7 e 8 das Subestações Retificadoras que alimentam as seguintes Subestações Auxiliares 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 21.	
Corrente nominal primária	15 A
Corrente nominal secundária	5 A
RTC	3:1
Tensão Máxima	15 kV
Nível de Isolamento	34/110 kV
Frequência Nominal	60 Hz
Carga Nominal	C5

Exatidão	≤ 1,2%
Número de núcleos	1 de medição
Fator térmico	1,2
Corrente Térmica Nominal de Curta Duração (*It*) para 1 segundo	≥ 1,2 kA
Corrente Dinâmica Nominal (*Id*)	≥ 3 kA
Classe de Isolamento	A (105°C)
Uso	Interior

TCs dos cubículos 6, 7 e 8 das Subestações Retificadoras que alimentam as seguintes Subestações Auxiliares 1, 2 e 20 e os transformadores abaixadores TF-1, TF-2 e TF-3 (instalados ao lado da Subestação de Manutenção).	
Corrente nominal primária	25 A
Corrente nominal secundária	5 A
RTC	5:1
Tensão Máxima	15 kV
Nível de Isolamento	34/110 kV
Frequência Nominal	60 Hz
Carga Nominal	C5
Exatidão	≤ 1,2%
Número de núcleos	1 de medição
Fator térmico	1,2
Corrente Térmica Nominal de Curta Duração (*It*) para 1 segundo	≥ 2 kA
Corrente Dinâmica Nominal (*Id*)	≥ 5 kA
Classe de Isolamento	A (105°C)
Uso	Interior

TCs dos cubículos 6, 7 e 8 das Subestações Retificadoras que alimentam a seguinte Subestação Auxiliar: CAO (Complexo Administrativo e Operacional)	
Corrente nominal primária	30 A
Corrente nominal secundária	5 A
RTC	6:1
Tensão Máxima	15 kV
Nível de Isolamento	34/110 kV
Frequência Nominal	60 Hz
Carga Nominal	C5
Exatidão	≤ 1,2%

Número de núcleos	1 de medição
Fator térmico	1,2
Corrente Térmica Nominal de Curta Duração (*It*) para 1 segundo	≥ 2,4 kA
Corrente Dinâmica Nominal (*Id*)	≥ 6 kA
Classe de Isolamento	A (105°C)
Uso	Interior

4.2 Características para Transformadores de Potencial (TPs)

Com os critérios da norma NBR 06855 - 1992 - Transformador de Potencial Indutivo e análise dos dados, recomendamos as seguintes características técnicas específicas para os TPs de 13,8 kV:

4.2.1 Geral para todos os trechos

4.2.1.1 Painéis de Entrada de Energia – PEEs

TPs referentes ao Sistema PEE instalados nas Linhas de 13,8 kV (3 unidades por PEE)	
	Caraterísticas complementares para ET.4/EB.99/01.201
Tensão nominal primária	13,8 raiz de 3 V
Tensão nominal secundária	115/115 raiz de 3 V
Relação de Transformação	1 x 70/120:1
Número de núcleos	1 de proteção
Potencia Simultânea (VA)	NA
Classe de exatidão	0,6P75
Potência Térmica Nominal/ Enrolamento (VA)	300
Fator de Sobretensão	Grupo 3

4.2.1.2 Painéis de 15 kV das SRs

TPs instalados nas Linhas de 13,8 kV (cubículos 1, e 4 entradas da rede) (3 unidades por cubículo)	
	Caraterísticas complementares para ET.4/EB.99/01.201
Tensão nominal primária	13,8 raiz de 3 V
Tensão nominal secundária	115/115 raiz de 3 V
Relação de Transformação	1 x 70/120:1
Número de núcleos	1 de proteção
Potencia Simultânea (VA)	NA
Classe de exatidão	0,6P75
Potência Térmica Nominal/ Enrolamento (VA)	300
Fator de Sobretensão	Grupo 3

TPs instalados nas Linhas de 13,8 kV (cubículos 7, 8 e 00 SAs) (3 unidades por cubículo)	
	Caraterísticas complementares para ET.4/EB.99/01.201
Tensão nominal primária	13,8 raiz de 3 V
Tensão nominal secundária	115/115 raiz de 3 V
Relação de Transformação	1 x 70/120:1
Número de núcleos	1 de proteção
Potencia Simultânea (VA)	NA
Classe de exatidão	0,6P75
Potência Térmica Nominal/ Enrolamento (VA)	300
Fator de Sobretensão	Grupo 3

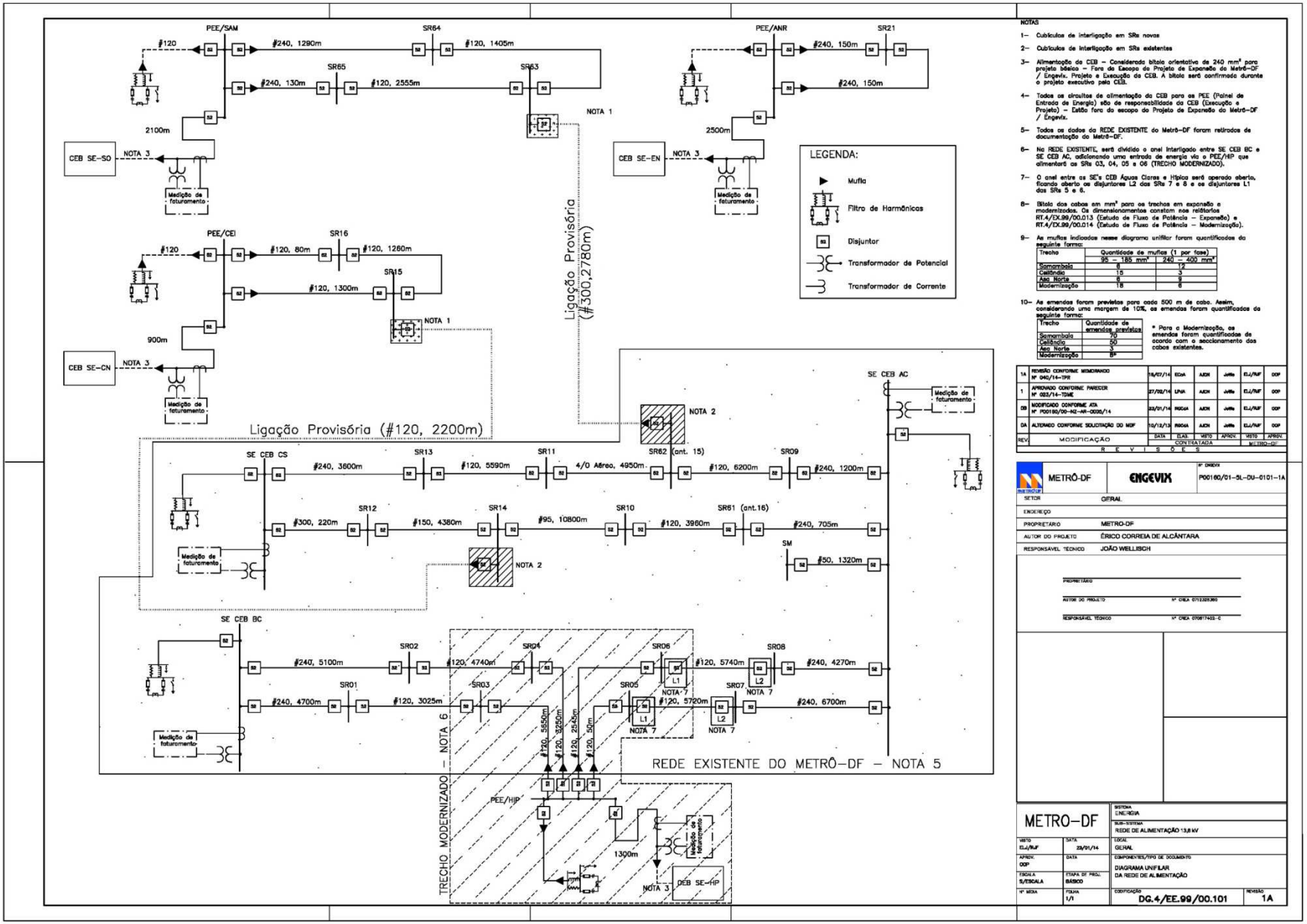
4.2.2 Modernização

4.2.2.1 Cubículo 6, 7 e 8 das Subestações Retificadoras existentes

TPs para os cubículos 6, 7 e 8 das SRs, que alimentam as SAs 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 30, 31, 32, 33, PAS, CAO e o transformadores abaixadores TF-1, TF-2 e TF-3	
Tensão Nominal Primária	13,8/√3 kV
Tensão Nominal Secundária	115/115√3 V
Relação de Transformação	70:1/120:1
Grupo de Ligação	Grupo 3
Tensão Máxima	≥ 15 kV
Frequência	60 Hz
Tensão Suportável Nominal à Frequência Industrial durante 1 minuto	≥ 34 kV

Tensão Suportável Nominal de Impulso Atmosférico	≥ 110 kV (Crista)
Carga Nominal	P 12,5
Classe de Exatidão	≤ 1,2 %
Potência Térmica Nominal	≥ 45
Uso	Interior

5 DIAGRAMA UNIFILAR DA REDE DE ALIMENTAÇÃO



6 DIAGRAMA UNIFILAR DE CURTO-CIRCUITO

6.1 Trecho Samambaia

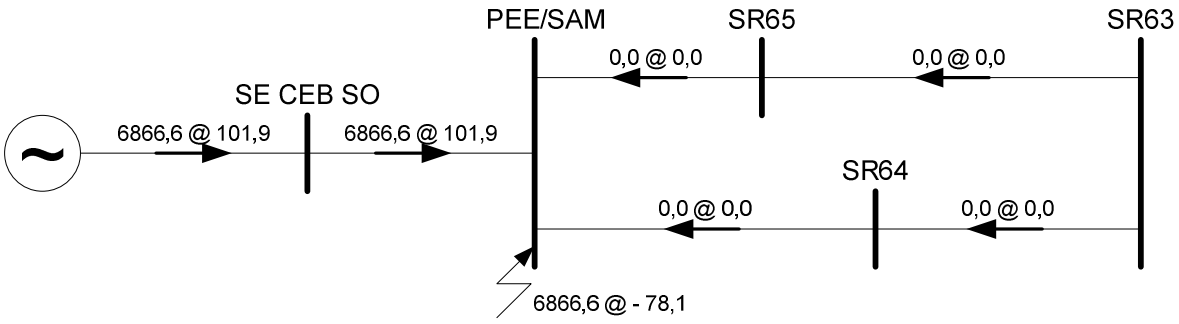


Figura Anexa 1 – Fluxo das correntes de curto-circuito trifásico no PEE/SAM

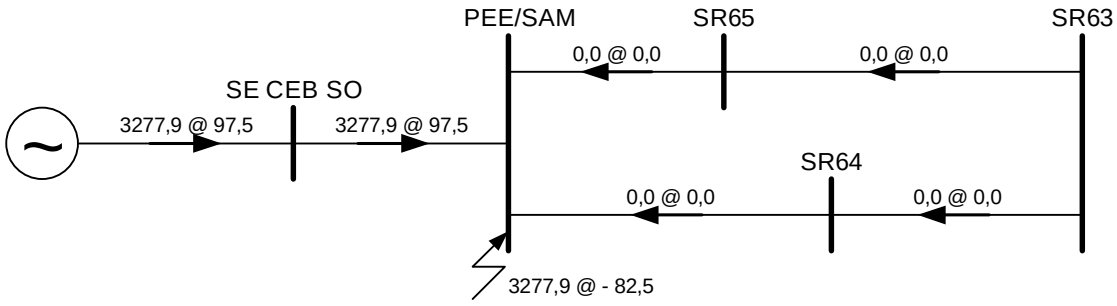


Figura Anexa 2 – Fluxo das correntes de curto-circuito fase-terra no PEE/SAM

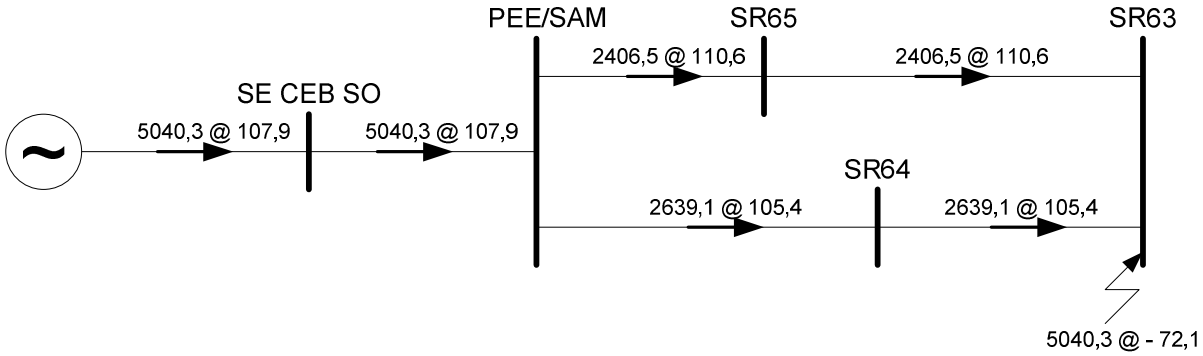


Figura Anexa 3 – Fluxo das correntes de curto-circuito trifásico na SR 63

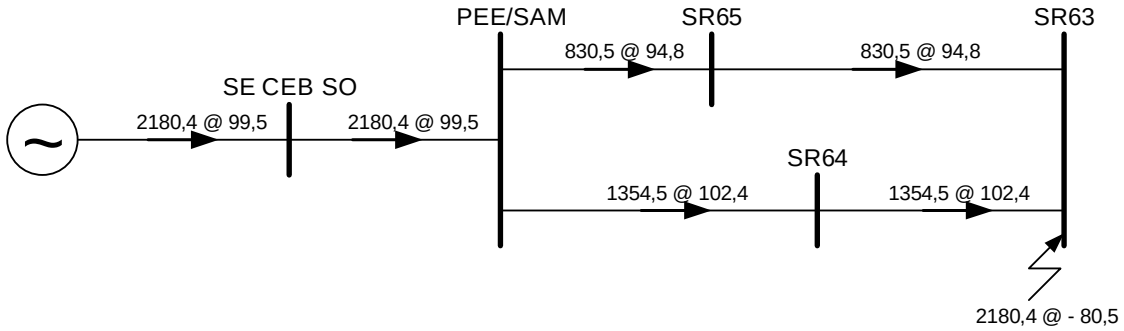


Figura Anexa 4 – Fluxo das correntes de curto-circuito fase-terra na SR 63

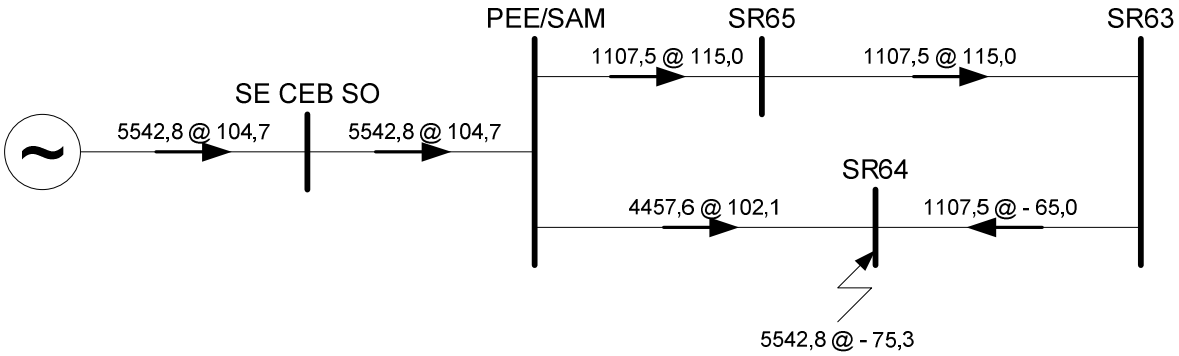


Figura Anexa 5 – Fluxo das correntes de curto-circuito trifásico na SR 64

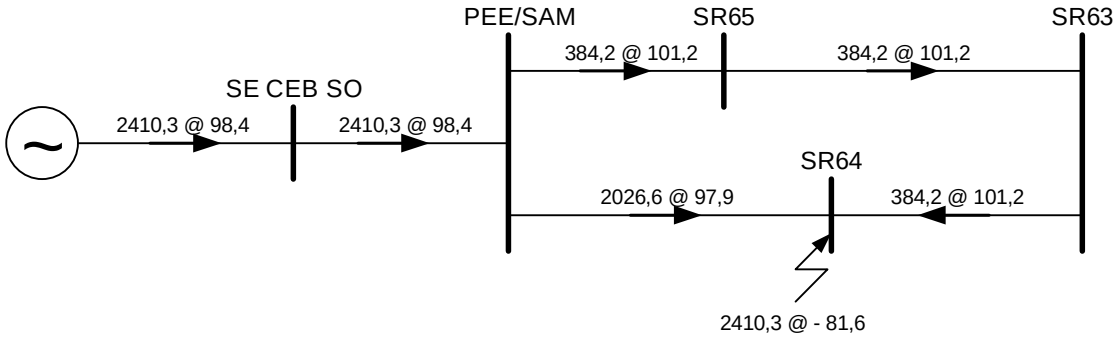


Figura Anexa 6 – Fluxo das correntes de curto-circuito fase-terra na SR 64

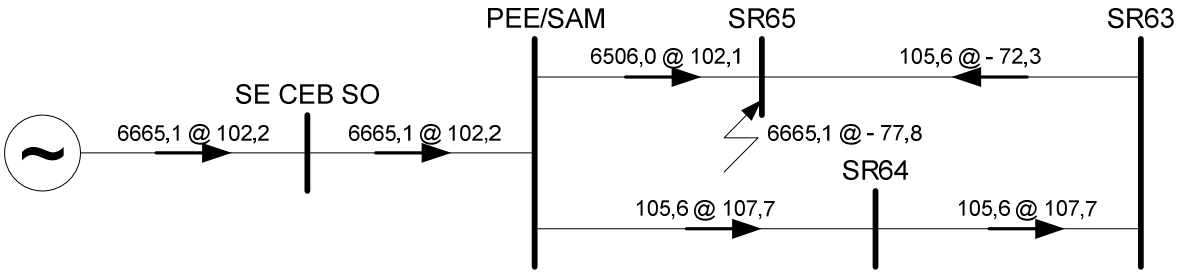


Figura Anexa 7 – Fluxo das correntes de curto-circuito trifásico na SR 65

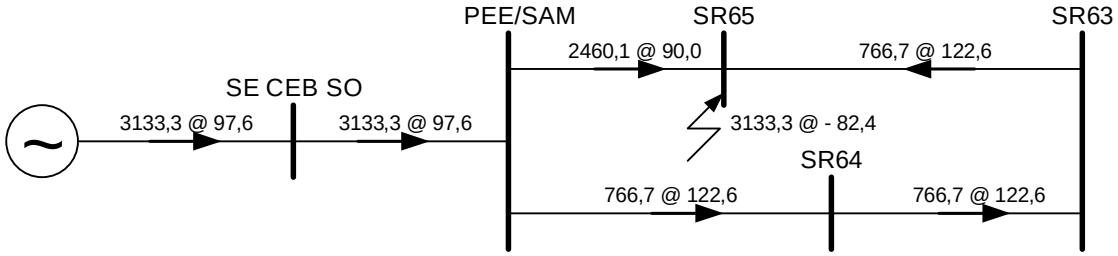


Figura Anexa 8 – Fluxo das correntes de curto-circuito fase-terra na SR 65

6.2 Trecho Ceilândia

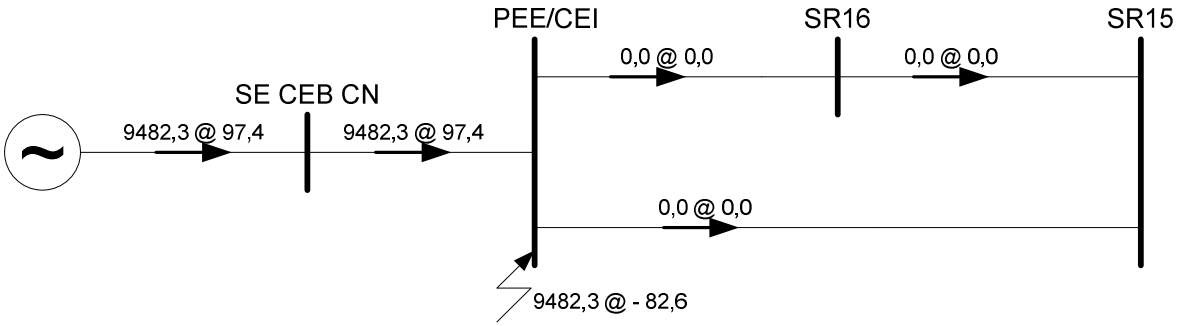


Figura Anexa 9 – Fluxo das correntes de curto-circuito trifásico no PEE/CEI

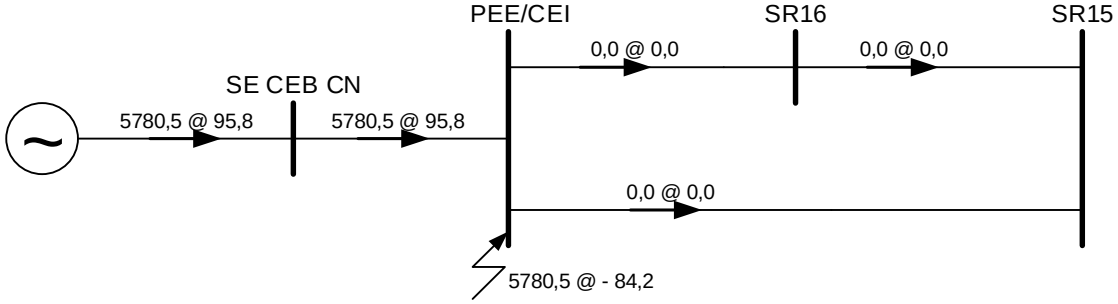


Figura Anexa 10 – Fluxo das correntes de curto-circuito fase-terra no PEE/CEI

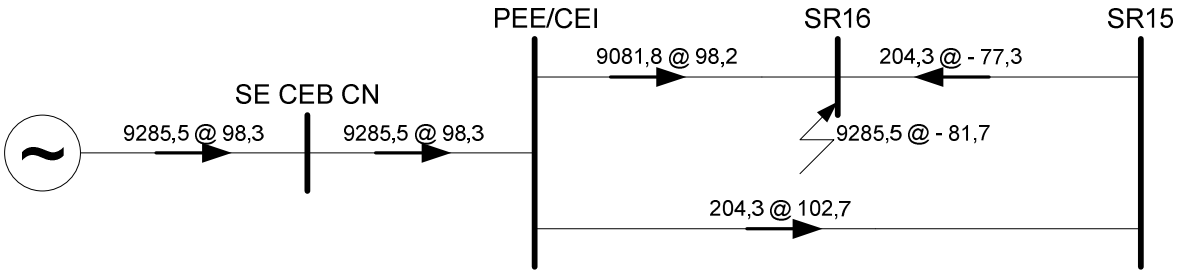


Figura Anexa 11 – Fluxo das correntes de curto-circuito trifásico na SR 16

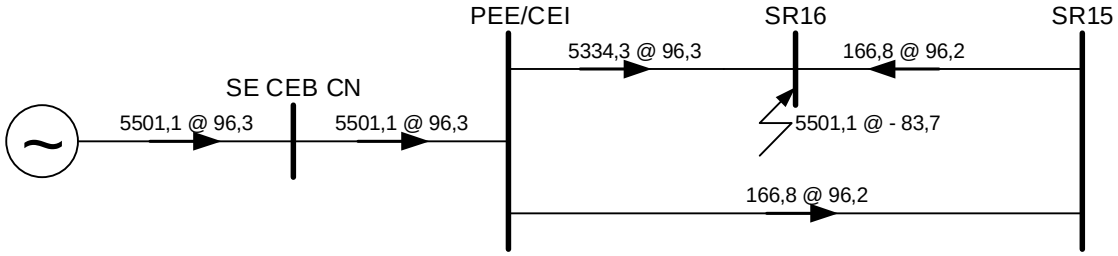


Figura Anexa 12 – Fluxo das correntes de curto-circuito fase-terra na SR 16

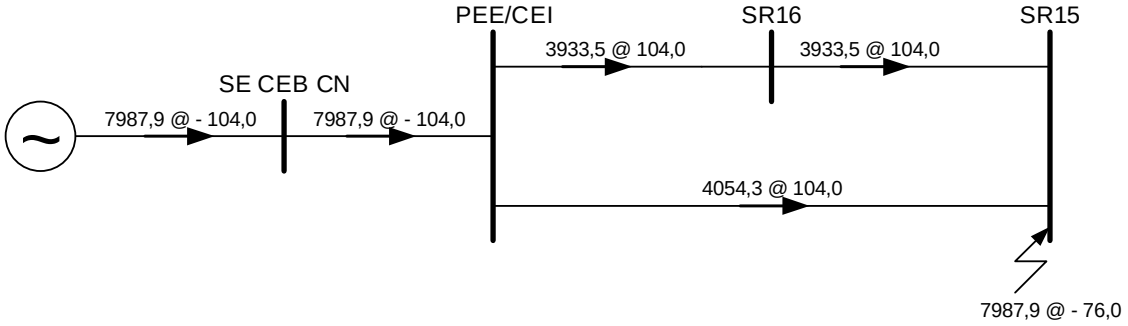


Figura Anexa 13 – Fluxo das correntes de curto-circuito trifásico na SR 15

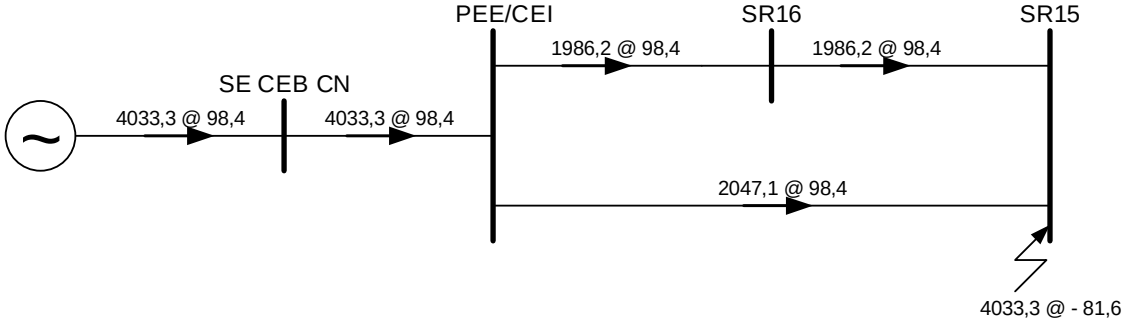


Figura Anexa 14 – Fluxo das correntes de curto-circuito fase-terra na SR 15

6.3 Trecho Asa Norte

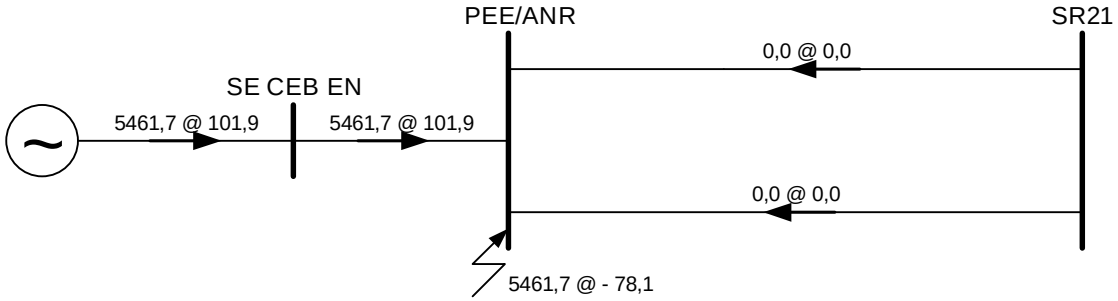


Figura Anexa 15 – Fluxo das correntes de curto-circuito trifásico no PEE/ANR

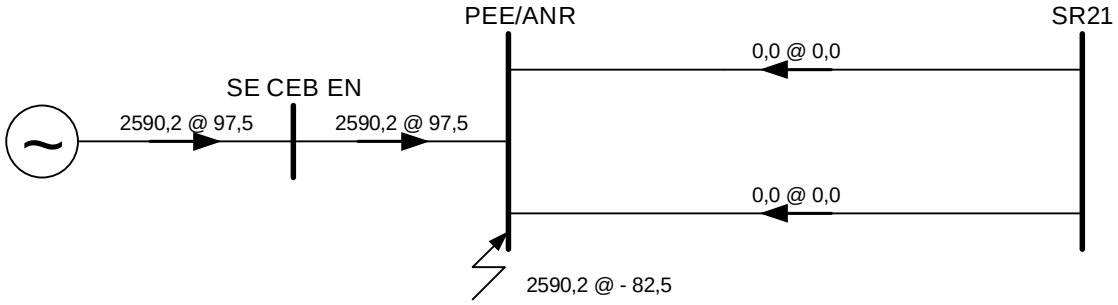


Figura Anexa 16 – Fluxo das correntes de curto-circuito fase-terra no PEE/ANR

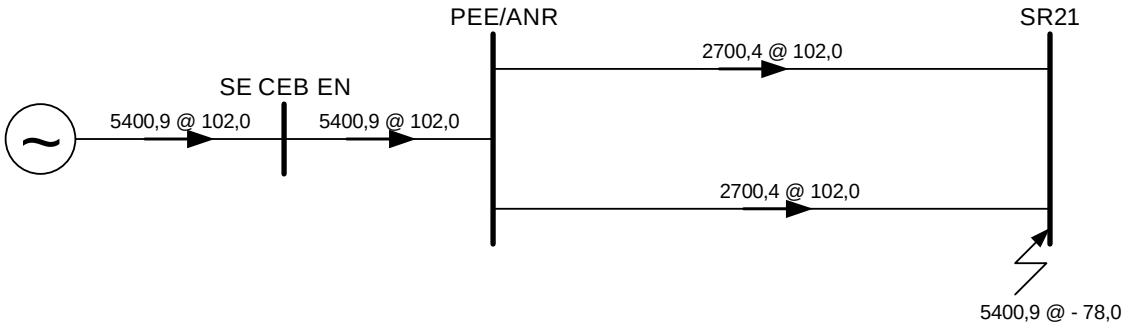


Figura Anexa 17 – Fluxo das correntes de curto-circuito trifásico na SR 21

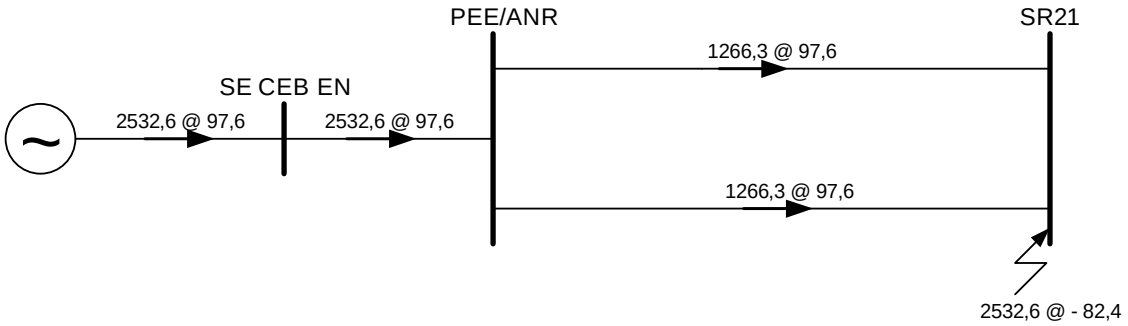


Figura Anexa 18 – Fluxo das correntes de curto-circuito fase-terra na SR 21

7 TABELA COM OS CALCULOS DO DIMENSIONAMENTO DOS TCS E TPS

IDENTIFICAÇÃO		"Z" DE CURTO CIRCUITO				GRUPOLIGAÇÃO		CARACTERÍSTICAS										
PEE	RAMO BAY	CC. TRIFÁSICO		CC. MONOFÁSICO		X0/X1<=3	R0/X1<=1	TENSÃO KV	EQUIP. TIPO	GRUPO	FAT. SOBRET.		ENR. PROT.	POT. TERM. POR ENR.	POT. SIMULT.	V. PRIM.	V. SEC. 115R3 - +/- 115V	RTP'S
		R1	jX1	R0	jX0						30 SEG.	CONT.						
PEE/SAM		0,1314	0,87793	2,08817	2,84041	GRUPO 3	GRUPO 3	13,8	TPI	3	-	1,9	1 X 0,6P75	300 VA	NA	13800 / R3	115/R3 - 115V	120 / 70 : 1
PEE/CEI		0,05618	0,70463	0,76557	1,39593	GRUPO 2	GRUPO 3	13,8	TPI	3	-	1,9	1 X 0,6P75	100 VA	NA	13800 / R3	115/R3 - 115V	120 / 70 : 1
PEE/ANR		0,15207	1,06523	2,37393	3,30653	GRUPO 3	GRUPO 3	13,8	TPI	3	-	1,9	1 X 0,6P75	100 VA	NA	13800 / R3	115/R3 - 115V	120 / 70 : 1
PEE/HIP		0,11245	0,58509	1,04905	1,715111	GRUPO 2	GRUPO 3	13,8	TPI	3	-	1,9	1 X 0,6P75	100 VA	NA	13800 / R3	115/R3 - 115V	120 / 70 : 1

DIMENSIONAMENTO DE TC's

IDENTIFICAÇÃO				CAPACIDADE DE ATENDIMENTO			CURTO CIRCUITO PASSANTE					CHECK TC P/ PROTEÇÃO								TC's DE PROTEÇÃO E MEDIÇÃO CARACTERÍSTICAS COMUNS		
												RTC RECOMENDADA			FATOR TÉRMICO	TENSÃO DE SATURAÇÃO				I térmico	I dinâmico	Nº de Enrolamentos
												"PRIa>1,5*(a>)/20 ; PRIb=(b??) SE (PRIa>PRIb, 'PRIa','PRIb')			Adequar F.T. p/ Max.Oper, SIL,Sensib. Prot.	Rburden do TC	VALORES V.saturação						
SUBESTAÇÃO	EQUIPAMENTO	TENSÃO	CARACTERIST. PRINCIPAL	AMPAC. (b)	MAX.OPER [0,9*(b)]	DECISÃO LIBERAR (c)	TRIF. MAX (a)	TRIF. MAX.	TRIF. MAX.	MONOF. MAX. (d)	DECISÃO MAIOR CC	I primário A	RTC (calculada)	I primário FINAL		Rtotal=RcaboMEDIO+ 0,0025*es	Vsat>1,2[a>]/RTC*Rtotal*(X/R)	Vsat>Rtotal*20*5	V.saturação recomendada	V.saturação adotada	Ith>>>1,5*Iccmax	Idin=2,5*Ith	
																				t>1s.	t> P/ norma	PROTEÇÃO
		KV		A	A	A	A	X/R	TAU = L/R ms	A	A (a>)					ohm	VOLTS	VOLTS	VOLTS	VOLTS	A	A	10B...
AREA SAMAMBAIA																						
PEE MDF SAM - CEB C1	BAY LT	13,8	1X240mm2/FASE	584	526	526	6867	4,7	12	2775	6867	526	120	600	1,0	0,52	168,02	52	168	200	12000	30000	10B200
PEE MDF SAM - SR64	BAY LT	13,8	1X240mm2/FASE	284	256	262	6867	4,7	12	2775	6867	515	120	600	1,0	0,52	168,02	52	168	200	12000	30000	10B200
PEE MDF SAM - SR65	BAY LT	13,8	1X240mm2/FASE	284	256	262	6867	4,7	12	2775	6867	515	120	600	1,0	0,52	168,02	52	168	200	12000	30000	10B200
SR 62 - SR 63	BAY LT	13,8	1X300mm2/FASE	340	306	259	5040	3,08	8	1790	5040	378	80	400	1,0	0,42	97,95	42	98	200	8000	20000	10B200
SR 63	BAY LT-SR 64	13,8	1X120mm2/FASE	195	176	181	2639	3,08	8	1790	2639	198	80	400	1,0	0,42	51,29	42	51	200	8000	20000	10B200
SR 63	BAY LT-SR 65	13,8	1X120mm2/FASE	195	176	198	2639	3,08	8	1790	2639	198	80	400	1,0	0,42	51,29	42	51	200	8000	20000	10B200
SR 63	BAY TRAFO	13,8	__	340	306	127	5040	3,08	8	1790	5040	378	80	400	1,0	0,42	97,95	42	98	200	8000	20000	10B200
SR 64	BAY LT-SR 63	13,8	1X120mm2/FASE	195	176	181	4458	3,73	10	1604	4458	334	80	400	1,0	0,42	104,91	42	105	200	8000	20000	10B200
SR 64	BAY LT-PEE SAM	13,8	1X240mm2/FASE	284	256	262	4458	3,73	10	1604	4458	334	80	400	1,0	0,42	104,91	42	105	200	8000	20000	10B200
SR 64	BAY TRAFO	13,8	__	340	306	92	5543	3,73	10	1995	5543	416	80	400	1,0	0,42	130,45	42	130	200	8314	20786	10B200
SR 65	BAY LT-SR 63	13,8	1X120mm2/FASE	195	176	181	6506	4,33	11	4218	6506	488	100	500	1,0	0,47	159,10	47	159	200	10000	25000	10B200
SR 65	BAY LT-PEE SAM	13,8	1X240mm2/FASE	284	256	262	6506	4,33	11	4218	6506	488	100	500	1,0	0,47	159,10	47	159	200	10000	25000	10B200
SR 65	BAY TRAFO	13,8	__	340	306	92	6665	4,33	11	4296	6665	500	100	500	1,0	0,47	162,99	47	163	200	10000	25000	10B200
SR 64	SER. AUX. E35	13,8	__	9	8	6	5543	3,73	10	1995	5543	416	80	400	1,0	0,42	130,45	42	130	200	8314	20786	10B200
SR 65	SER. AUX. E36	13,8	__	9	8	6	6665	4,33	11	4296	6665	500	100	500	1,0	0,47	162,99	47	163	200	10000	25000	10B200
PEE MDF SAM	FH	13,8	__	100	90	84	6867	4,7	12	2775	6867	515	120	600	1,0	0,52	168,02	52	168	200	12000	30000	10B200
AREA CEILÂNDIA																						
PEE MDF CEI - CEB C1	BAY LT	13,8	1X240mm2/FASE	584	526	325	9482	7,11	19	5216	9482	711	160	800	1,0	0,62	313,82	62	314	400	16000	40000	10B400
PEE MDF CEI - SR15	BAY LT	13,8	1X120mm2/FASE	195	176	163	9482	7,11	19	5216	9482,3	711	160	800	1,0	0,62	313,82	62	314	400	16000	40000	10B400
PEE MDF CEI - SR16	BAY LT	13,8	1X120mm2/FASE	195	176	162	9482	7,11	19	5216	9482,3	711	160	800	1,0	0,62	313,82	62	314	400	16000	40000	10B400
SR 15 - SR 14	BAY LT	13,8	1X120mm2/FASE	195	176	164	7969	3,73	10	3490	7969	598	120	600	1,0	0,52	154,76	52	155	200	12000	30000	10B200
SR 15	BAY LT-SR16	13,8	1X120mm2/FASE	195	176	94	5797	3,73	10	2545	5797	435	120	600	1,0	0,52	112,58	52	113	200	12000	30000	10B200
SR15	BAY LT-PEE CEI	13,8	1X120mm2/FASE	195	176	163	5797	3,73	10	2545	5797	435	120	600	1,0	0,52	112,58	52	113	200	12000	30000	10B200
SR 15	BAY TRAFO	13,8	__	340	306	92	7969	3,73	10	3499	7969	598	120	600	1,0	0,52	154,76	52	155	200	12000	30000	10B200
SR 16	BAY LT-SR15	13,8	1X120mm2/FASE	195	176	94	9082	6,13	16	4830	9081,8	681	160	800	1,0	0,62	259,14	62	259	200	16000	40000	10B200
SR 16	BAY LT-PEE CEI	13,8	1X120mm2/FASE	195	176	162	9082	6,13	16	4830	9081,8	681	160	800	1,0	0,62	259,14	62	259	200	16000	40000	10B200
SR 16	BAY TRAFO	13,8	__	340	306	92	9286	6,13	16	4939	9285,5	696	160	800	1,0	0,62	264,95	62	265	200	16000	40000	10B200
SR 15	SER. AUX. E28	13,8	__	9	8	6	7969	3,73	10	3499	7969	598	120	600	1,0	0,52	154,76	52	155	200	12000	30000	10B200
SR 16	SER. AUX. E29	13,8	__	9	8	6	9286	6,13	16	4939	9285,5	696	160	800	1,0	0,62	264,95	62	265	200	16000	40000	10B200
PEE MDF CEI	FH	13,8	__	100	90	84	9482	7,11	19	5216	9482,3	711	160	800	1,0	0,62	313,82	62	314	400	16000	40000	10B400
AREA ASA NORTE																						
PEE MDF AN - CEB C1	BAY LT C1	13,8	1X240mm2/FASE	584	526	317	6113	5,14	14	2413	6113	458	100	500	1,0	0,47	177,46	47	177	200	10000	25000	10B200
PEE MDF AN - SR21	BAY LT C1	13,8	1X240mm2/FASE	584	526	158	6113	5,14	14	2413	6113,2	458	100	500	1,0	0,47	177,46	47	177	200	10000	25000	10B200
PEE MDF AN - SR21	BAY LT C2	13,8	1X240mm2/FASE	584	526	158	6113	5,14	14	2413	6113,2	458	100	500	1,0	0,47	177,46	47	177	200	10000	25000	10B200
SR21	BAY LT-PEE NA C1	13,8	1X240mm2/FASE	584	526	158	3020	4,7	12	1178	3020	226	100	500	1,0	0,47	80,16	47	80	200	10000	25000	10B200
SR21	BAY LT-PEE NA C2	13,8	1X240mm2/FASE	584	526	158	3020	4,7	12	1178	3020	226	100	500	1,0	0,47	80,16	47	80	200	10000	25000	10B200
SR 21	BAY TRAFO	13,8	__	340	306	127	6040	4,7	12	2355	6039,6	453	100	500	1,0	0,47	160,31	47	160	200	10000	25000	10B200
SR 21	SER. AUX. E41	13,8	__	21	19	13	6040	4,7	12	2355	6039,6	453	100	500	1,0	0,47	160,31	47	160	200	10000	25000	10B200
PEE MDF AN	FH	13,8	__	100	90	84	6113	5,14	14	2413	6113,2	458	100	500	1,0	0,47	177,46	47	177	200	10000	25000	10B200
AREA HIPICA																						
PEE MDF HP - SR3	BAY LT	13,8	1X120mm2/FASE	274	247	327	13248	5,2	14	7579	13248	994	160	800	1,0	0,62	320,67	62	321	400	19872	49680	10B400
PEE MDF HP - SR4	BAY LT	13,8	1X120mm2/FASE	274	247	309	13248	5,2	14	7579	13248	994	160	800	1,0	0,62	320,67	62	321	400	19872	49680	10B400
PEE MDF HP - SR5	BAY LT	13,8	1X120mm2/FASE	274	247	247	11557,88	5,2	14	6763	11557,88	867	160	800	1,0	0,62	279,76	62	280	200	17337	43342	10B200
PEE MDF HP - SR6	BAY LT	13,8	1X120mm2/FASE	274	247	204	11557,88	5,2	14	6763	11557,88	867	160	800	1,0	0,62	279,76	62	280	200	17337	43342	10B200
PEE MDF HP	FH	13,8	__	100	90	84	13248	5,2	14	7579	13248	994	160	800	1,0	0,62	320,67	62	321	400	19872	49680	10B400
PEE MDF HP - CEB C1	BAY LT	13,8	1X240mm2/FASE	584	526	574	8391	5,2	14	4566	8391	629	160	800	1,0	0,62	203,09	62	203	200	16000	40000	10B200
PEE MDF HP - CEB C2	BAY LT	13,8	1X240mm2/FASE	584	526	574	8391	5,2	14	4566	8391	629	160	800	1,0	0,62	203,09	62	203	200	16000	40000	10B200