METRÔ - DF	ENGEVIX	CODIFICAÇÃO ENGEVIX P00160/01-5X-RL-0013-0

SETOR	
ENDEREÇO	
PROPRIETÁRIO	METRÔ - DF
AUTOR DO PROJETO	VITO LABATE
RESPONSÁVEL TÉCNICO	

METRÔ - DF

VITO LABATE CREA N° 260563453-1

METRÔ - DF

SISTEMA	ENERGIA
SUBSISTEMA	ESTUDOS
LOCAL	GERAL

VISTO	DATA
ELJ/RJF	10/03/14
APROVADO	DATA
OOP	19/05/14
ESCALA	ETAPA DO PROJ.
S/ESC.	Básico
N MICROFILME	FOLHA
	1/38

COMPONENTES /TIPO DE DOCUMENTO	AREA DE CONST.
RELATÓRIO TÉCNICO CONSOLIDADO ESTUDO DE FLUXO DE CARGAS	-
CODIFICAÇÃO	REVISÃO
RT.4/EX.99/00.013	**1**

1	APROVADO CONFORME PARECER n° 069/14 – TDME – ENERGIA	19/05/14	ViLa	MHY	ITF	ELJ/RJF	OOP
0A	REVISADO CONFORME PARECER n° 038/14 – TDME – ENERGIA	14/04/14	ViLa/ JoWe	LPdA	JoWe	ELJ/RJF	OOP
0	EMISSÃO INICIAL	10/03/14	ViLa	RGCdA/ JoWe	JoWe	ELJ/RJF	OOP
N°	MODIFICAÇÃO	DATA	FEITO	VISTO	APROV.	DATA	APROV.
		CONTRATADA				**METRÔ - DF**	
R E V I S Õ E S							

METRÔ DF
RT.4/EX.99/00.013

ESTUDO DE FLUXO DE CARGAS

SISTEMA DE ENERGIA
PROJETO BÁSICO

SUMÁRIO

1 OBJETIVO 8
2 METODOLOGIA DE CÁLCULO 9
3 CONFIGURAÇÕES DOS SETORES DE ALIMENTAÇÃO DA REDE DE MÉDIA TENSÃO E CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO 9
3.1 CONFIGURAÇÃO DO SETOR SAMAMBAIA 10
3.2 CONFIGURAÇÃO DO SETOR CEILÂNDIA 11
3.3 CONFIGURAÇÃO DO SETOR ASA NORTE 12
4 DADOS DE ENTRADA PARA OS CÁLCULOS 14
4.1 PARÂMETROS DOS CABOS DE MÉDIA TENSÃO 14
4.2 CARACTERÍSTICAS DOS CIRCUITOS DOS SETORES 16
4.2.1 SETOR CEILÂNDIA 16
4.2.2 SETOR SAMAMBAIA 17
4.2.3 SETOR ASA NORTE 18
4.3 CARGAS DE TRAÇÃO E DE SERVIÇOS AUXILIARES 18
4.3.1 TRAÇÃO 18
4.3.2 SERVIÇOS AUXILIARES 19
4.3.3 POTÊNCIA TOTAL APLICADA NO DIMENSIONAMENTO 20
4.4 TENSÕES NAS BARRAS DOS PEES 20
5 DIMENSIONAMENTO DOS CIRCUITOS DE TRAÇÃO 21
5.1 IMPEDÂNCIAS 21
5.1.1 TRECHO CEILÂNDIA 21
5.1.2 TRECHO SAMAMBAIA 21
5.1.3 SETOR ASA NORTE 22
5.2 VERIFICAÇÃO DAS AMPACIDADES 22
5.2.1 SETOR SAMAMBAIA 22
5.2.2 SETOR CEILÂNDIA 23
5.2.3 SETOR ASA NORTE 23
5.3 TENSÕES MÍNIMAS NAS BARRAS 23
6 CONCLUSÃO 24
7 RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES. 25
7.1 SETOR SAMAMBAIA ÍNTEGRO 25

7.2 ALIMENTADOR SAM – SR65 FORA DE OPERAÇÃO 26
7.3 ALIMENTADOR SAM - SR64 FORA DE OPERAÇÃO 27
7.4 SETOR SAMAMBAIA ALIMENTADO PELO CIRCUITO DE SOCORRO 28
7.5 SETOR CEILÂNDIA ÍNTEGRO 29
7.6 ALIMENTADOR CEI – SR16 FORA DE OPERAÇÃO 30
7.7 ALIMENTADOR CEI – SR15 FORA DE OPERAÇÃO 31
7.8 SETOR CEILÂNDIA ALIMENTADO PELO CIRCUITO DE SOCORRO 32
7.9 SETOR ASA NORTE ÍNTEGRO 33
7.10 ALIMENTADOR ANR – SR21 FORA DE OPERAÇÃO (RESULTADOS VÁLIDOS PARA QUALQUER UM DOS 2 ALIMENTADORES FORA DE OPERAÇÃO) 34
ANEXOS 35
ANEXO I - DIMENSIONAMENTO DE MÉDIA TENSÃO 36
ANEXO II - DADOS DA CEB 66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 - Setor Samambaia - Íntegro 10

Figura 3.2 - Setor Samambaia - Alimentação PEE/SAM – SR64 - Fora de Operação 10

Figura 3.3 - Setor Samambaia - Alimentação PEE/SAM – SR65 - Fora de Operação 10

Figura 3.4 - Setor Samambaia – Interligação com setor existente 11

Figura 3.5 - Setor Ceilândia - Integro 11

Figura 3.6 - Setor Ceilândia - Alimentação PEE/CEI – SR15 - Fora de Operação 11

Figura 3.7 - Setor Ceilândia - Alimentação PEE/CEI – SR16 - Fora de Operação 12

Figura 3.8 - Setor Ceilândia – Interligação com setor existente 12

Figura 3.9 - Setor Asa Norte - Integro 12

Figura 3.10 - Alimentação 1 – PEE/ANR – SR21 - Fora de Operação 13

Figura 3.11 - Alimentação 2 – PEE/ANR – SR21 - Fora de Operação 13

Figura 4.1 - Modos de Instalação 14

Figura 4.2 - Esquemático da instalação - Setor Ceilândia 16

Figura 4.3 - Esquemático da instalação – Setor Samambaia 17

Figura 7.1 - Diagrama de Barras – Setor Samambaia Íntegro 25

Figura 7.2 - Diagrama de Barras – Setor Samambaia SR 65 fora 26

Figura 7.3 - Diagrama de Barras – Setor Samambaia SR64 fora 27

Figura 7.4 - Diagrama de Barras – Setor Samambaia socorro pela SR62 28

Figura 7.5 - Diagrama de Barras – Setor Ceilândia Íntegro 29

Figura 7.6 - Diagrama de Barras – Setor Ceilândia SR16 fora 30

Figura 7.7 - Diagrama de Barras – Setor Ceilândia SR15 fora 31

Figura 7.8 - Diagrama de Barras – Setor Ceilândia socorro pela SR14 32

Figura 7.9 - Diagrama de Barras – Setor Asa Norte Íntegro 33

Figura 7.10 - Diagrama de Barras – Setor Asa Norte Degradado 34

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.1- Impedâncias dos cabos em ohms/km para os tipos de instalação 14

Tabela 4.2 - Ampacidade dos cabos para os tipos de instalação 15

Tabela 4.3 - Comprimentos dos circuitos em função dos tipos de instalação – Trecho Ceilândia 16

Tabela 4.4 - Comprimentos dos circuitos em função dos tipos de instalação – Trecho Samambaia..... 17

Tabela 4.5 - Comprimentos dos circuitos em função dos tipos de instalação – Trecho Asa Norte 18

Tabela 4.6 - Carga dos circuitos de Tração..... 19

Tabela 4.7 - Carga dos circuitos de Auxiliares 19

Tabela 4.8 - Potências Totais aplicadas para dimensionamento 20

Tabela 4.9 – Tensões aplicadas nos PEEs..... 20

Tabela 5.1 - Impedâncias aplicadas para dimensionamento – Trecho Ceilândia 21

Tabela 5.2 - Impedâncias aplicadas para dimensionamento – Trecho Samambaia .. 21

Tabela 5.3 - Impedâncias aplicadas para dimensionamento – Trecho Asa Norte 22

Tabela 5.4 - Verificação das Ampacidades – Trecho Samambaia..... 22

Tabela 5.5 - Verificação das Ampacidades – Trecho Ceilândia..... 23

Tabela 5.6 - Verificação das Ampacidades – Trecho Asa Norte..... 23

1 OBJETIVO

O presente relatório tem por objetivo apresentar os resultados dos cálculos para o dimensionamento dos cabos dos circuitos dos novos setores da rede de distribuição em média tensão do Metrô-DF.

Os novos setores da Rede de Alimentação do Metrô-DF estão assim definidos:

- Setor Ceilândia;
- Setor Samambaia;
- Setor Asa Norte.

Esses setores são alimentados por Subestações da Concessionária local CEB de 138/13,8 kV da seguinte forma:

- Setor Ceilândia – SE CEB CEILÂNDIA NORTE;
- Setor Samambaia – SE CEB SAMAMBAIA OESTE;
- Setor Asa Norte – SE CEB ESTÁDIO NACIONAL.

Os alimentadores dos novos setores da Rede de Alimentação do Metrô-DF derivam dos barramentos de 13,8 kV das SEs CEB e entregam a energia para o metrô em Painéis de Entrada de Energia – PEEs, específicos de cada setor onde são feitas as Medições de Faturamento dos setores e caracterizam a fronteira das instalações da CEB e do Metrô-DF. Cada PEE, por padronização, é alimentado por dois circuitos de 13,8 kV oriundos das SEs CEB.

Em resumo:

- SE CEB CN alimenta o PEE/CEI, que distribui a energia para o Setor Ceilândia;
- SE CEB SO alimenta o PEE/SAM, que distribui a energia para o Setor Samambaia;
- SE CEB EN alimenta o PEE/ANR, que distribui a energia para o Setor Asa Norte.

Portanto, os estudos irão dimensionar os circuitos a partir das citadas fronteiras (PEEs) para a parte interna do Metrô. Os circuitos de alimentação dos PEEs são de responsabilidade da CEB.

Serão também dimensionados os cabos de interligação com rede existente do Metrô-DF para o caso de perda do PEE (Painel de Entrada de Energia) do Setor, quais sejam:

- Interligação de emergência entre a SR15 e a SR14 para socorro do Setor Ceilândia;
- Interligação de emergência entre a SR63 e a SR62 (antiga SR15) para socorro do Setor Samambaia.

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

Os diagramas das configurações dos setores são mostrados no item 3.

O Diagrama Unifilar Geral da Rede de Alimentação do Metrô-DF, documento DG.4/EE.99/00.101 apresenta uma visão geral da rede caracterizando os novos setores e os setores existentes.

2 METODOLOGIA DE CÁLCULO

Para as simulações dos vários casos de fluxo de potência na rede de média tensão será utilizado um programa desenvolvido com base em método iterativo de cálculo, que calcula as tensões nas barras (Subestações Retificadoras e Auxiliares) do setor, a partir da tensão de 1 p.u. na barra de origem da alimentação. Dependendo do caso simulado, essa barra pode ser a barra do PEE próprio do setor ou a barra da SR do setor existente de onde provem a alimentação de emergência. A partir das tensões nas barras são calculados os fluxos de potência ativa e reativa e as correntes correspondentes nos circuitos de interligação.

3 CONFIGURAÇÕES DOS SETORES DE ALIMENTAÇÃO DA REDE DE MÉDIA TENSÃO E CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO.

Na condição normal de operação a alimentação é feita através dos 2 circuitos que derivam do PEE do Setor, 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 Setor 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, através de circuitos que derivam das suas barras de média tensão, às subestações de serviços auxiliares das estações.

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 própria do setor, como também os casos de degradação considerados.

Os casos de degradação considerados são os seguintes:

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

Não serão considerados casos de dupla degradação, ou seja, de perda simultânea de 2 elementos do setor. Isso significa que, em cada caso simulado, apenas um dos circuitos do setor estará fora de operação. Caso ocorra dupla degradação na operação (2 circuitos simultaneamente fora de operação) deverão ser impostas restrições operacionais ao tráfego dos trens.

Nos diagramas a seguir são mostradas as configurações dos setores correspondentes a cada caso simulado. Os disjuntores são representados como abertos, com o símbolo vazio, ou fechados, com o símbolo hachurado. A configuração de cada caso é determinada pela condição operacional dos disjuntores.

3.1 Configuração do Setor Samambaia

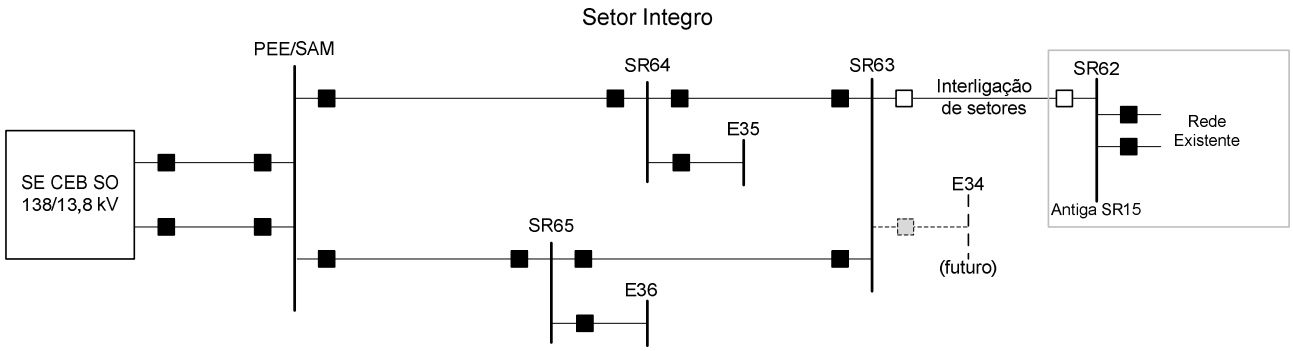


Figura 3.1 - Setor Samambaia - Íntegro

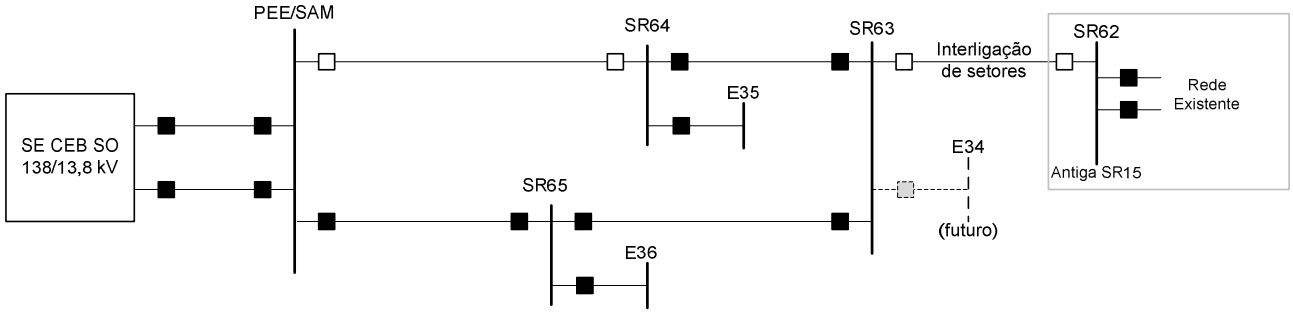


Figura 3.2 - Setor Samambaia - Alimentação PEE/SAM – SR64 - Fora de Operação

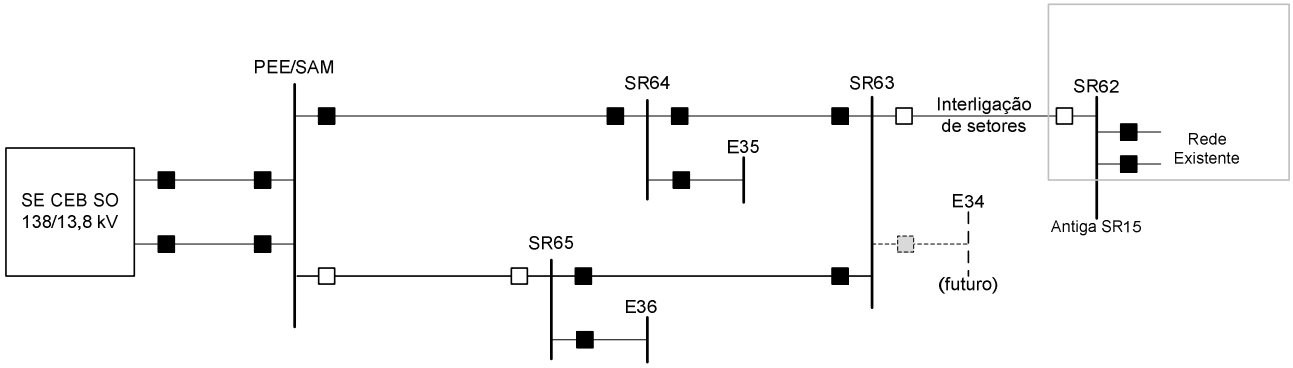


Figura 3.3 - Setor Samambaia - Alimentação PEE/SAM – SR65 - Fora de Operação

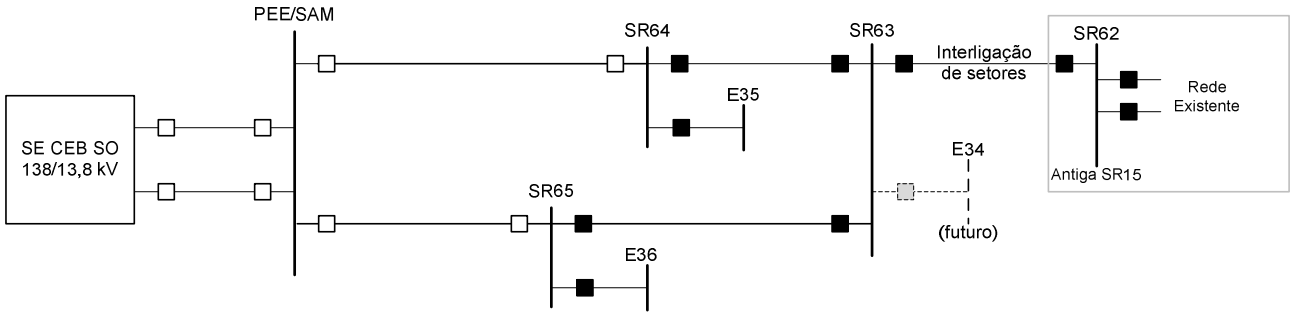


Figura 3.4 - Setor Samambaia – Interligação com setor existente

3.2 Configuração do Setor Ceilândia

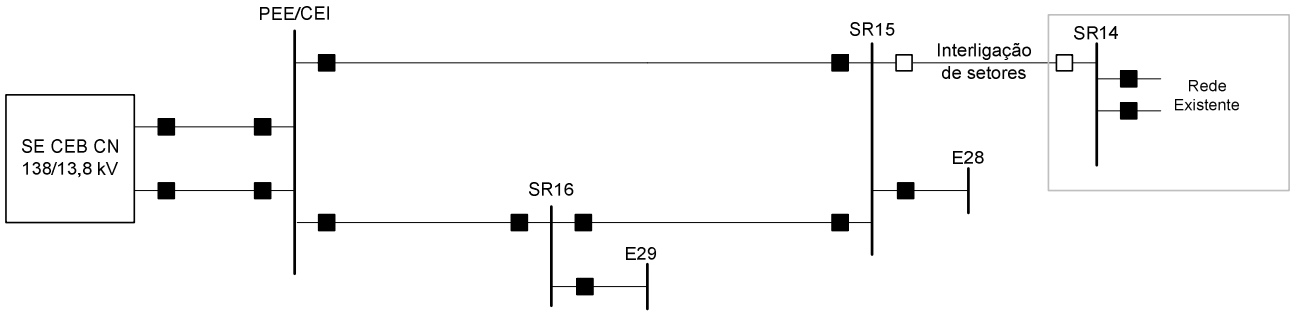


Figura 3.5 - Setor Ceilândia - Integro

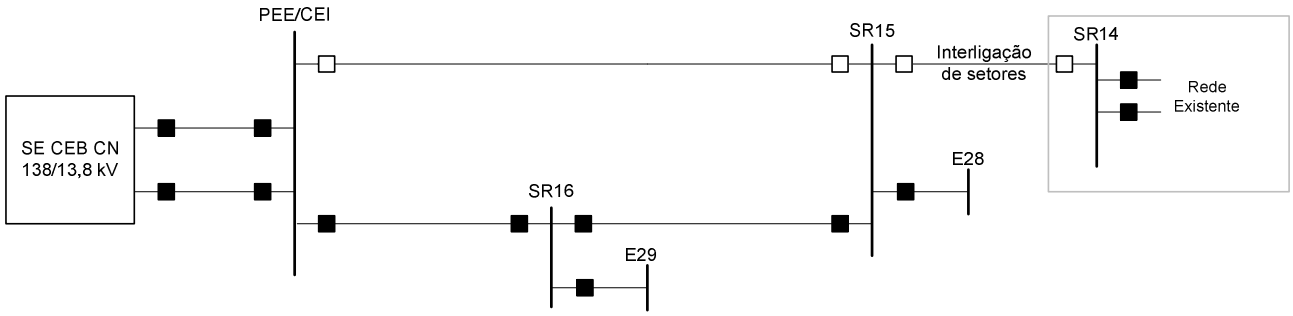


Figura 3.6 - Setor Ceilândia - Alimentação PEE/CEI – SR15 - Fora de Operação

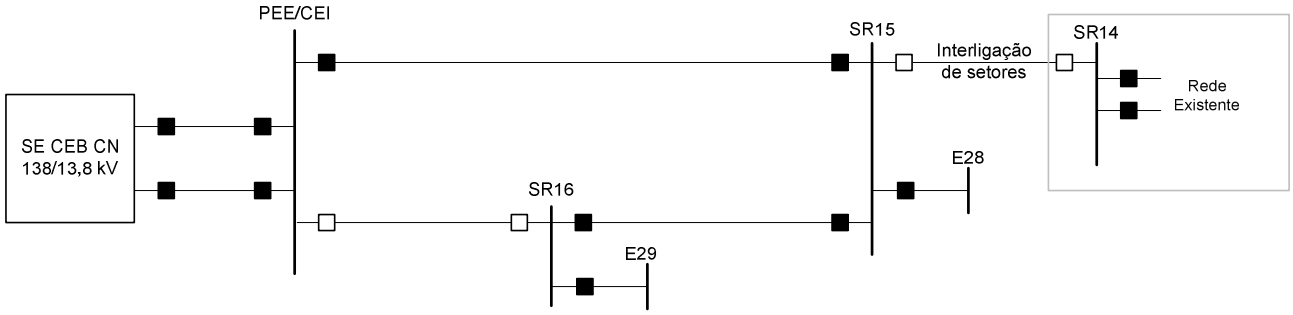


Figura 3.7 - Setor Ceilândia - Alimentação PEE/CEI – SR16 - Fora de Operação

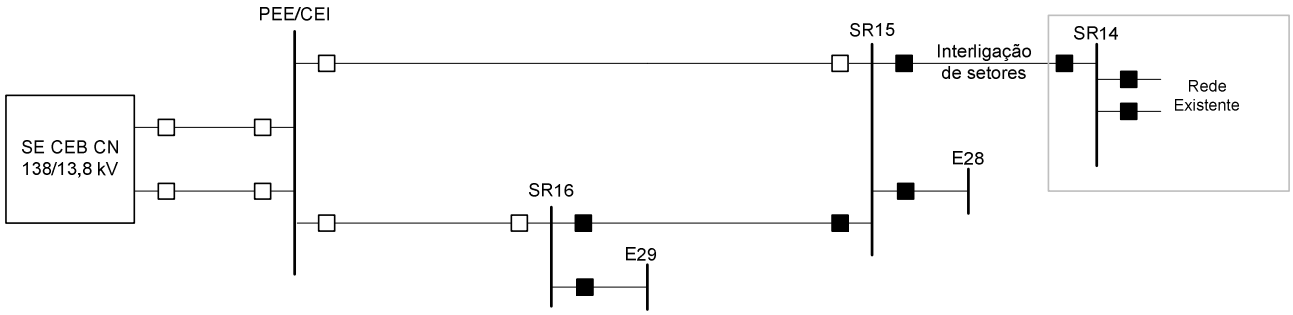


Figura 3.8 - Setor Ceilândia – Interligação com setor existente

3.3 Configuração do Setor Asa Norte

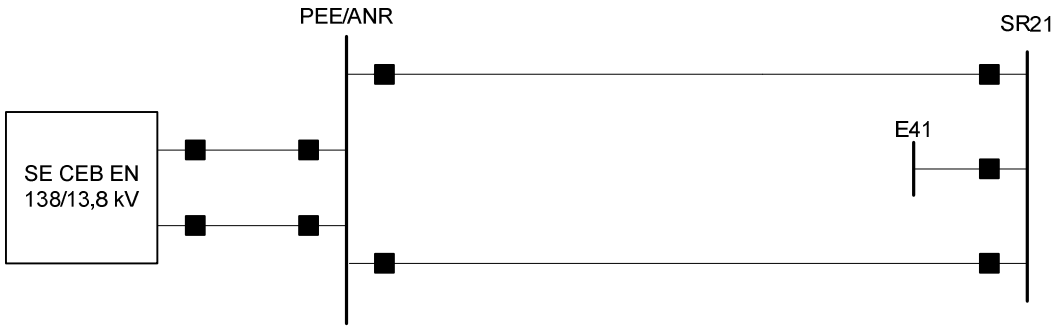


Figura 3.9 - Setor Asa Norte - Integro

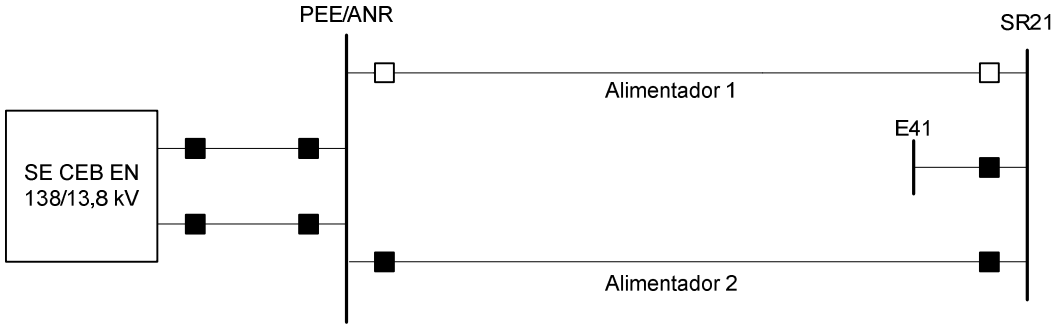


Figura 3.10 - Alimentação 1 – PEE/ANR – SR21 - Fora de Operação

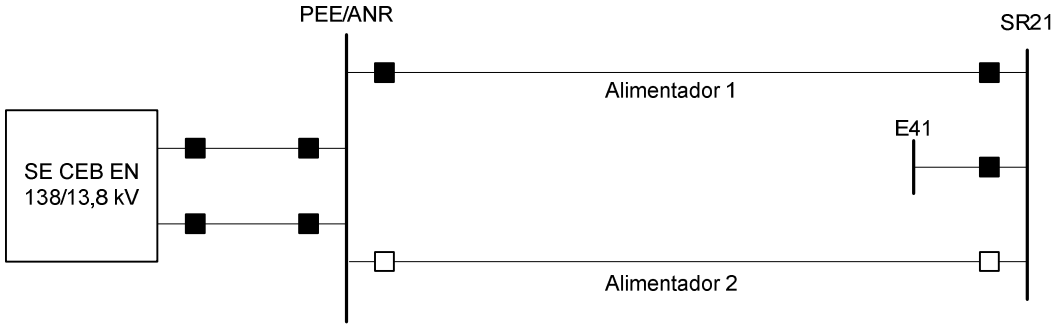


Figura 3.11 - Alimentação 2 – PEE/ANR – SR21 - Fora de Operação

4 DADOS DE ENTRADA PARA OS CÁLCULOS.

4.1 Parâmetros dos cabos de média tensão

Foram considerados cabos de 15 kV com isolação em EPR (temperatura máxima em regime de 90° C). A instalação pode ser em duto, perfilado ou trifólio.

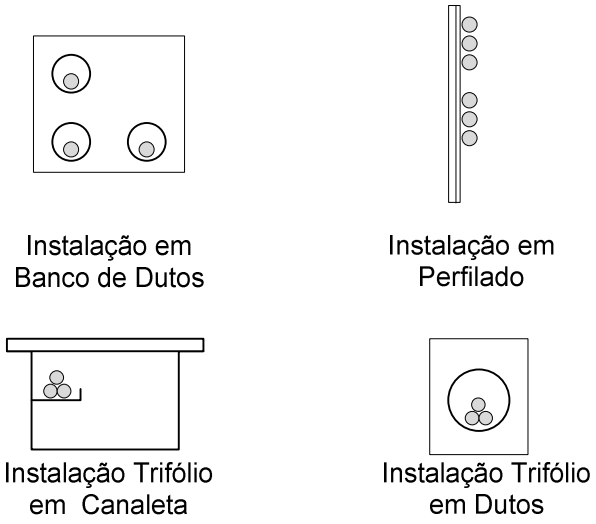


Figura 4.1 - Modos de Instalação

As resistências e reatâncias específicas para as bitolas dos cabos utilizados foram obtidas do catálogo da Prysmian para cabos Eprotenax, 8,7/15 kV (ver anexo 1 – página 22), e são indicadas na tabela abaixo.

Bitola (mm^2)	Impedâncias em ohms/km para os tipos de instalação		
	duto	perfilado	trifólio
120	0,211 + 0,286j	0,202 + 0,204j	0,198 +0,134j
240	0,111 + 0,258j	0,103 + 0,189j	0,1 + 0,12j
300	0,097 + 0,249J	0,087 + 0,186J	0,082 +0,117J

Tabela 4.1- Impedâncias dos cabos em ohms/km para os tipos de instalação

No caso de alimentadores com diferentes tipos de instalação, a impedância será a soma das impedâncias de cada trecho, iguais ao produto da impedância específica para o tipo de instalação pelo comprimento do trecho.

Para a verificação da capacidade dos circuitos serão consideradas as ampacidades da tabela abaixo para 1 cabo/fase, obtidas de catálogo do fabricante Prysmian, com a utilização de fator de agrupamento 0,9 e fator de temperatura 0,9.

Bitola (mm^2)	Ampacidade (A)			
	duto	perfilado	Trifólio (canal.)	Trifólio (duto)
120	195,2	380,7	273,8	169,3
240	284,3	584,0	412,3	245,5
300	319,1	667,4	465,8	275,4

Tabela 4.2 - Ampacidade dos cabos para os tipos de instalação

Para os alimentadores com mais de um tipo de instalação será considerada no dimensionamento do cabo a menor ampacidade dentre os tipos existentes.

A titulo de exemplo é apresentado a seguir a forma de cálculo da ampacidade dos circuitos de bitola 120 mm^2, para instalação em trifólio em canaleta.

A capacidade em A do cabo, obtida da tabela da Prysmiam (ver anexo 1 – páginas 11 e 12) para esse tipo de cabo em canaleta é 338 A. Aplicados os fatores de correção mencionados acima a essa capacidade resulta a ampacidade do circuito, como segue:

$$338 \times 0{,}9 \times 0{,}9 = 273{,}8\ A$$

4.2 Características dos Circuitos dos Setores

Nas figuras e tabelas a seguir são mostrados os circuitos de cada setor, os tipos de instalação e os respectivos comprimentos.

4.2.1 Setor Ceilândia

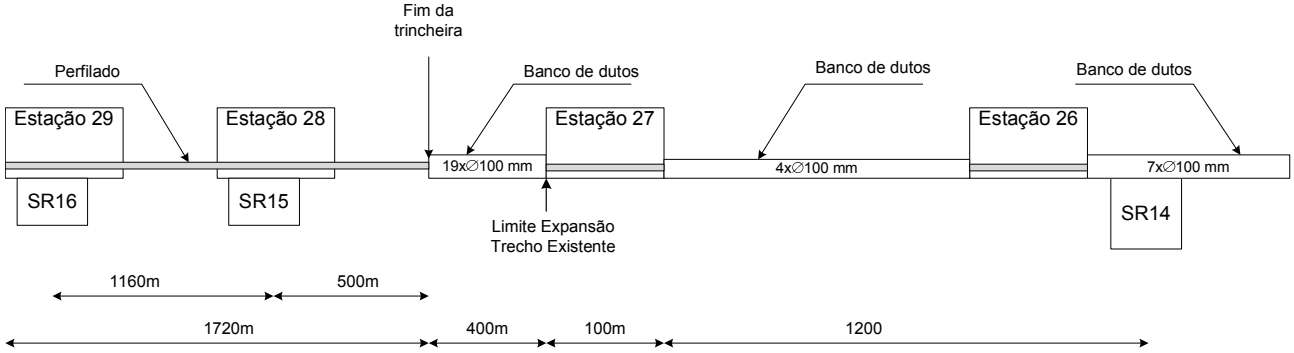


Figura 4.2 - Esquemático da instalação - Setor Ceilândia

De	Para	Distância Total (km)	Tipo de instalação e distância em km			
			duto	perfilado	Trifólio (canaleta)	Trifólio (duto)
PEE/CEI	SR16	0,080	x	0,080	x	
SR16	SR15	1,30	x	1,30	x	
PEE/CEI	SR15	1,30	x	1,30	x	
SR15	SR14	2,200	1,50	0,70	x	
SR16	E29	0,025	x		x	0,025
SR15	E28	0,025	x		x	0,025

Tabela 4.3 - Comprimentos dos circuitos em função dos tipos de instalação – Trecho Ceilândia

4.2.2 Setor Samambaia

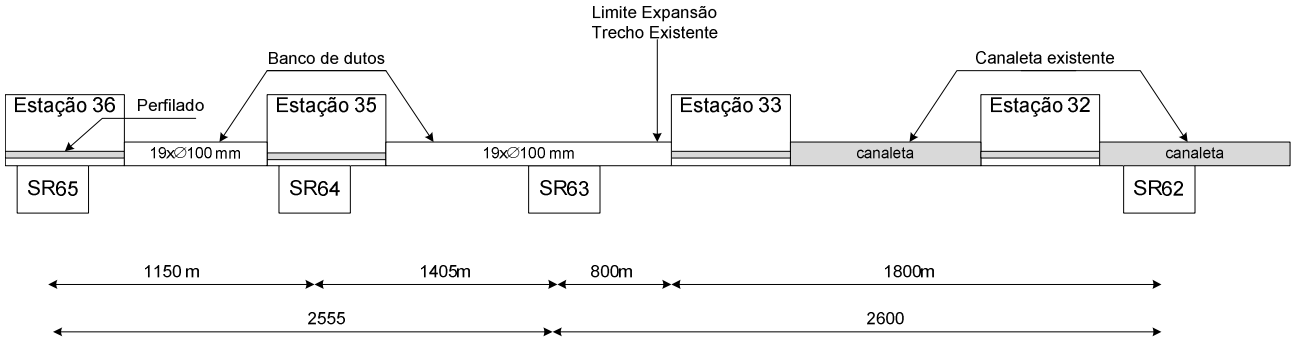


Figura 4.3 - Esquemático da instalação – Setor Samambaia

De	Para	Distância Total (km)	Tipo de instalação e distância em km			
			duto	perfilado	Trifólio (canaleta)	Trifólio (duto)
PEE/SAM	SR65	0,130	0,130	x	x	
SR65	SR63	2,555	2,405	0,150	x	
SR64	SR63	1,405	1,355	0,050	x	
PEE/SAM	SR64	1,290	1,150	0,140	x	
SR63	SR62	2,780	0,980	0,200	1,600	
SR64	E35	0,025	x	x		0,025
SR65	E36	0,025	x	x		0,025
SR63	E34	0,370	0,370	x	x	

Tabela 4.4 - Comprimentos dos circuitos em função dos tipos de instalação – Trecho Samambaia

4.2.3 Setor Asa Norte

De	Para	Distância Total (km)	Tipo de instalação e distância em km			
			duto	perfilado	Trifólio (canaleta)	Trifólio (duto)
PEE/ANR	SR21 (AL1)	0,150	x	0,150	x	
PEE/ANR	SR21 (AL2)	0,150	x	0,150	x	
SR21	E41	0,025	x	x		0,025

Tabela 4.5 - Comprimentos dos circuitos em função dos tipos de instalação – Trecho Asa Norte

4.3 Cargas de Tração e de Serviços Auxiliares

As seguintes potências foram consideradas nas simulações de fluxo de cargas:

4.3.1 Tração

Foram consideradas as potências obtidas das simulações elétricas para o caso íntegro constantes no relatório RT.4/EX.99/00.007. Essas potências correspondem aos valores em regime no horário de pico para o "*headway*" de 180 seg.

Foi aplicado um fator igual a 0,8 a esses resultados da simulação para levar em conta que os mesmos são conservativos. As principais razões para isso são:

- As simulações não levam em conta a regeneração, ou seja, a troca de potência entre trens em fase de aceleração e frenagem. Essa redução pode ser da ordem de 15% a 30% da potência requerida;

- Nas simulações é considerado que todos os trens estão com a sua carga total de passageiros. Na prática o peso médio dos trens é usualmente inferior a esse valor.

- Não são levados em conta os atrasos na circulação dos trens, que usualmente ocorrem durante a operação.

A partir desses valores reduzidos, com a adoção de um rendimento de 98% e de um fator de potência de 0,96 para os grupos retificadores, foram obtidos os valores de potência ativa e reativa indicados na tabela a seguir.

Subestação	Potências da Simulação (kW) (x 0,8) Fator de Multiplicação	Potência Ativa (kW) (x 0,98) Rendimento	Potência Reativa (kVAr) (x 0,96) Fator de Potência
SR16	1396	1424	415
SR15	1996	2036	594
SR65	1314	1341	391
SR64	1694	1729	504
SR63	2594	2646	772
SR21	3244	3310	965,5

Tabela 4.6 - Carga dos circuitos de Tração

4.3.2 Serviços Auxiliares

As potências das cargas foram calculadas a partir da potência instalada nas Subestações Auxiliares com a aplicação de um fator de diversidade de 0,6 sobre a potência nominal de um dos trafos, visto que os 2 trafos instalados são redundantes. Foi considerando um fator de potência de 0,8.

Subestação	Potência Instalada (kVA)	Potência Ativa (kW)	Potência Reativa (kVAr)
E28	2x225	108	81
E29	2x225	108	81
E34 (futura)	2x225	108	81
E35	2x225	108	81
E36	2x225	108	81
E41	2x750	360	270

Tabela 4.7 - Carga dos circuitos de Auxiliares

4.3.3 Potência Total aplicada no dimensionamento

As Potências Totais aplicadas no dimensionamento são as requeridas nas barras das Subestações Retificadoras e correspondem ao somatório das potências das cargas de tração e auxiliares. Essas potências são representadas nas barras das SRs.

Subestação	Potência Ativa (kW)	Potência Reativa (kVAr)	Potência Aparente (kVA)	Ângulo de Fase (Graus)
SR16	1532	496	1610,29	17,94
SR15	2144	675	2247,75	17,48
SR65	1449	472	1523,94	18,04
SR64	1837	585	1927,90	17,66
SR63	2754	853	2883,08	17,21
SR21	3670	1235,5	3872,4	18,61

Tabela 4.8 - Potências Totais aplicadas para dimensionamento

4.4 Tensões nas Barras dos PEEs

Serão consideradas nas barras dos PEEs as tensões das barras de 13,8 kV da concessionária, que alimentam os 3 novos setores da rede de distribuição do Metrô. Essas tensões correspondem a 1 p.u em cada caso simulado, lembrando que não ocorre o paralelismo entre essas barras. As tensões em kV das barras foram informadas pela Concessionária CEB, ver anexo II.

Subestação	Tensão (kV)
PEE/ANR	13,4
PEE/CEI	13,8
PEE/SAM	13,9

Tabela 4.9 – Tensões aplicadas nos PEEs

Para a situação de alimentação de contingência foram consideradas as tensões de 13,7 kV nas barras das SRs 14 e 32 (antiga SR15).

Todas as tensões estão representadas também em pu, o que torna facilmente ajustável os valores em kV para tensões diferentes nas barras de referência e, consequentemente, a determinação das correntes eficazes.

5 DIMENSIONAMENTO DOS CIRCUITOS DE TRAÇÃO

Inicialmente foram realizadas simulações de fluxo de potência preliminares considerando bitolas estimadas nos alimentadores. Com os resultados obtidos foram feitas as correções necessárias e realizadas novas simulações para obter os resultados finais. Em todos os casos resultou apenas 1 cabo/fase.

A tabela a seguir mostra as bitolas escolhidas para cada circuito com as respectivas impedâncias calculadas da forma descrita no item 4.1. Esses valores foram utilizados nos cálculos finais cujos resultados são apresentados no item 7.

5.1 Impedâncias

5.1.1 Trecho Ceilândia

De	Para	Bitola (mm^2)	Impedâncias (Ω)
PEE/CEI	SR16	120	0,0162 + 0,0163j
SR16	SR15	120	0,2545 + 0,2570j
PEE/CEI	SR15	120	0,2626 + 0,2652j
SR15	SR14	120	0,4579 + 0,5718j
SR16	E29	120	0,0049 + 0,0033j
SR15	E28	120	0,0049 + 0,0033j

Tabela 5.1 - Impedâncias aplicadas para dimensionamento – Trecho Ceilândia

5.1.2 Trecho Samambaia

De	Para	Bitola (mm^2)	Impedâncias (Ω)
PEE/SAM	SR65	240	0,0134 + 0,0246j
SR65	SR63	120	0,5377 + 0,7184j
SR64	SR63	120	0,2960 + 0,3977j
PEE/SAM	SR64	240	0,1421 + 0,3232j
SR63	SR62	300	0,2437 + 0,4684j
SR64	E35	120	0,0049 + 0,0033j
SR65	E36	120	0,0049 + 0,0033j
SR63	E34	120	0,0780 + 0,1058j

Tabela 5.2 - Impedâncias aplicadas para dimensionamento – Trecho Samambaia

5.1.3 Setor Asa Norte

De	Para	Bitola (mm^2)	Impedâncias (Ω)
PEE/ANR (AL1)	SR21	240	0,0154 + 0,0283j
PEE/ANR (AL2)	SR21	240	0,0154 + 0,0283j
SR21	E41	120	0,0049 + 0,0033j

Tabela 5.3 - Impedâncias aplicadas para dimensionamento – Trecho Asa Norte

5.2 Verificação das Ampacidades

Na tabela a seguir são apresentadas as maiores correntes eficazes em cada alimentador dentre os casos simulados para cada setor. Essas correntes são confrontadas com a ampacidade do alimentador, sempre considerando o pior caso quando o alimentador tem mais de um tipo de instalação. Na coluna da extremidade são apresentadas as porcentagens das correntes calculadas em relação à ampacidade.

Num único caso (alimentador SR65-SR63 do Setor Samambaia) a ampacidade do cabo é superada pela maior corrente. Considerando, contudo, que a capacidade é superada em apenas 7% e que a maior corrente ocorre em caso de sistema degradado, consideramos adequada a bitola escolhida.

5.2.1 Setor Samambaia

De	Para	Maior Corrente calculada (A)	Cabos/fase x bitola mm^2	Ampacidade (A)	% da Capacidade
PEE/SAM	SR65	264,9	1 x 240	284,3	93,2
SR65	SR63	201,5	1 x 120	195,2	103,2
SR64	SR63	185,3	1 x 120	195,2	94,9
PEE/SAM	SR64	266,8	1 x 240	284,3	93,8
SR63	SR62	268,5	1 x 300	319,4	84,1

Tabela 5.4 - Verificação das Ampacidades – Trecho Samambaia

5.2.2 Setor Ceilândia

De	Para	Maior Corrente calculada (A)	Cabos/fase x bitola mm^2	Ampacidade (A)	% da Capacidade
PEE/CEI	SR16	161,6	1 x 120	195,2	82,8
SR16	SR15	94,2	1 x 120	380,7	24,7
PEE/CEI	SR15	163,0	1 x 120	195,2	83,5
SR15	SR14	163,4	1 x 120	195,2	83,7

Tabela 5.5 - Verificação das Ampacidades – Trecho Ceilândia

5.2.3 Setor Asa Norte

De	Para	Maior Corrente calculada (A)	Cabos/fase x bitola mm^2	Ampacidade (A)	% da Capacidade
PEE/ANR	SR21	167,0	1 x 240	284,3	58,7
PEE/ANR	SR21	167,0	1 x 240	284,3	58,7

Tabela 5.6 - Verificação das Ampacidades – Trecho Asa Norte

Observação: como os 2 alimentadores que interligam o PEE/ANR e a SR21 são idênticos, foi feita uma única simulação de caso de degradação pela perda de alimentador.

5.3 Tensões mínimas nas barras

As mínimas tensões calculadas em cada setor são as seguintes:

- 0,976 p.u. no Setor Samambaia;
- 0,985 p.u. no Setor Ceilândia;
- 0,996 p.u. no Setor Asa Norte.

6 CONCLUSÃO

A partir dos resultados apresentados no item anterior, verifica-se que os cabos escolhidos são compatíveis com as correntes máximas calculadas através das simulações, com diferentes porcentagens de utilização, conforme mostrado na coluna “% da Capacidade”.

Apenas em um caso, do alimentador SR65-SR63 do Setor Samambaia, a ampacidade do cabo é superada ligeiramente pela maior corrente calculada para esse circuito. Ainda assim, conforme exposto acima esse resultado é considerado aceitável em função das condições conservativas do dimensionamento e por tratar-se de condição de sistema degradado. Ou seja, para uma situação como a verificada, uma superação de até 10% é plenamente aceitável no dimensionamento.

Com relação às quedas de tensão na rede, os valores resultantes, mostrados no item 5.3, são aceitáveis, visto que a maior queda calculada não supera 3%.

7 RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES.

7.1 Setor Samambaia Íntegro

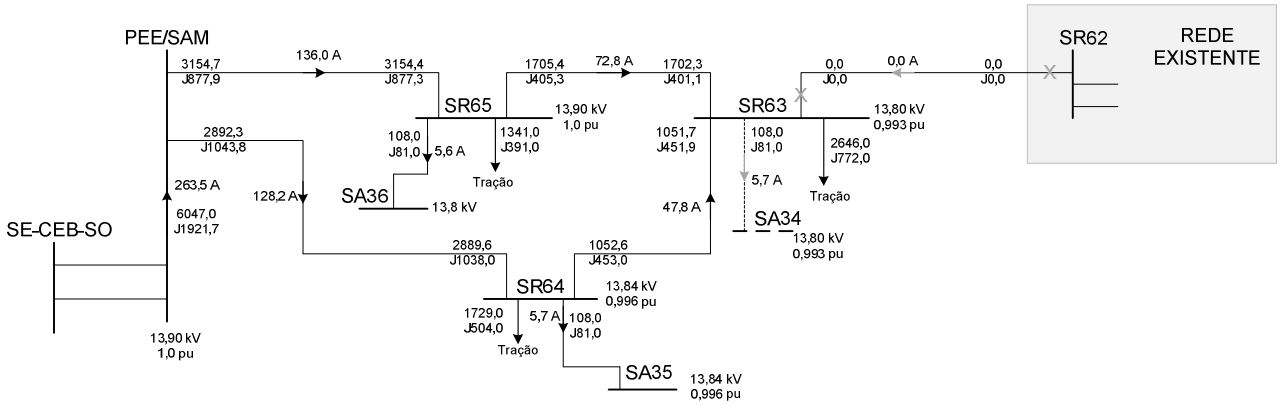


Figura 7.1 - Diagrama de Barras – Setor Samambaia Íntegro

Tensões nas barras em p.u.

Barra SAM : 1,000 p.u.
Barra SR65 : 1,000 p.u.
Barra SR64 : 0,996 p.u.
Barra SR63 : 0,993 p.u.
Barra E36 : 1,000 p.u.
Barra E35 : 0,996 p.u.
Barra E34 : 0,993 p.u.

Potências

Alimentador de SAM para SR65 : 3154,7 kW / 877,9 kVAr / 3274,6 kVA
Alimentador de SAM para SR64 : 2892,3 kW / 1043,8 kVAr / 3074,9 kVA
Alimentador de SR65 para SR63 : 1705,4 kW / 405,3 kVAr / 1752,9 kVA
Alimentador de SR64 para SR63 : 1052,6 kW / 453,0 kVAr / 1145,9 kVA
Alimentador de SR65 para E36 : 108 kW / 81 kVAr / 135 kVA
Alimentador de SR64 para E35 : 108 kW / 81 kVAr / 135 kVA
Alimentador de SR63 para E34 : 108 kW / 81 kVAr / 135 kVA

Correntes

Alimentador de SAM para SR65 : 136,0 A
Alimentador de SAM para SR64 : 128,2 A
Alimentador de SR65 para SR63 : 72,8 A
Alimentador de SR64 para SR63 : 47,8 A
Alimentador de SR65 para E36 : 5,6 A
Alimentador de SR64 para E35 : 5,7 A
Alimentador de SR63 para E34 : 5,7 A

7.2 Alimentador SAM – SR65 fora de operação

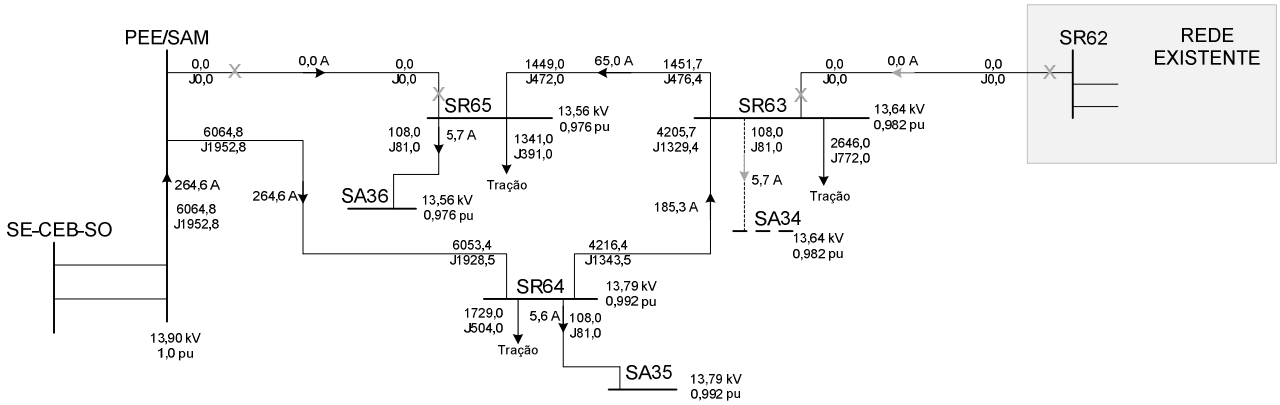


Figura 7.2 - Diagrama de Barras – Setor Samambaia SR 65 fora

Tensões nas barras em p.u.

Barra SAM :	1,000 p.u.
Barra SR65 :	0,976 p.u.
Barra SR64 :	0,992 p.u.
Barra SR63 :	0,982 p.u.
Barra E36 :	0,976 p.u.
Barra E35 :	0,992 p.u.
Barra E34 :	0,982 p.u.

Potências

Alimentador de SAM para SR64 :	6064,8 kW / 1952,8 kVAr / 6371,4 kVA
Alimentador de SR65 para SR63 :	-1451,7 kW / -476,4 kVAr / -1527,9 kVA
Alimentador de SR64 para SR63 :	4216,4 kW / 1343,5 kVAr / 4425,3 kVA
Alimentador de SR65 para E36 :	108 kW / 81 kVAr / 135 kVA
Alimentador de SR64 para E35 :	108 kW / 81 kVAr / 135 kVA
Alimentador de SR63 para E34 :	108 kW / 81 kVAr / 135 kVA

Correntes

Alimentador de SAM para SR64 :	264,6 A
Alimentador de SR65 para SR63 :	65,0 A
Alimentador de SR64 para SR63 :	185,3 A
Alimentador de SR65 para E36 :	5,7 A
Alimentador de SR64 para E35 :	5,6 A
Alimentador de SR63 para E34 :	5,7 A

7.3 Alimentador SAM - SR64 fora de operação

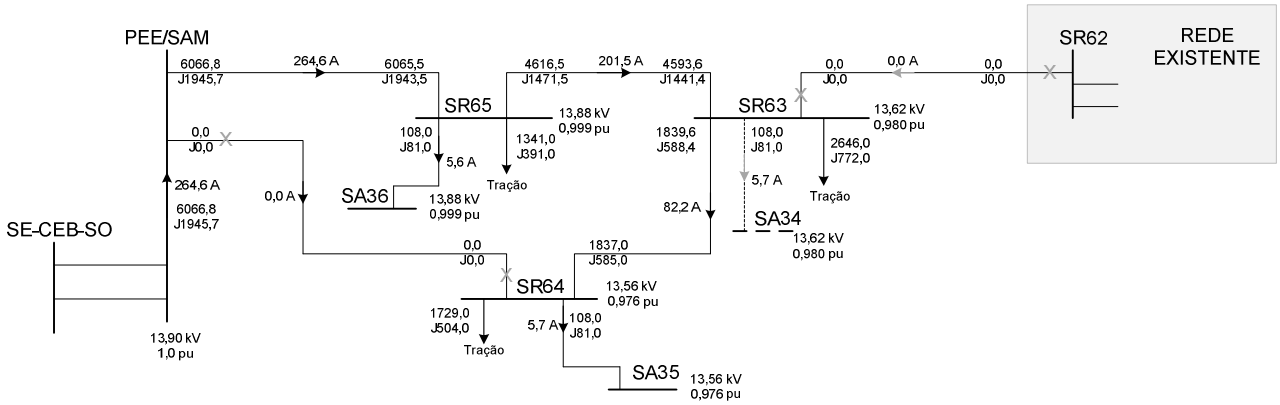


Figura 7.3 - Diagrama de Barras – Setor Samambaia SR64 fora

Tensões nas barras em p.u.

Barra SAM :	1,000 p.u.
Barra SR65 :	0,999 p.u.
Barra SR64 :	0,976 p.u.
Barra SR63 :	0,980 p.u.
Barra E36 :	0,999 p.u.
Barra E35 :	0,976 p.u.
Barra E34 :	0,980 p.u.

Potências

Alimentador de SAM para SR65 :	6066,8 kW / 1945,7 kVAr / 6371,2 kVA
Alimentador de SR65 para SR63 :	4616,5 kW / 1471,5 kVAr / 4845,3 kVA
Alimentador de SR64 para SR63 :	-1839,6 kW / -588,4 kVAr / -1931,4 kVA
Alimentador de SR65 para E36 :	108 kW / 81 kVAr / 135 kVA
Alimentador de SR64 para E35 :	108 kW / 81 kVAr / 135 kVA
Alimentador de SR63 para E34 :	108 kW / 81 kVAr / 135 kVA

Correntes

Alimentador de SAM para SR65 :	264,6 A
Alimentador de SR65 para SR63 :	201,5 A
Alimentador de SR64 para SR63 :	82,2 A
Alimentador de SR65 para E36 :	5,6 A
Alimentador de SR64 para E35 :	5,7 A
Alimentador de SR63 para E34 :	5,7 A

7.4 Setor Samambaia alimentado pelo circuito de socorro

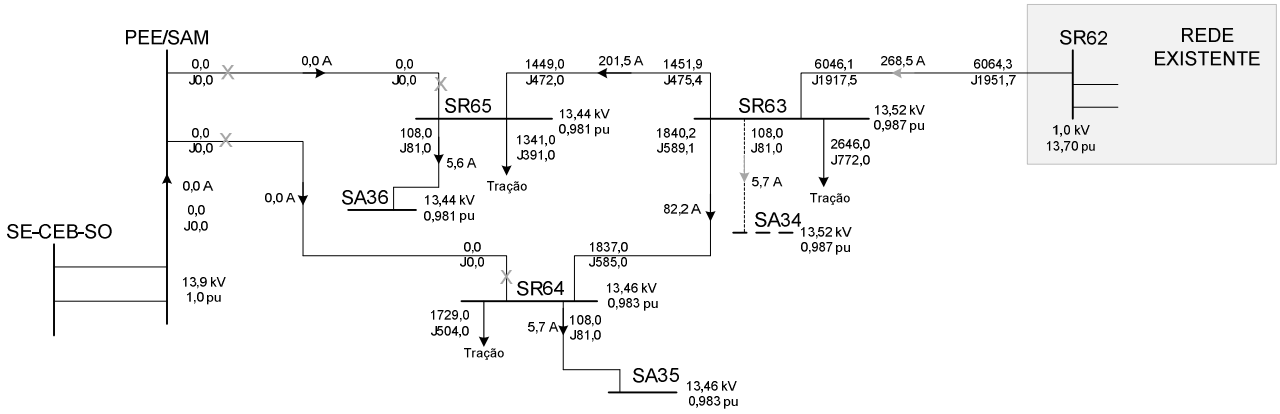


Figura 7.4 - Diagrama de Barras – Setor Samambaia socorro pela SR62

Tensões mínimas nas barras em p.u.

Barra SR62 : 1,000 p.u.
Barra SR65 : 0,981 p.u.
Barra SR64 : 0,983 p.u.
Barra SR63 : 0,987 p.u.
Barra E36 : 0,981 p.u.
Barra E35 : 0,983 p.u.
Barra E34 : 0,987 p.u.

Potências

Alimentador de SR62 para SR63 : 6064,3 kW / 1951,7 kVAr / 6370,6 kVA
Alimentador de SR65 para SR63 : -1451,9 kW / -475,4 kVAr / -1527,7 kVA
Alimentador de SR64 para SR63 : -1840,2 kW / -589,1 kVAr / -1932,2 kVA
Alimentador de SR65 para E36 : 108 kW / 81 kVAr / 135 kVA
Alimentador de SR64 para E35 : 108 kW / 81 kVAr / 135 kVA
Alimentador de SR63 para E34 : 108 kW / 81 kVAr / 135 kVA

Correntes

Alimentador de SR62 para SR63 : 268,5 A
Alimentador de SR65 para SR63 : 64,3 A
Alimentador de SR64 para SR63 : 81,3 A
Alimentador de SR65 para E36 : 5,7 A
Alimentador de SR64 para E35 : 5,7 A
Alimentador de SR63 para E34 : 5,7 A

7.5 Setor Ceilândia Íntegro

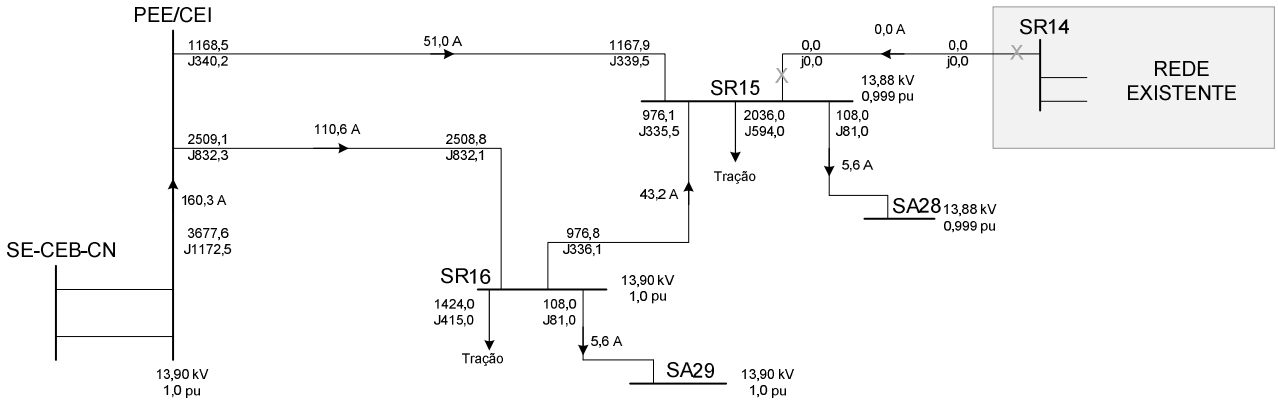


Figura 7.5 - Diagrama de Barras – Setor Ceilândia Íntegro

Tensões nas barras em p.u.

Barra CEI : 1,000 p.u.
Barra SR16 : 1,000 p.u.
Barra SR15 : 0,998 p.u.
Barra E29 : 1,000 p.u.
Barra E28 : 0,998 p.u.

Potências

Alimentador de CEI para SR16 : 2509,1 kW / 832,3 kVAr / 2643,5 kVA
Alimentador de CEI para SR15 : 1168,5 kW / 340,2 kVAr / 1217,0 kVA
Alimentador de SR16 para SR15 : 976,8 kW / 336,1 kVAr / 1033,0 kVA
Alimentador de SR16 para E29 : 108 kW / 81 kVAr / 135 kVA
Alimentador de SR15 para E28 : 108 kW / 81 kVAr / 135 kVA

Correntes

Alimentador de CEI para SR16 : 110,6 A
Alimentador de CEI para SR15 : 51,0 A
Alimentador de SR16 para SR15 : 43,2 A
Alimentador de SR16 para E29 : 5,6 A
Alimentador de SR15 para E28 : 5,6 A

7.6 Alimentador CEI – SR16 fora de operação

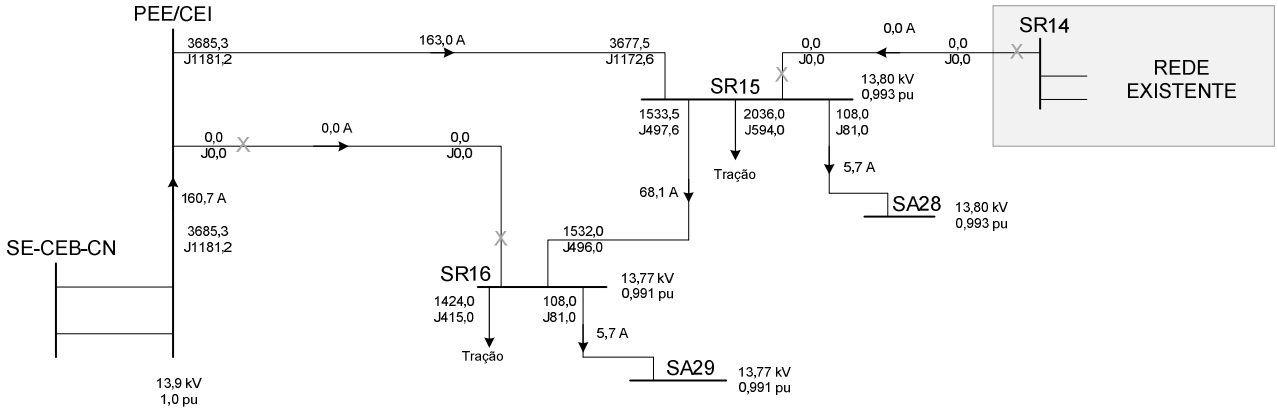


Figura 7.6 - Diagrama de Barras – Setor Ceilândia SR16 fora

Tensões nas barras em p.u.

Barra CEI : 1,000 p.u.
Barra SR16 : 0,991 p.u.
Barra SR15 : 0,993 p.u.
Barra E29 : 0,991 p.u.
Barra E28 : 0,993 p.u.

Potências

Alimentador de CEI para SR15 : 3685,3 kW / 1181,2 kVAr / 3870,0 kVA
Alimentador de SR16 para SR15 : -1533,5 kW / -497,6 kVAr / -1612,2 kVA
Alimentador de SR16 para E29 : 108 kW / 81 kVAr / 135 kVA
Alimentador de SR15 para E28 : 108 kW / 81 kVAr / 135 kVA

Correntes

Alimentador de CEI para SR15 : 163,0 A
Alimentador de SR16 para SR15 : 68,1 A
Alimentador de SR16 para E29 : 5,7 A
Alimentador de SR15 para E28 : 5,7 A

7.7 Alimentador CEI – SR15 fora de operação

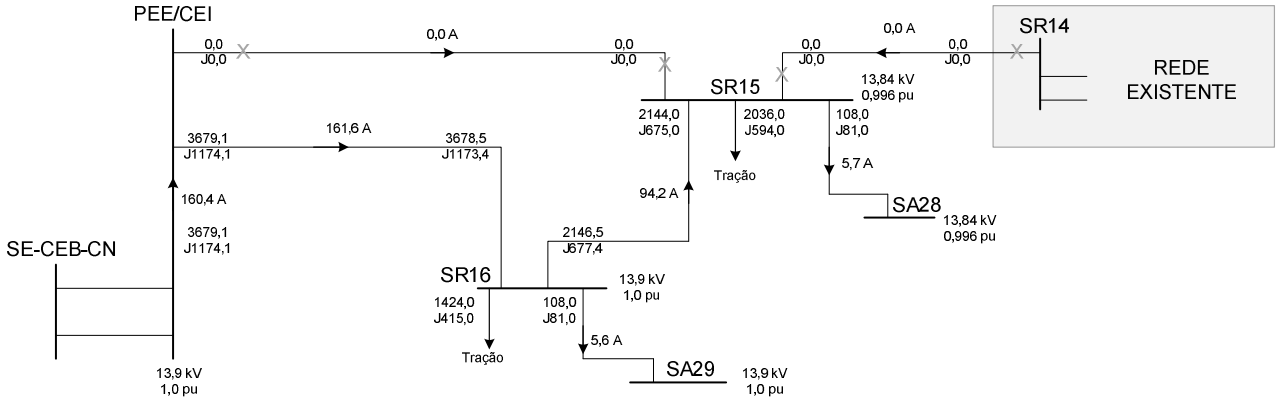


Figura 7.7 - Diagrama de Barras – Setor Ceilândia SR15 fora

Tensões nas barras em p.u.

Barra CEI : 1,000 p.u.
Barra SR16 : 1,000 p.u.
Barra SR15 : 0,996 p.u.
Barra E29 : 1,000 p.u.
Barra E28 : 0,996 p.u.

Potências

Alimentador de CEI para SR16 : 3679,1 kW / 1174,1 kVAr / 3861,9 kVA
Alimentador de SR16 para SR15 : 2146,5 kW / 677,4 kVAr / 2250,9 kVA
Alimentador de SR16 para E29 : 108 kW / 81 kVAr / 135 kVA
Alimentador de SR15 para E28 : 108 kW / 81 kVAr / 135 kVA

Correntes

Alimentador de CEI para SR16 : 161,6 A
Alimentador de SR16 para SR15 : 94,2 A
Alimentador de SR16 para E29 : 5,6 A
Alimentador de SR15 para E28 : 5,7 A

7.8 Setor Ceilândia alimentado pelo circuito de socorro

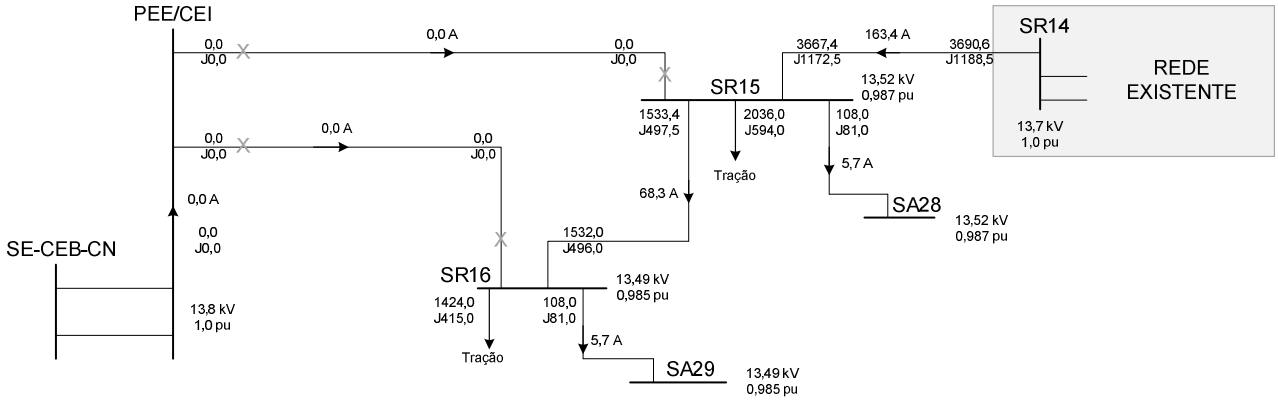


Figura 7.8 - Diagrama de Barras – Setor Ceilândia socorro pela SR14

Tensões nas barras em p.u.

Barra SR14 : 1,000 p.u.
Barra SR16 : 0,985 p.u.
Barra SR15 : 0,987 p.u.
Barra E29 : 0,985 p.u.
Barra E28 : 0,987 p.u.

Potências

Alimentador de SR14 para SR15 : 3690,6 kW / 1188,5 kVAr / 3877,2 kVA
Alimentador de SR16 para SR15 : -1533,4 kW / -497,5 kVAr / -1612,1 kVA
Alimentador de SR16 para E29 : 108 kW / 81 kVAr / 135 kVA
Alimentador de SR15 para E28 : 108 kW / 81 kVAr / 135 kVA

Correntes

Alimentador de SR14 para SR15 : 163,4 A
Alimentador de SR16 para SR15 : 68,3 A
Alimentador de SR16 para E29 : 5,7 A
Alimentador de SR15 para E28 : 5,7 A

7.9 Setor Asa Norte Íntegro

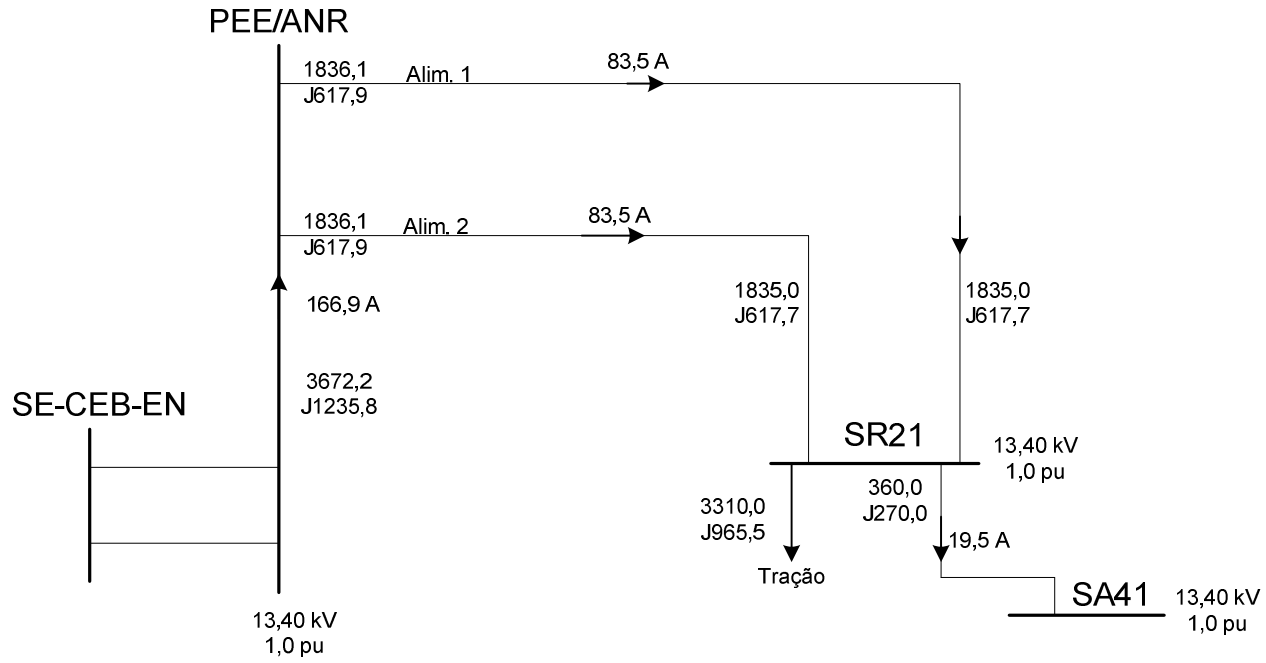


Figura 7.9 - Diagrama de Barras – Setor Asa Norte Íntegro

Tensões nas barras em p.u.

Barra PEE/ANR : 1,000 p.u.

Barra SR21 : 1,000 p.u.

Barra E41 : 1,000 p.u.

Potências

Alimentador de PEE/ANR para SR21 : 1836,1 kW / 617,9 kVAr / 1937,3 kVA

Alimentador de PEE/ANR para SR21 : 1836,1 kW / 617,9 kVAr / 1937,3 kVA

Alimentador de SR21 para E41 : 360 kW / 270 kVAr / 450 kVA

Correntes

Alimentador de PEE/ANR para SR21 : 83,5 A

Alimentador de PEE/ANR para SR21 : 83,5 A

Alimentador de SR21 para E41 : 19,4 A

7.10 Alimentador ANR – SR21 fora de operação (resultados válidos para qualquer um dos 2 alimentadores fora de operação)

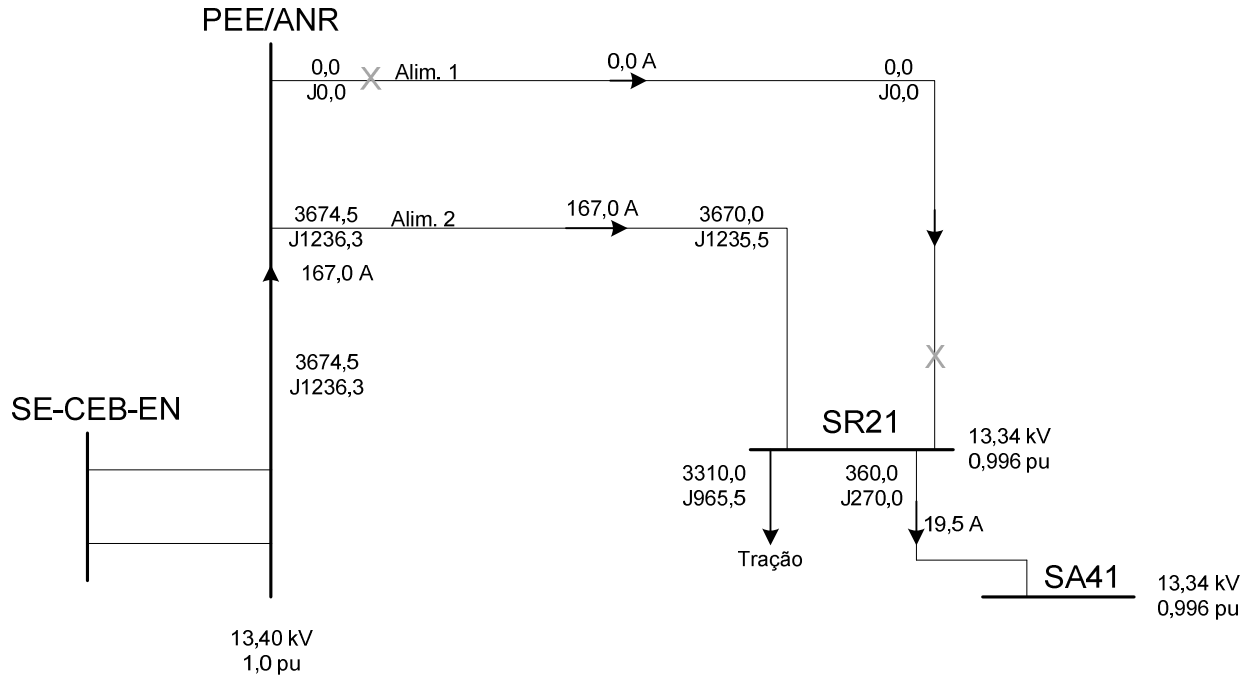


Figura 7.10 - Diagrama de Barras – Setor Asa Norte Degradado

Tensões nas barras em p.u.

Barra PEE/ANR : 1,000 p.u.

Barra SR21 : 0,996 p.u.

Barra E41 : 0,996 p.u.

Potências

Alimentador de PEE/ANR para SR21 : 3674,5 kW / 1236,3 kVAr / 3876,9 kVA

Alimentador de SR21 para E41 : 240 kW / 180 kVAr / 300 kVA

Correntes

Alimentador de PEE/ANR para SR21 : 167,0 A

Alimentador de SR21 para E41 : 19,5 A

ANEXOS

ANEXO I - DIMENSIONAMENTO DE MÉDIA TENSÃO

ANEXO II - DADOS DA CEB