



Operador Nacional do Sistema Elétrico

PROPOSTAS PARA MELHORIA DA SEGURANÇA DAS INSTALAÇÕES ESTRATÉGICAS DO SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL - AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS RELACIONADOS AOS ARRANJOS DE BARRAMENTOS

Operador Nacional do Sistema Elétrico
Rua da Quitanda, 196 - Centro
20091-005 Rio de Janeiro RJ
Tel (+21) 2203-9400 Fax (+21) 2203-9444

© 2013/ONS
Todos os direitos reservados.
Qualquer alteração é proibida sem autorização.

ONS REL 0123/2013

**PROPOSTAS PARA MELHORIA DA
SEGURANÇA DAS INSTALAÇÕES
ESTRATÉGICAS DO SISTEMA
INTERLIGADO NACIONAL -
AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS
RELACIONADOS AOS ARRANJOS
DE BARRAMENTOS**

VOLUME II – Subestações complementares da região
Sudeste

17 de setembro de 2013

Sumário

1	INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	5
2	ANÁLISE DAS INSTALAÇÕES	5
2.1	CEMIG	6
2.1.1	BARÃO DE COCAIS 2	6
2.1.2	BARÃO DE COCAIS 3	6
2.1.3	BARBACENA 2	7
2.1.4	BARREIRO 1	8
2.1.5	CONSELHEIRO PENA	14
2.1.6	GOVERNADOR VALADARES 2	15
2.1.7	IPATINGA 1	17
2.1.8	IRAPÉ	18
2.1.9	ITABIRA 2	19
2.1.10	ITAJUBÁ 3	22
2.1.11	ITUTINGA	23
2.1.12	JAGUARA	24
2.1.13	J. MONLEVADE 2	25
2.1.14	JUIZ DE FORA1	25
2.1.15	LAFAIETE 1	26
2.1.16	MESQUITA	27
2.1.17	MONTES CLAROS 2	29
2.1.18	NOVA ERA 2	30
2.1.19	PIMENTA	31
2.1.20	SÃO GONÇALO DO PARÁ	32
2.1.21	SÃO GOTARDO 2	32
2.1.22	TAQUARIL	33
2.1.23	TIMOTEO	34
2.1.24	VARZEA DA PALMA 1	35
2.1.25	VESPASIANO 2	36
2.1.26	VOLTA GRANDE	38
2.2	CTEEP	39
2.2.1	BOTUCATU	39
2.2.2	CAPÃO BONITO	39
2.2.3	CENTRO-CTR	40
2.2.4	COMPANHIA BRASILEIRA DE ALUMINIO 2	41
2.2.5	EDGARD SOUZA	41
2.2.6	EMBU GUAÇU	42
2.2.7	GERDAU	42
2.2.8	ITARARÉ II	43

2.2.9	MIGUEL REALE	43
2.2.10	MIRASSOL II	44
2.2.11	PIRITUBA	44
2.2.12	RAMON REBERTE FILHO	45
2.2.13	RIBEIRÃO PRETO	45
2.2.14	SÃO JOSÉ CAMPOS	46
2.2.15	SANTA CABEÇA	46
2.2.16	SOLVAY	47
2.2.17	SUMARÉ	48
2.3	FURNAS	49
2.3.1	ITUTINGA 345 kV	49
2.3.2	JACAREPAGUA 345 kV	49
2.3.3	POÇOS CALDAS 345 kV	50
2.3.4	RESENDE 500 kV	50
2.3.5	ANGRA 500 kV	50
2.3.6	MOGI 230 kV	50
2.3.7	GUARULHOS	51
3	CONCLUSÕES	52
4	EQUIPE DE TRABALHO	53

1 INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

De forma a atender ao estabelecido na Portaria do Ministério de Minas e Energia, Nº 43 de 04 de fevereiro de 2013, foi criado no âmbito desse ministério um grupo de trabalho formado por representantes do MME, ANEEL, EPE, ONS e CEPEL.

O objetivo deste grupo de trabalho é identificar as necessidades de melhorias nas condições de segurança elétrica e confiabilidade do Sistema Interligado Nacional – SIN.

Conforme acordado na primeira reunião do Grupo de Trabalho de Avaliação da Segurança Elétrica das Instalações da Rede Básica do SIN, realizada no dia 21 de março de 2013, o ONS ficou encarregado de elaborar um trabalho de análise das instalações estratégicas do SIN no sentido de identificar eventuais deficiências estruturais, notadamente no que se refere a arranjos de subestações, tendo por referência os requisitos estabelecidos nos Procedimentos de Rede.

O volume I contemplou a análise das instalações constantes no Protocolo de Avaliação dos Sistemas de Proteção do MME tendo como base, o relatório ONS REL 0023/2013, de 28 de fevereiro de 2013, preparado para atender aos Ofícios 194 e 195 da ANEEL.

Como resultado das análises realizadas, foram identificadas as subestações que necessitam de complementação do arranjo ou de outras medidas julgadas necessárias para melhorar a segurança intrínseca das subestações e com isso, o desempenho do Sistema Interligado Nacional como um todo.

Posteriormente, quando da apresentação do Volume I para o MME foi acordado a extensão da análise de forma a contemplar todas as instalações pertencentes a Rede Básica. Estas análises estão apresentadas nos seguintes documentos:

Volume I – Instalações estratégicas do SIN – Relatório ONS 0049/2013

Volume II – Subestações complementares da região Sudeste;

Volume III – Subestações complementares da região Nordeste;

Volume IV – Subestações complementares da região Norte/Centro Oeste;

Volume V – Subestações complementares da região Sul.

O volume II, em pauta, contempla as demais instalações da Rede Básica pertencentes a Região Sudeste.

2 ANÁLISE DAS INSTALAÇÕES

Foram analisadas 87 subestações abaixo relacionadas, o que corresponde a aproximadamente 69% do total das subestações que compõem a rede básica da região Sudeste. Dessas 87 subestações, 43 foram objeto de propostas consideradas factíveis de implementação pelos Agentes.

INSTALAÇÕES DA REGIÃO SUDESTE QUE FORAM ANALISADAS		
ACESITA (CEMIG)	ITAPETI (CTEEP)	PIRAPORA 2 (CEMIG)
AIMORES (CEMIG)	ITARARE II (CTEEP)	PIRATININGA (CTEEP)
ANGRA (FURNAS)	ITATIBA (TRANSENER SP)	PIRATININGA 2 (ISA PINHEIROS)
ANHANGUERA (CTEEP)	ITUTINGA 230 kV (CEMIG)	PIRITUBA (CTEEP)
APARECIDA (CTEEP)	ITUTINGA 345 kV (FURNAS)	POCOS CALDAS (FURNAS)
ARACUAI 2 (CEMIG)	JOÃO MONLEVADE 2 (CEMIG)	RAMON REBERT F (CTEEP)
ARARAQUARA 2 – (ATE)	JACAREPAGUA (FURNAS)	RESENDE (FURNAS)
ARARAS (CTEEP)	JANDIRA (CTEEP)	RIBEIRAO PRETO (CTEEP)
ATIBAIA II (CTEEP)	JECEABA (VALLOUREC)	S. G. DO PARA (CEMIG)
AVARE NOVA (CTEEP)	JUIZ DE FORA1 (CEMIG)	SÃO JOSE CAMPOS (CTEEP)
BAGUARI (CTEEP)	LAFAIETE 1 (CEMIG)	SABARA 3 (CEMIG)
BARAO COCAIS 2 (CEMIG)	MASCARENHAS (FURNAS)	SALTO (IESJ)
BARAO COCAIS 3 (CEMIG)	MESQUITA (CEMIG)	SANTOS DUMONT 2 (CEMIG)
BARBACENA 2 (CEMIG)	MIGUEL REALE (CTEEP)	SANTA BARBARA D'OESTE (CTEEP)
BARREIRO 1 (CEMIG)	MIRASSOL II (CTEEP)	SANTA CABEÇA (CTEEP)
BOM JARDIM (CTEEP)	MOGI (CTEEP)	SÃO GOTARDO 2 (CEMIG)
BOTUCATU (CTEEP)	MOGI DAS CRUZES (FURNAS)	SUMARE (CTEEP)
CAMPINAS (FURNAS)	MOGI MIRIM 3 (CTEEP)	TAQUARIL (CEMIG)
CAPAO BONITO (CTEEP)	MONTES CLAROS 2 (CEMIG)	TAUBATE (CTEEP)
CARBOCLORO (CTEEP)	NOVA VENECIA (ESCELSA)	TIMOTEO (CEMIG)
CENTRO-CTR (CTEEP)	PADRE FIALHO (LT MONTES CLAROS)	TOYOTA (CTEEP)
CENTRO-CTT (CTEEP)	PARACATU 4 (SMTE)	VARZEA PALMA1 (CEMIG)
CIA.B.ALUM.2 (CTEEP)	PBR CUBATAO (PETROBRAS)	VENDA DAS PEDRAS (FURNAS)
CONSELHEIRO PENA (CEMIG)	PIMENTA (CEMIG)	VERONA (ETES)
EDGARD SOUZA (CTEEP)	GUARULHOS (FURNAS)	VESPASIANO 2 (CEMIG)
ESTREITO (LTTRIÂNGULO)	IPATINGA 1 (CEMIG)	VIANA (FURNAS)
G.VALADARES 2 (CEMIG)	IRAPE (CEMIG)	ZONA OESTE (FURNAS)
GERDAU SP (CTEEP)	ITABIRA 2 (CEMIG)	UHE LUIZ C. BARRETO (FURNAS)
GETULINA (CTEEP)	ITAJUBA 3 (CEMIG)	UHE FURNAS (FURNAS)

As seguintes instalações foram objeto de propostas de implementação:

2.1 CEMIG

2.1.1 BARÃO DE COCAIS 2

Arranjo de barra atual:

Tape para a Mineração São Bento na LT 230 kV Barão de Cocais 3 – Taquaril.

Alteração proposta:

Retirar o tape para a Mineração São Bento da LT 230 kV Barão de Cocais 3 – Taquaril.

O agente informou que a modificação proposta já está sendo executada.

2.1.2 BARÃO DE COCAIS 3

Arranjo de barra atual:

O Setor de 230 kV possui arranjo tipo barra dupla quatro chaves.

Alteração proposta:

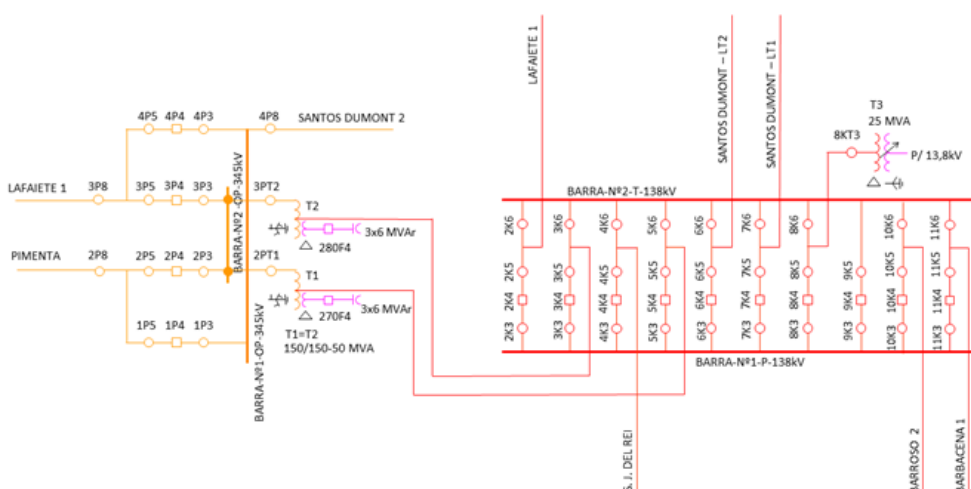
Instalar um novo vão para atender a Mineração São Bento.

O agente informou que a modificação proposta já está sendo executada.

2.1.3 BARBACENA 2

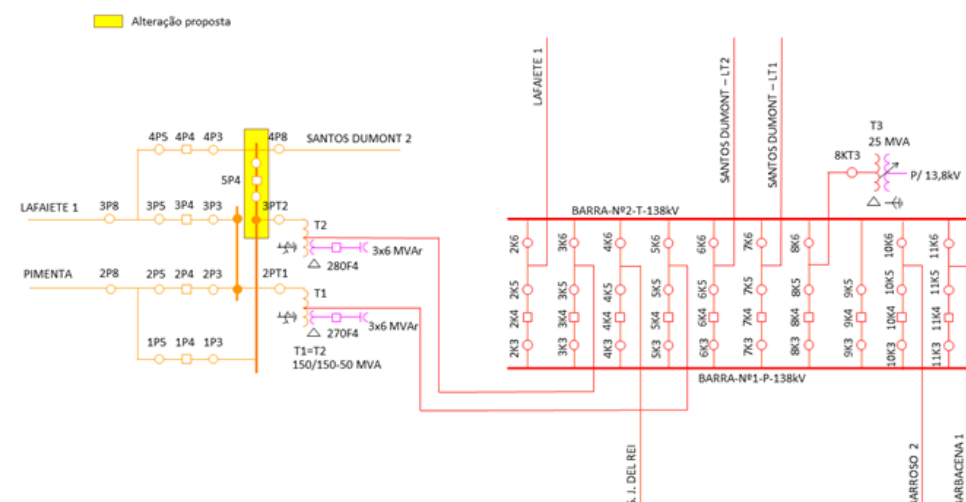
Arranjo de barra atual:

O Setor de 345 kV possui arranjo tipo anel, conforme mostrado na figura a seguir.



Alteração proposta:

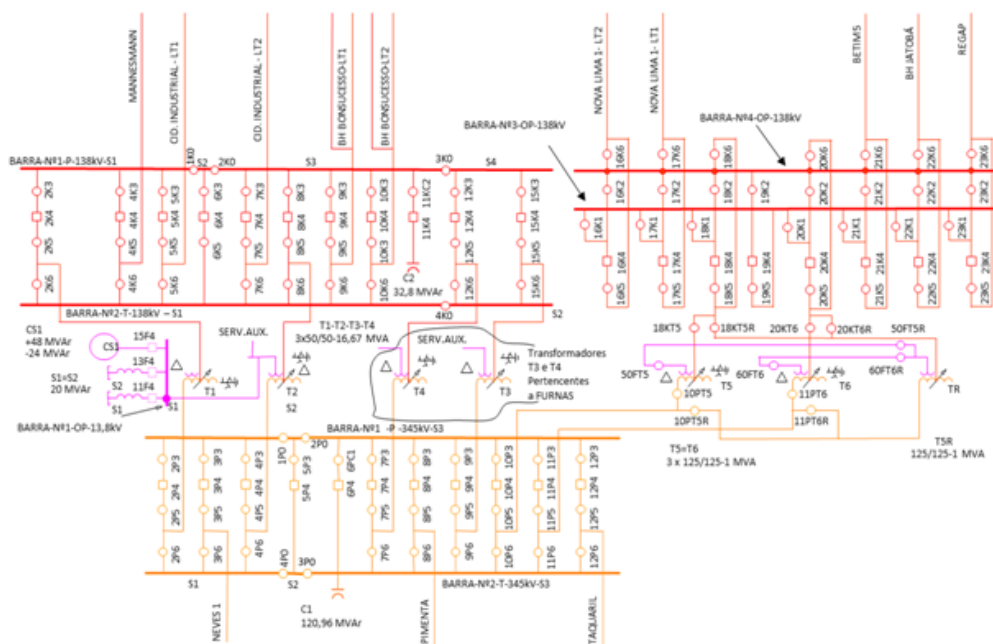
Completar o Anel em 345 kV de forma a individualizar as saídas para os transformadores T1 e T2, conforme mostrado na figura a seguir.



O agente considerou a proposta factível.

Obras relevantes previstas nos estudos de planejamento da EPE:

Arranjo de barra atual:



Alterações propostas:

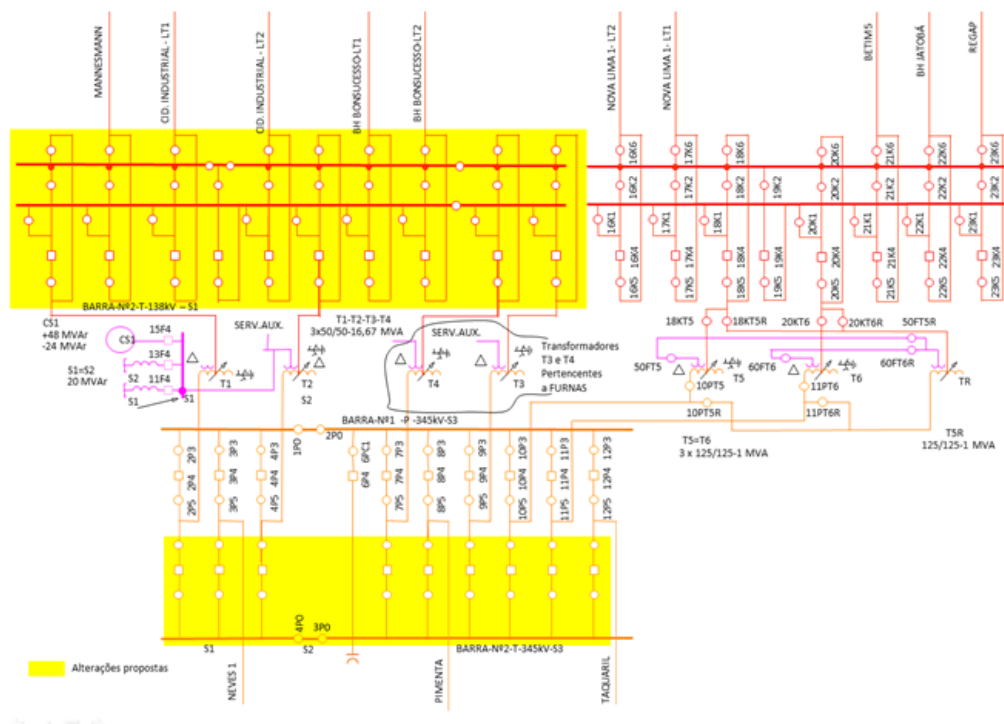
- ONS** REL 0123/2013 - PROPOSTAS PARA MELHORIA DA SEGURANÇA DAS INSTALAÇÕES ESTRATÉGICAS DO SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL - AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS RELACIONADOS AOS ARRANJOS DE BARRAMENTOS - VOLUME II – SUBESTAÇÕES COMPLEMENTARES DA REGIÃO SUDESTE **8 / 53**

Em função da limitação de espaço a solução proposta pelo Agente para melhoria da confiabilidade da SE, é converter o arranjo para barra dupla/ disjuntor duplo

Converter o arranjo do setor de 138 kV para barra dupla e instalar proteção diferencial adaptativa.

O Agente informou ser factível a proposta e que parte do arranjo 138 kV já é barra dupla 4 chaves.

A figura a seguir mostra as alterações propostas.



Obras relevantes previstas nos estudos de planejamento da EPE:

Está em fase de emissão na EPE Relatório referente ao atendimento à região metropolitana de Belo Horizonte. Neste contexto, será proposta, dentre outras obras, a substituição dos autotransformadores 345/138 kV de 150 MVA cada por 2 bancos de transformadores 345/138 kV de 375 MVA cada, conforme descrito abaixo com maiores detalhes.

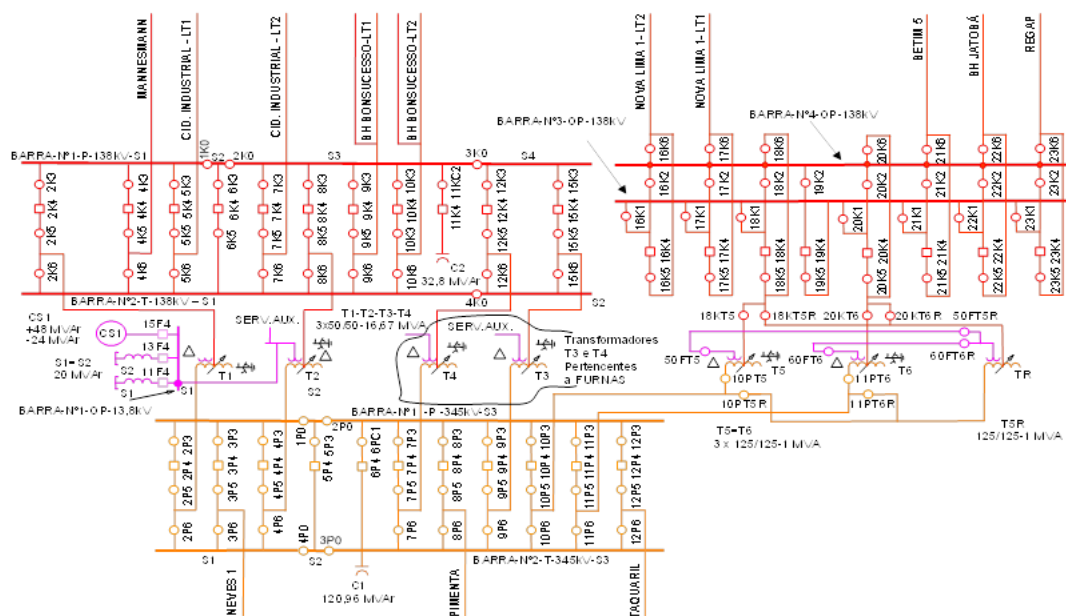
Importância da SE:

A subestação atende a uma parcela importante da carga da capital mineira e de municípios da Grande BH, como Nova Lima, Contagem, Betim, Ibiturê, Sarzedo e Brumadinho. Em Belo Horizonte, as regionais Oeste, Barreiro e Centro-Sul possuem a subestação do Barreiro como a fonte de suprimento principal. A Cidade Industrial de Contagem também é suprida principalmente a partir desta subestação de transmissão. A região abriga importantes plantas industriais ligadas diretamente no sistema de 138

kV como a Magnesita, a Belgo Mineira, a White Martins e a Maggoteaux. A unidade industrial da Vallourec encontra-se a apenas 4 km de distância e é atendida radialmente a partir da subestação do Barreiro em 138 kV. Sua planta industrial ocupa uma área superior a 2 milhões de metros quadrados e é líder no Brasil na produção de aços sem costura.

Configuração da SE:

A subestação Barreiro apresenta um conjunto de 4 bancos de autotransformadores monofásicos (T1, T2, T3 e T4) 330/138-13,8 kV, 4 x 150 MVA conectados no sistema de 345 kV e 138 kV através de um arranjo tipo barra principal e transferência, BPT, conforme mostrado na figura apresentada a seguir. As unidades T1 e T2 são pertencentes à Cemig GT, e as unidades T3 e T4 são pertencentes à Eletrobrás Furnas. No terciário da unidade T2 estão conectados 2 reatores de 20 Mvar cada e 1 compensador síncrono (-24/+48 Mvar).



Além dessas transformações, a SE foi ampliada com mais dois bancos autotransformadores 345/138 kV, 2x375 MVA (T5 e T6), ampliações essas recomendadas através do Relatório EPE-DEE-RE-071/2007 e implantadas em fev/2011 (transformador T5) e abril/2013 (transformador T6). Esses novos bancos de autotransformadores foram instalados em um novo arranjo de barramento de 138 kV, em barra dupla (BD), com maior confiabilidade que o arranjo dos transformadores existentes (4 x 150 MVA), mantendo-se, no entanto, a configuração do barramento de 345 kV no padrão BPT.

A figura apresentada a seguir mostra uma visão aérea da SE e especifica os locais de instalação das unidades transformadoras e dos pátios de 345 kV e de 138 kV.



A configuração atual da SE Barreiro apresenta as seguintes características desfavoráveis:

Os bancos de autotransformadores de 150 MVA apresentam tensão primária nominal de 330 kV, o que limita as tensões na barra de 345 kV da SE, bem como em todo o sistema de 345 kV que atende a região Metropolitana, em condição normal e de emergência, em apenas 1,029 pu. Essa característica limita a implantação de medidas operativas visando o controle de tensão na região central do estado, pois impede a operação dos taps 500/345 kV dos transformadores das SE's Neves 1 e Ouro Preto2 em posições ótimas, bem como restringe a inserção de bancos de capacitores nas SE's Ouro Preto 2, Neves, Taquaril e na própria SE Barreiro;

Os arranjos do barramento de 345 kV e de 138 kV das transformações de 150 MVA são do tipo BPT e apresentam baixa confiabilidade uma vez que, no caso da indisponibilidade do barramento principal por defeito (com histórico recente de ocorrência), ou por necessidade de manutenção, todos os circuitos a ele conectados

são desenergizados. Além disso, o arranjo existente permite a manutenção, sem perda de um elemento, em apenas um disjuntor;

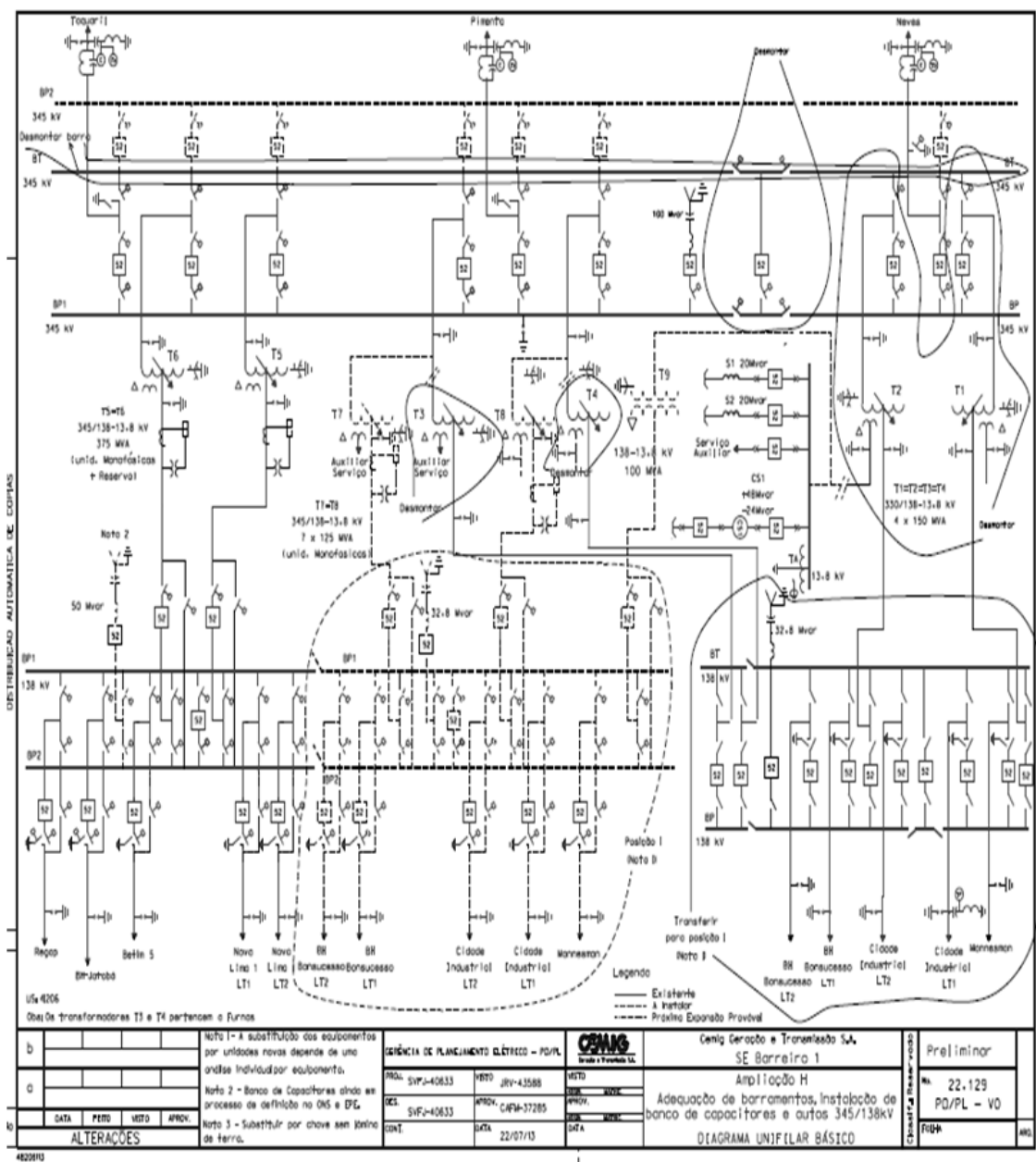
Os transformadores 345/138 kV de 150 MVA estão em operação há mais de 40 anos e apresentam envelhecimento da parte isolante sólida, com restrição à aplicação de sobrecarga (não dispõem de capacidade de emergência) e baixa confiabilidade.

Não há equilíbrio no carregamento entre as unidades de 375 MVA (2 x 375 MVA) e as de 150 MVA (4 x 150 MVA), devido a operação separada das barras de 138 kV, o que dificulta a exploração de toda a capacidade de transformação da SE.

Obras Propostas

As seguintes obras são propostas para a modernização da SE Barreiro, mostradas na figura apresentada a seguir:

- ✓ Instalação de dois bancos de autotransformadores 345/138 kV, 2 x 375 MVA, com capacidade de emergência, em substituição aos 4 autotransformadores (4 x 150 MVA) existentes.
- ✓ Conversão para arranjo barra dupla / disjuntor duplo do barramento de 345 kV para melhoria da confiabilidade, tendo em vista a impossibilidade de adequação do arranjo de 345 kV para disjuntor e meio, conforme preconiza os Procedimentos de Rede em vigência.
- ✓ Conversão do antigo barramento BPT do 138 kV em arranjo BD a quatro chaves e unificação dos barramentos.
- ✓ Implantação de um transformador 138-13,8 kV específico para alimentação do compensador síncrono e dos reatores (2 x 20 Mvar), retirando estes equipamentos dos terciários das transformações 345/138 kV, de modo a evitar a saída de operação desses transformadores quando de falhas nos equipamentos.



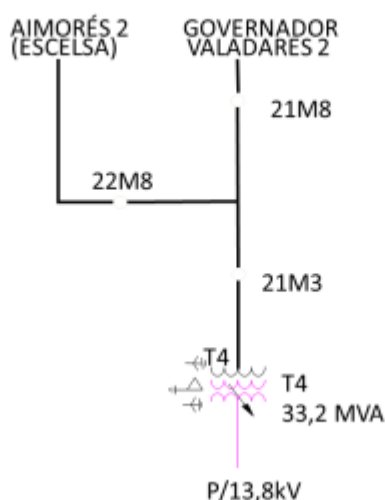
Ressalta-se que a configuração Barra Dupla / Disjuntor Duplo tem desempenho superior ao arranjo disjuntor e meio, do ponto de vista da confiabilidade e flexibilidade operativa.

As demais medidas irão permitir o paralelismo de todas as unidades transformadoras, melhorando a flexibilidade operativa do sistema, e o aumento da potência nominal, mais coerente com a capacidade dos 10 circuitos de distribuição conectados a essa SE, que é uma das principais fontes de suprimento à Região Metropolitana de Belo Horizonte.

2.1.5 CONSELHEIRO PENA

Arranjo de barra atual:

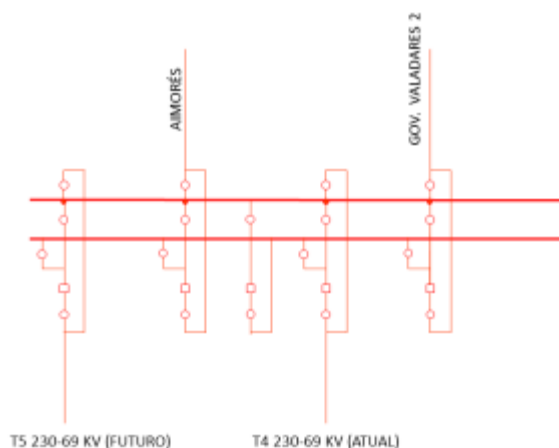
Tape na LT 230 kV Aimorés 2 – Governador Valadares 2, conforme apresentado na figura a seguir.



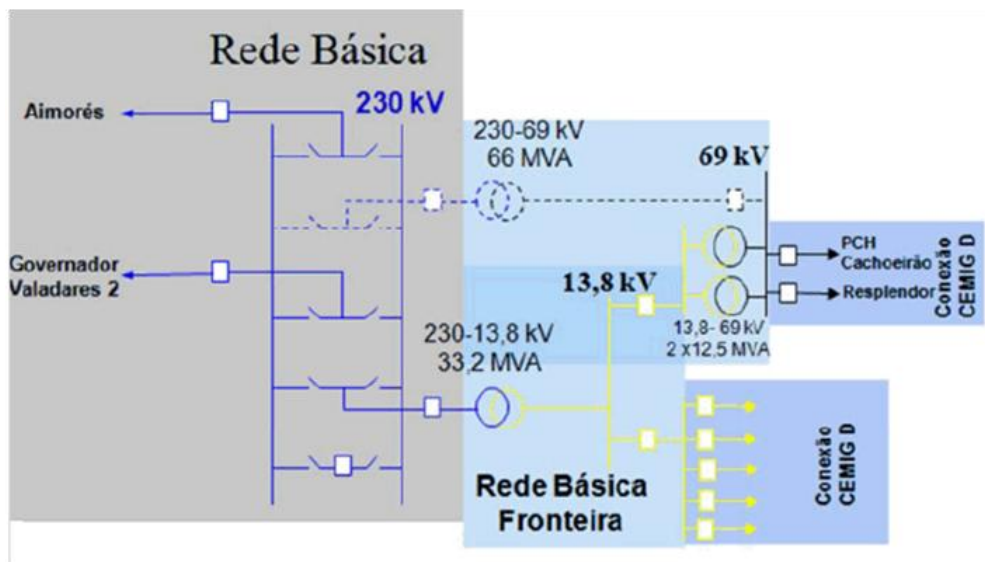
Alteração proposta:

Converter o arranjo do setor de 230 kV para barra dupla 4 chaves. O Agente informou que a modificação já se encontra em andamento.

A figura a seguir apresenta o arranjo proposto.

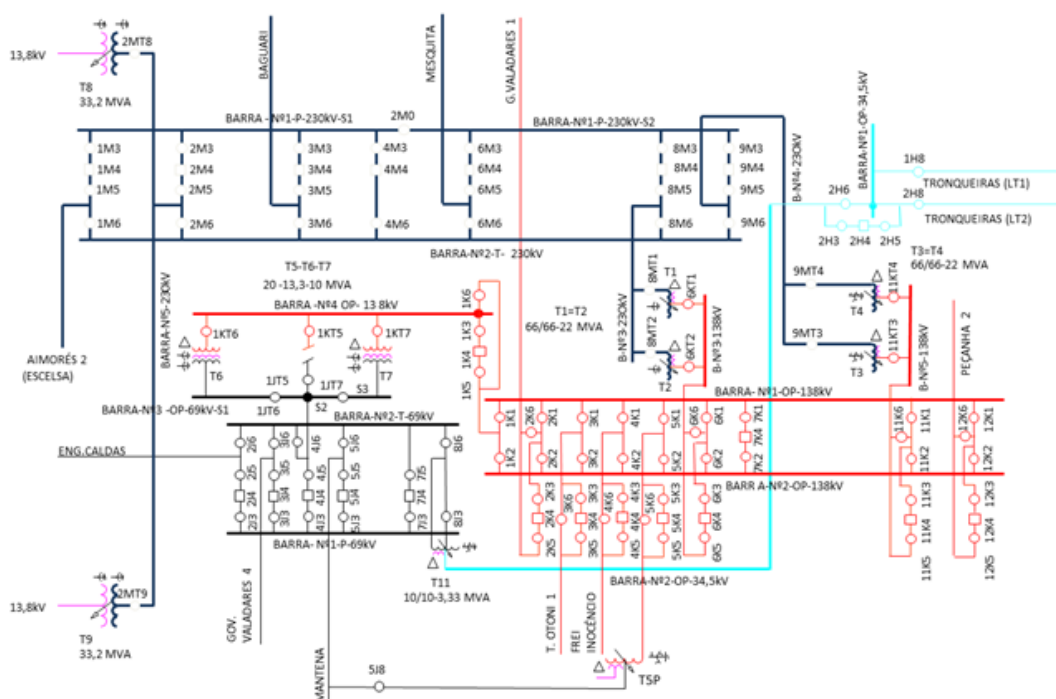


O relatório EPE-DEE-RE 011/13 de 28/01/13 – “Reforço ao Sistema Elétrico de Minas Gerais – Conselheiro Pena”, contempla a instalação de transformação 230/69 kV sendo que o pátio de 69 kV já existe, conforme mostrado na figura a seguir.



Arranjo de barra atual:

O setor de 230 kV possui arranjo tipo barra principal e transferência e o setor de 138 kV: barra dupla 5 chaves, conforme mostrado na figura a seguir.



Alterações propostas:

- ✓ Converter o arranjo do setor de 230 kV para barra dupla 4 chaves e instalar proteção de barra adaptativa.

O Agente informou não ser factível devido à ausência de espaço físico.

- ✓ Individualizar a conexão dos transformadores T1 e T2 no setor de 230 kV.

O Agente informou ser factível com a construção de nova seção no vão 5M e conexão do transformador T1 nessa nova seção via cabo isolado.

- ✓ Individualizar a conexão dos transformadores T1 e T2 no arranjo 138 kV

O Agente informou ser factível com a construção de nova seção e conexão do transformador T2 nessa nova seção via cabo isolado.

- ✓ Individualizar a conexão dos transformadores T3 e T4 no setor de 230 kV.

O Agente informou ser factível com a construção de nova seção (vão 10M), conexão do transformador T3 nessa nova seção, e reconexão do transformador T4 no vão 9M via cabo isolado.

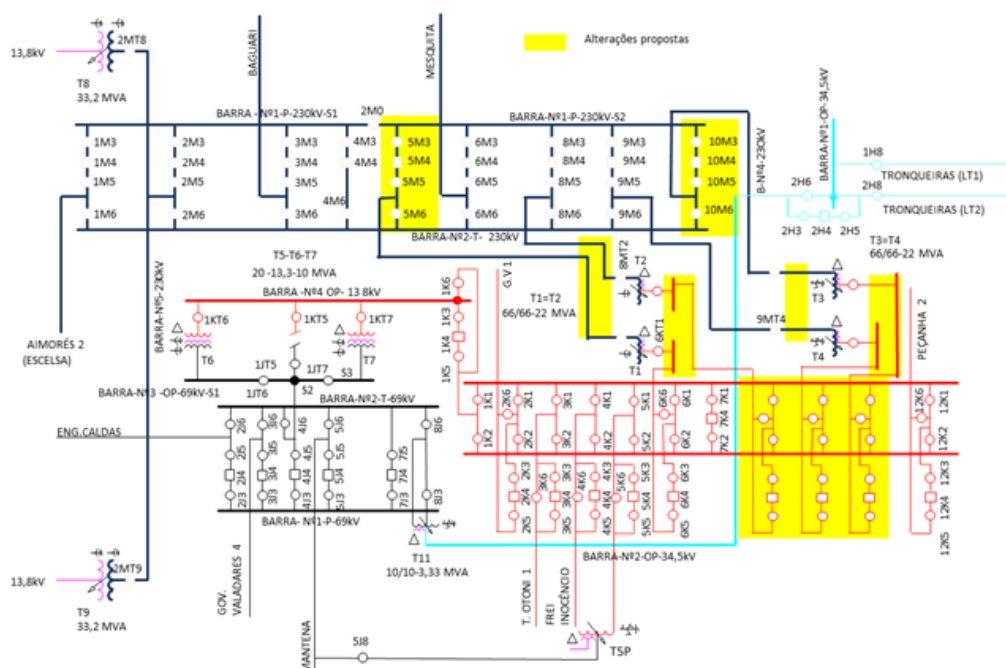
- ✓ Individualizar a conexão dos transformadores T3 e T4 no setor de 138 kV.

O Agente informou ser factível com a construção de nova seção e conexão do transformador T3 nessa nova seção via cabo isolado.

- ✓ Instalar proteção diferencial adaptativa na barra de 138 kV.

O Agente informou ser factível a Instalação da proteção diferencial adaptativa.

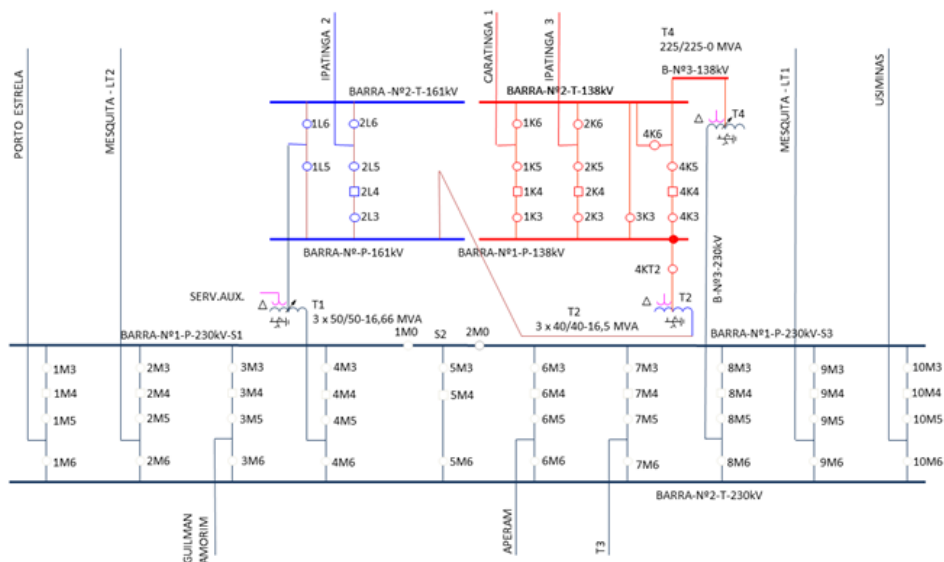
A figura a seguir apresenta as modificações propostas.



2.1.7 IPATINGA 1

Arranjo de barra atual:

Os setores de 230 e 138 kV possuem arranjo tipo barra principal e transferência. A figura a seguir mostra o arranjo atual.



Alterações propostas:

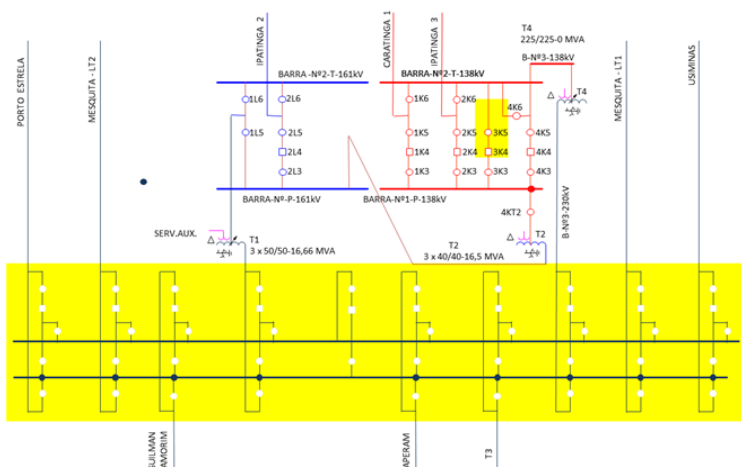
- ✓ Converter o arranjo do setor de 230 kV para barra dupla 4 chaves e instalar proteção diferencial adaptativa.

O Agente informou ser factível.

- ✓ Completar o vão de transferência 138 kV (3K), com a instalação de disjuntor e seccionadora.

O Agente informou ser factível.

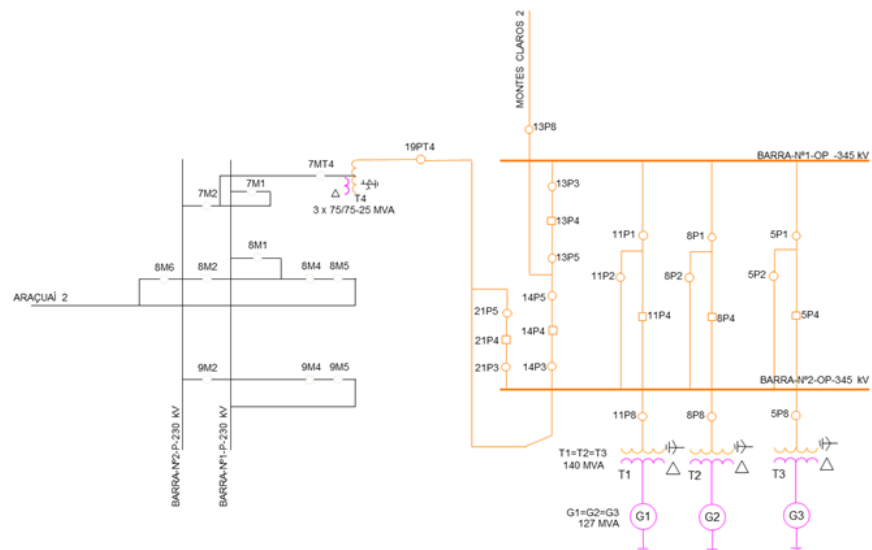
A figura a seguir apresenta as modificações propostas.



O relatório EPE-DEE-RE 055/12, rev. 02 de 18/01/2013 - “Reforço de Transmissão/Distribuição para os Sistemas de Guanhães e Ipatinga – região este de Minas Gerais” apresenta a Instalação de 1 banco de autotransformadores monofásicos (3x75 MVA) mais uma fase reserva de 75 MVA e a complementação de seções para a instalação de disjuntores de 138 kV.

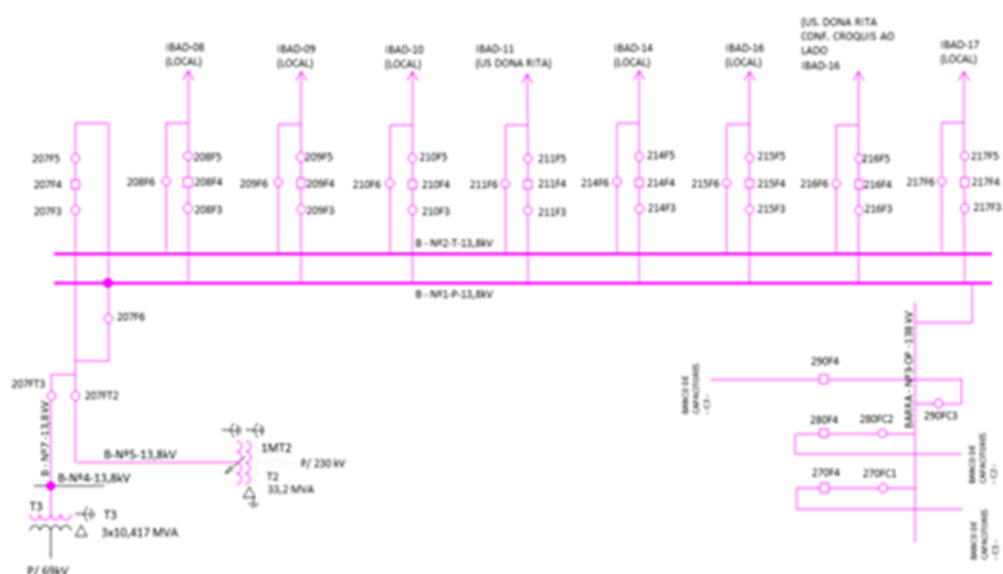
2.1.8 IRAPÉ

O setor de 345 kV possui arranjo tipo disjuntor e meio para a linha e transformador e barra dupla 3 chaves para as unidades geradoras. O setor de 230 kV possui arranjo barra dupla 4 chaves para a linha e barra dupla 2 chaves para o transformador. A figura a seguir mostra o arranjo atual.



Completar o vão do transformador 345/230 kV no setor de 230 kV para barra dupla 4 chaves. A seguir é mostrado o arranjo proposto.

A figura a seguir mostra o arranjo atual mostra os setores de 13,8 kV.



Alterações propostas:

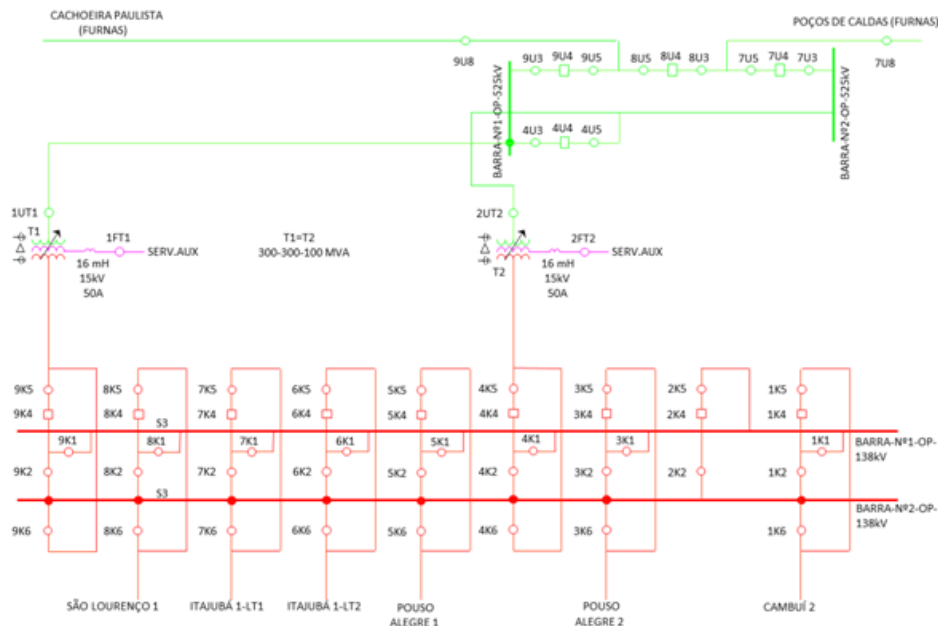
- ✓ Converter o arranjo do setor de 230 kV para barra dupla 4 chaves e instalar proteção diferencial dessa barra por proteção adaptativa.
O Agente informou não ser factível devido à ausência de espaço físico.
- ✓ Individualizar o vão do transformador 230/69 kV (T1) em ambos os setores no setor de 230 kV.
O Agente informou não ser factível devido à ausência de espaço físico.
- ✓ Completar o vão de conexão (10J) do transformador T1 no arranjo 69 kV, com a instalação de disjuntor e seccionador.
O Agente informou ser factível.
- ✓ Individualizar o vão do transformador 230/13,8 kV (T2) no setor de 230 kV.
O Agente informou não ser factível devido à ausência de espaço físico.
- ✓ Instalar vão de transferência no setor 13,8 kV
O Agente informou ser factível.
- ✓ Completar o vão de conexão (7J) do transformador T3 no arranjo 69 kV, com a instalação de disjuntor e seccionador.
O Agente informou ser factível.

[illegible]

2.1.10 ITAJUBÁ 3

Arranjo de barra atual:

O setor de 500 kV possui arranjo tipo barra em anel. A figura a seguir apresenta o arranjo atual.

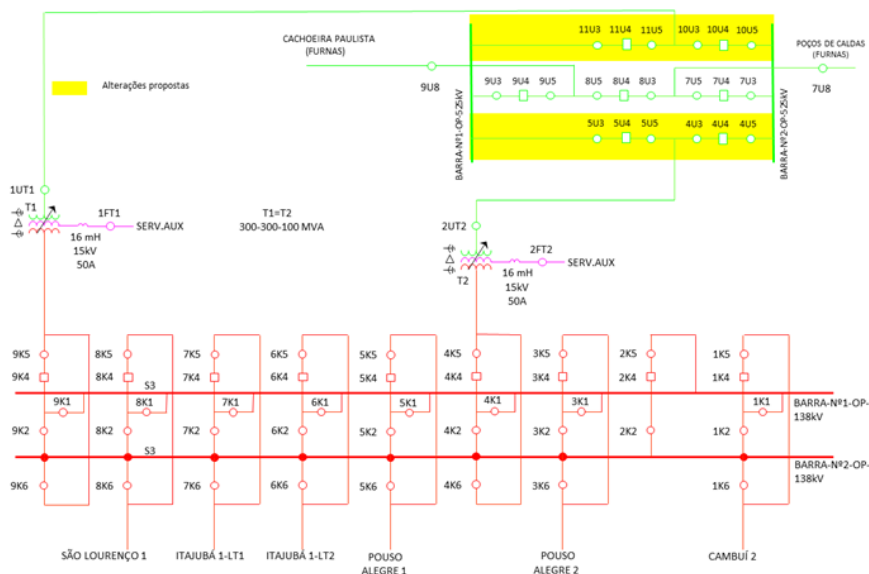


Alterações propostas:

Converter arranjo 500 kV, de anel para disjuntor e meio, com a instalação de três seções (5U, 10U e 11U) e rearranjo das conexões dos transformadores T1 e T2.

O Agente informou que as modificações propostas são factíveis.

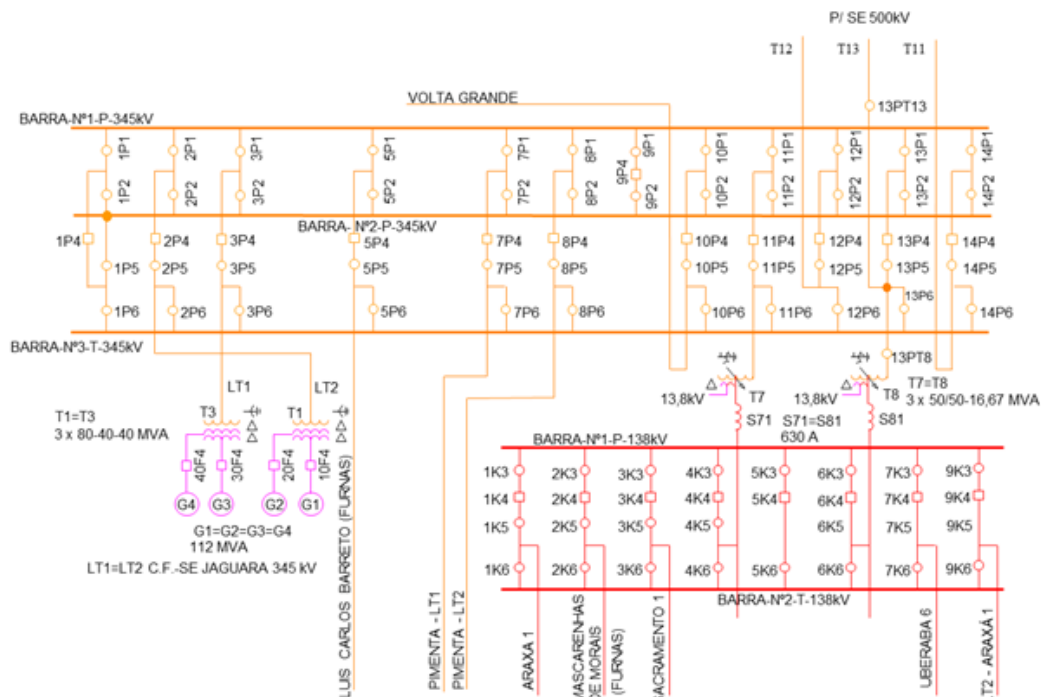
Na figura a seguir, são mostradas as modificações propostas.



2.1.12 JAGUARA

Arranjo de barra atual:

O setor de 345 kV possui arranjo barra dupla e barra de transferência. A figura a seguir apresenta o arranjo atual.

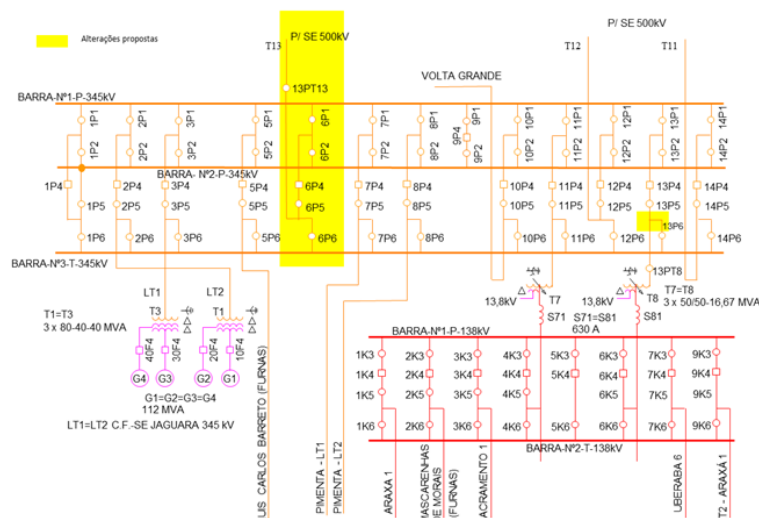


Alterações propostas:

- ✓ Instalação de seção 345 kV (vão 6P) para individualização da conexão dos transformadores T13 (500/345 kV) e T8 (345/138 kV) que atualmente compartilham o mesmo disjuntor de 345 kV.

O Agente informou ser factível a implementação proposta.

Na figura a seguir, são mostradas as modificações propostas.



2.1.13 J. MONLEVADE 2

Arranjo de barra atual:

O setor de 230 kV possui arranjo barra simples.

Alterações propostas:

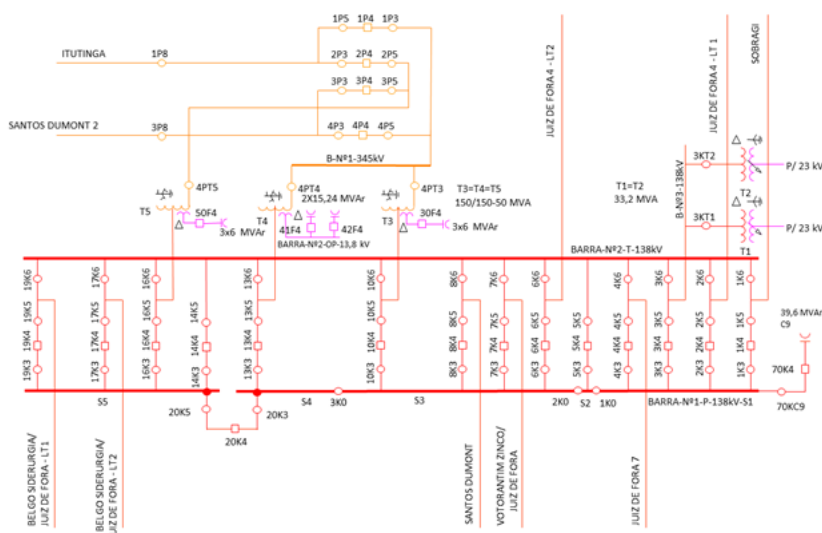
- ✓ Converter o arranjo do setor de 230 kV para barra dupla 4 chaves
- ✓ Instalar proteção de barra adaptativa.

O Agente informou não ser factível a implementação das alterações devido à ausência de espaço físico.

2.1.14 JUIZ DE FORA1

Arranjo de barra atual:

O setor de 345 kV possui arranjo tipo anel e o setor de 138 kV possui arranjo tipo barra principal e transferência. A figura a seguir apresenta o arranjo atual.



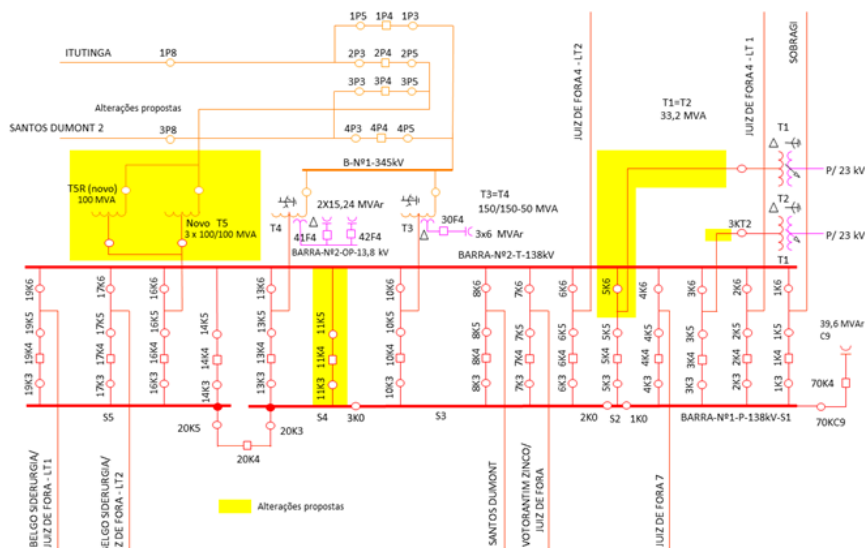
Alterações propostas:

- ✓ Converter o arranjo do setor de 345 kV para disjuntor e meio.
O Agente informou não ser factível devido à ausência de espaço físico.
- ✓ Individualizar a conexão dos transformadores T1 e T2 no setor de 138 kV
O Agente informou ser factível.
- ✓ Instalar seção de transferência no arranjo 230 kV.
O Agente informou ser factível.

- ✓ Troca do transformador T5 , 345-138 kV, de 150 MVA (trifásico) por 4 transformadores monofásicos (3 em operação e um reserva) com potência mínima de 300 MVA (3x100 MVA) conforme estudo em andamento da EPE.

O Agente informou ser factível.

Na figura a seguir, são mostradas as modificações propostas.



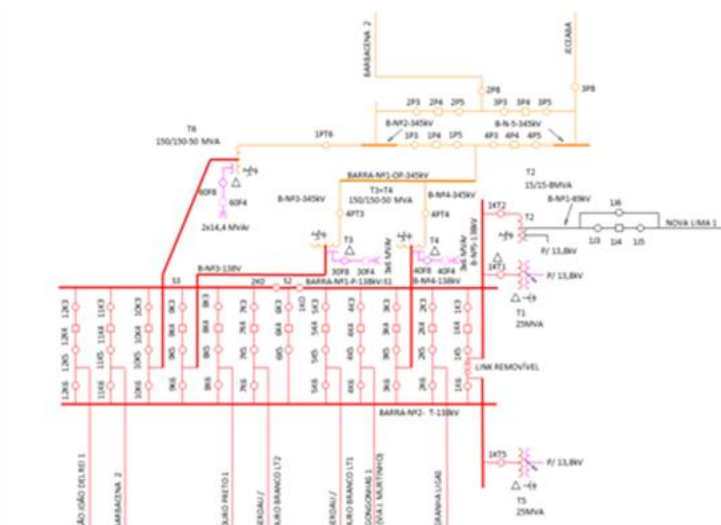
Obras relevantes previstas nos estudos de planejamento da EPE:

A EPE ainda não decidiu pela troca do T5 por um banco monofásico, uma vez que ainda não iniciou os estudos.

2.1.15 LAFAIETE 1

Arranjo de barra atual:

O setor de 345 kV possui arranjo tipo anel. A figura a seguir apresenta o arranjo atual.



Alterações propostas:

- ✓ Converter o arranjo do setor de 345 kV para disjuntor e meio.
O Agente informou não ser factível devido à ausência de espaço físico.
- ✓ Individualizar a conexão dos transformadores T3 e T4 no setor de 345 kV
O Agente informou ser factível.

Na figura a seguir, são mostradas as modificações propostas.

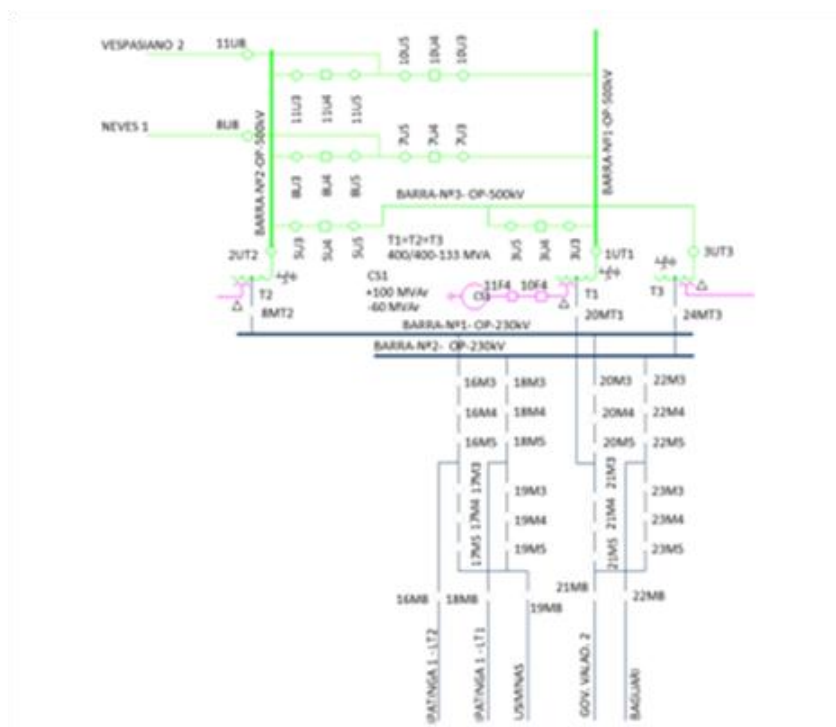


2.1.16 MESQUITA

Arranjo de barra atual:

O setor de 500 kV possui arranjo tipo disjuntor e meio incompleto. Futuramente, o vão será complementado com a entrada em operação da LT para Viana. Os transformadores estão conectados às barras sem disjuntores.

O setor de 230 kV possui arranjo tipo disjuntor e meio. A figura a seguir apresenta o arranjo atual.



Alterações propostas:

- ✓ No setor de 500 kV, retirar a conexão dos TR1 e TR2 diretamente nas barras de 500 kV (sem disjuntor).
O Agente informou ser factível com a instalação de disjuntores 500 kV para os transformadores que atualmente estão conectados diretamente às barras. Informou também que dois vãos de 500 kV (tipo disjuntor e meio) deverão ser completados com a conexão do lado de alta do futuro transformador T4 e da saída da futura LT 500 kV para Viana.
- ✓ No setor de 230 kV, instalar um vão barra dupla, duplo disjuntor, para conexão do transformador T2 no setor de 230 kV.

Para conexão do lado de 230 kV do transformador T3 já está previsto a implementação de um novo vão do tipo disjuntor e meio, onde será conectado além do T3, a futura LT 230 kV para Timóteo 2.

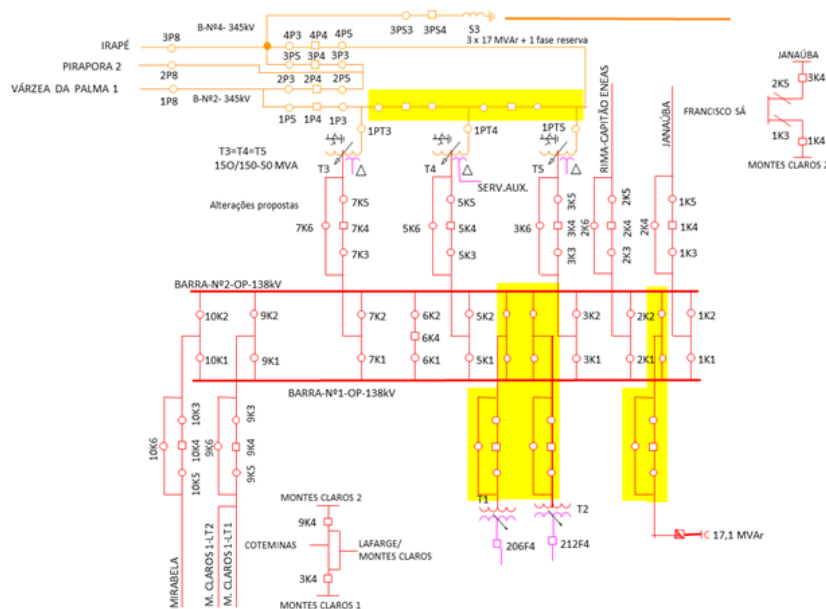
Também está previsto a instalação de um vão com dois disjuntores de 230 kV, barra dupla, duplo disjuntor, interligando as barras 1 e 2, para conexão do lado de baixa tensão do novo transformador T4.

Na figura a seguir, são mostradas as modificações propostas.

Alterações propostas:

- ✓ Individualizar os nós de saída dos 3 transformadores no arranjo em do setor de 345 kV.
O agente informou que a implementação é factível.
- ✓ Individualizar a conexão dos transformadores T1 e T2 e banco de capacitores C5 no setor de 138 kV.
O agente informou que a implementação é factível.
- ✓ Instalar proteção diferencial adaptativa para as barras de 138 kV
O agente informou que a implementação é factível.

Na figura a seguir, são mostradas as modificações propostas.

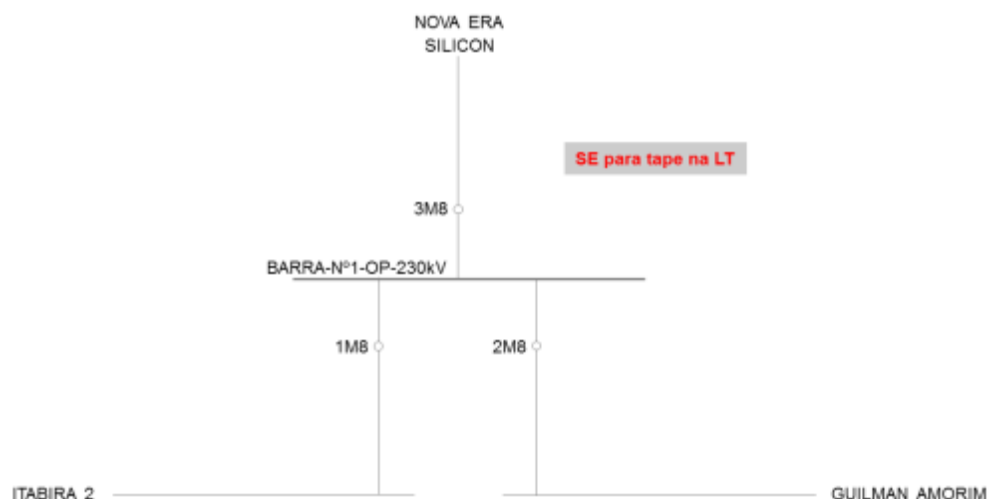


2.1.18 NOVA ERA 2

Arranjo de barra atual:

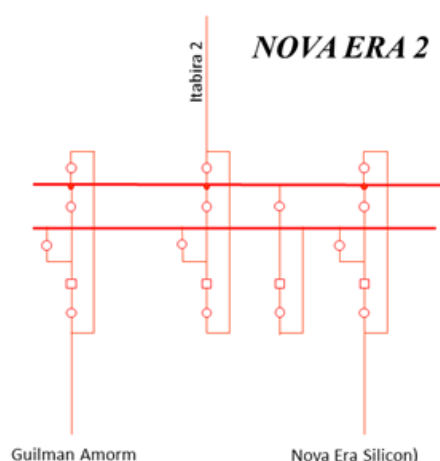
Tape na LT 230 kV Itabira 2 – Guilman Amorim.

A figura a seguir apresenta o arranjo atual.



Alterações propostas:

- ✓ Construir novo pátio com arranjo barra dupla 4 chaves.
O agente informou que a implementação é factível.
Na figura a seguir é mostrado o arranjo do novo setor de 230 kV.



2.1.19 PIMENTA

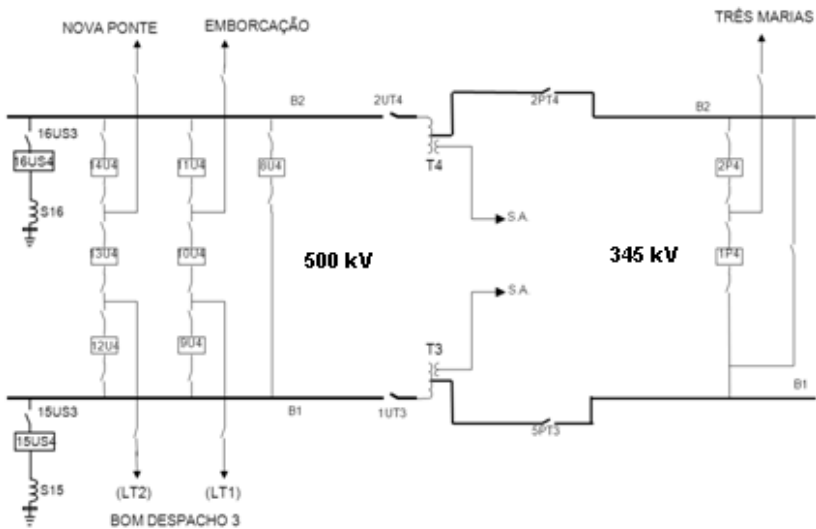
Arranjo de barra atual:

O Setor de 345 kV possui arranjo do tipo barra dupla e transferência, com bays incompletos para os transformadores T1 e T2

Alterações propostas:

- ✓ Individualizar os bays de 345 kV dos transformadores T1 e T2.
O Agente informou que a modificação é factível.

Os setores de 500 e 345 kV possuem arranjo disjuntor e meio incompleto com os transformadores T3 e T4 ligados diretamente às barras de 500 kV e 345 kV
A figura a seguir apresenta o arranjo atual.



Alterações propostas:

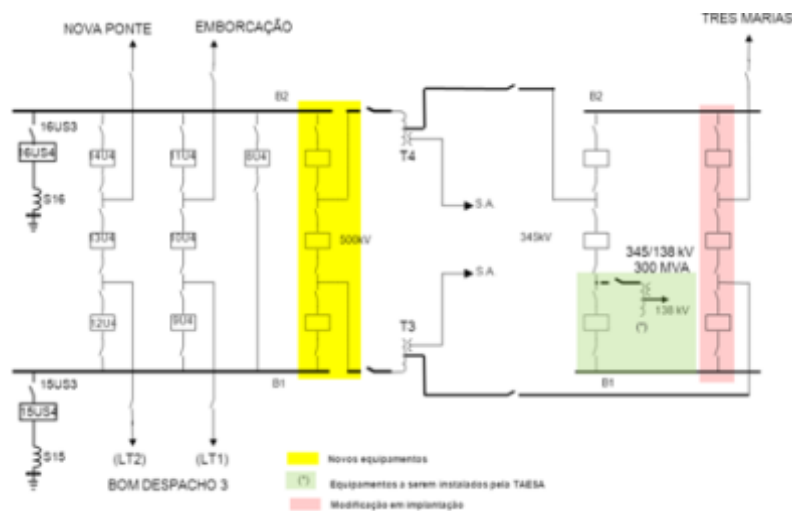
- ✓ Completar os vãos dos transformadores 500/345 kV T3 e T4 para disjuntor e meio nos dois setores.

O Agente informou que a modificação é factível.

- ✓ Trocar as proteções diferenciais das barras de 500 e 345 kV.

O Agente informou que a modificação é factível.

Na figura a seguir são mostradas as alterações propostas.



2.1.22 TAQUARIL

Arranjo de barra atual:

A figura a seguir apresenta o arranjo atual.

Alterações propostas:

- ✓ Converter arranjo 230 kV, de barra principal e transferência para dupla 4 chaves e barra de transferência, com disjuntores específicos para interligação de barras e para transferência.

O Agente informou que a modificação é factível.

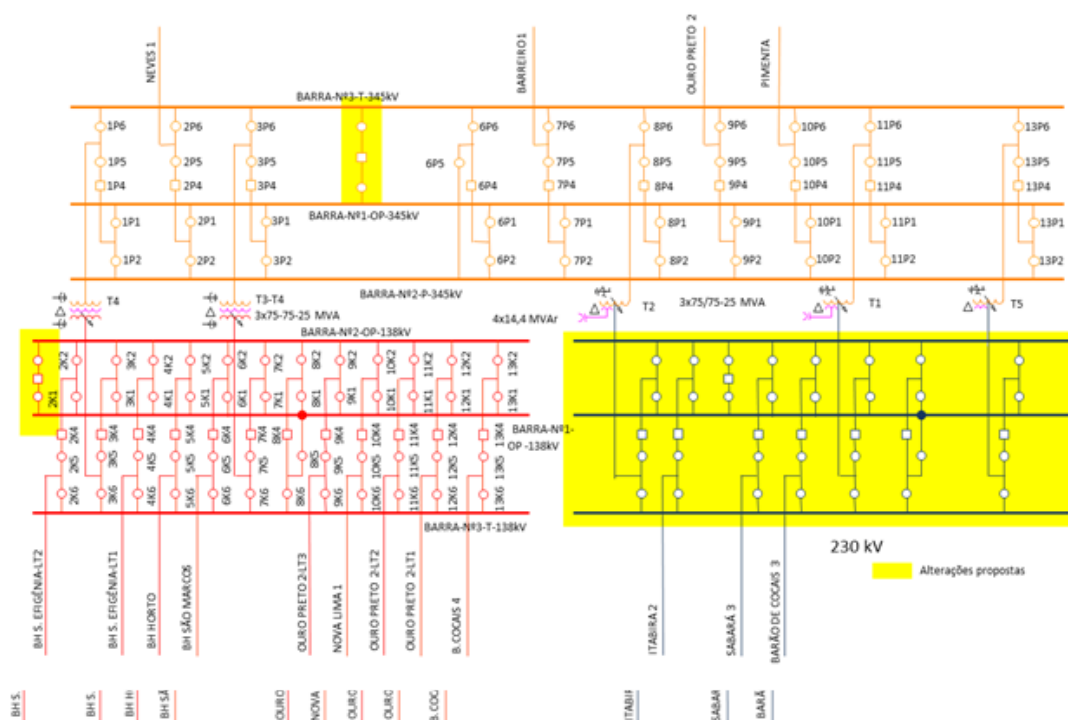
- ✓ Inserir mais um disjuntor de 345 kV de forma a ter disjuntores específicos para interligação de barras e para transferência.

O Agente informou que a modificação é factível.

- ✓ Inserir mais um disjuntor de 138 kV de forma a ter disjuntores específicos para interligação de barras e para transferência.

O Agente informou que a modificação é factível.

Na figura a seguir são mostradas as alterações propostas.



2.1.23 TIMOTEO

Arranjo de barra atual:

O setor de 230 kV é um tap na LT 230 kV Acesita-Ipatinga.

Alterações propostas:

- ✓ Construir pátio de 230 kV, com arranjo tipo barra dupla 4 chaves, para os dois transformadores e duas saídas de linha.

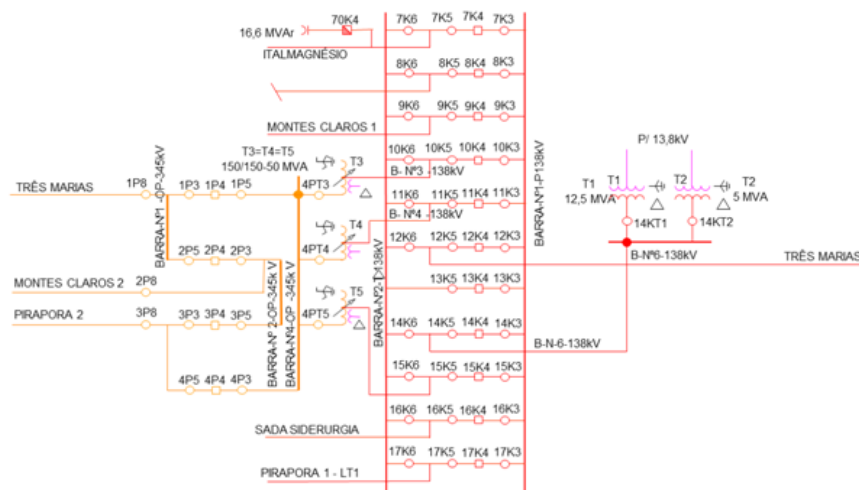
O Agente informou que a construção não é factível devido à ausência de espaço físico.

2.1.24 VARZEA DA PALMA 1

Arranjo de barra atual:

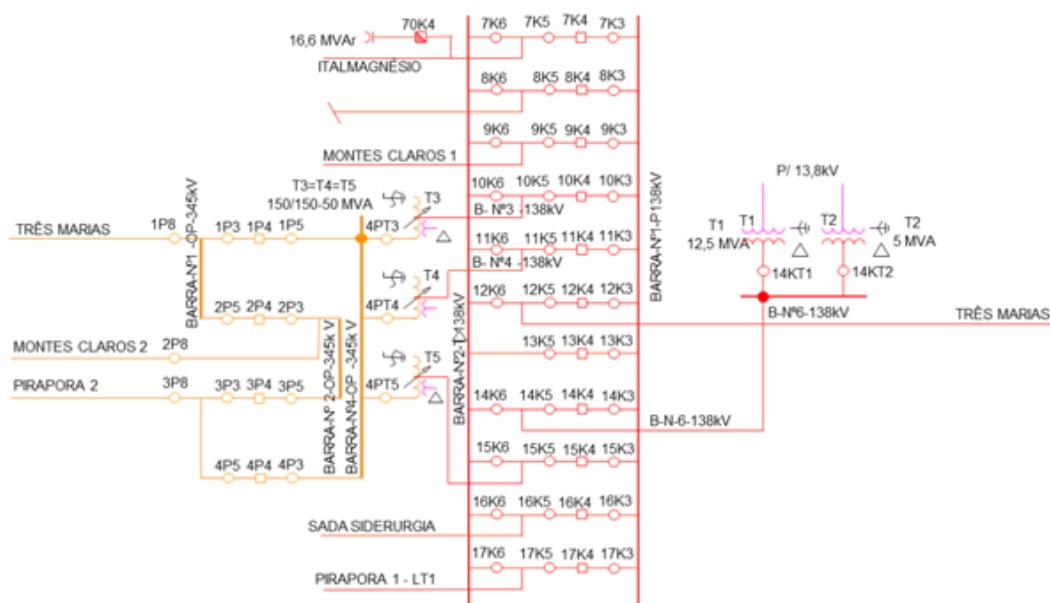
O setor de 345 kV possui arranjo do tipo anel e o setor de 138 kV possui arranjo do tipo barra principal e transferência.

A figura a seguir apresenta o arranjo atual.



O setor de 13,8 kV possui arranjo do tipo barra principal e transferência.

A figura a seguir apresenta o arranjo atual.



- ✓ Individualizar os vãos dos transformadores 345/138 kV, completando o anel. O Agente informou que a modificação é factível.

- O Agente informou que a modificação é factível.

[illegible]

Arranjo de barra atual:

- ✓ Converter arranjo do setor de 500 kV, de anel para disjuntor e meio, com a instalação de duas seções e adequação da conexão dos transformadores

O Agente informou que a modificação é factível.

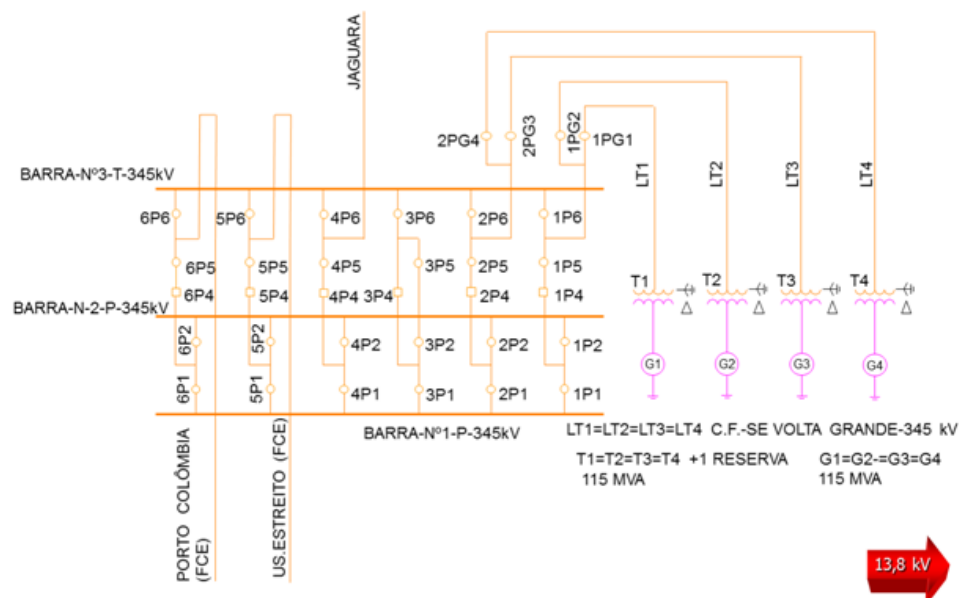
Diagrama de uma subestação de 138 kV, mostrando as barras (BARRA Nº1-P-138kV e BARRA Nº2-P-138kV) e os equipamentos associados. O diagrama inclui as seguintes informações:

- Legenda:**
 - Ampliação futura (área cinza)
 - Alterações propostas (área amarela)
- Equipamentos e Barras:**
 - BARRA Nº1-P-138kV (superior)
 - BARRA Nº2-P-138kV (inferior)
 - Transformadores: T3 (300-300-100 MVA), T2 (300-300-100 MVA)
 - Disjuntores: 3FT3, 2FT2
 - Relés: 3UT3, 2UT2
 - Equipamentos de proteção: 15KV 50A, SERV.AUX
- Barra e Equipamentos por Grupo:**
 - GRUPO 1: 16K5, 16K4, 16K2, 16K6
 - GRUPO 2: 15K5, 15K4, 15K2, 15K6
 - GRUPO 3: 14K5, 14K4, 14K2, 14K6
 - GRUPO 4: 13K5, 13K4, 13K2, 13K6
 - GRUPO 5: 12K5, 12K4, 12K2, 12K6
 - GRUPO 6: 11K5, 11K4, 11K2, 11K6
 - GRUPO 7: 10K5, 10K4, 10K2, 10K6
 - GRUPO 8: 9K5, 9K4, 9K2, 9K6
 - GRUPO 9: 7K5, 7K4, 7K2, 7K6
- Subestações e Locais:**
 - STA LUZIA 2
 - BH PAMPULHA
 - SANTA LUZIA 1
 - CL.SANTA LUZIA
 - NOVA GRANJA-LT1
 - NOVA GRANJA-LT2
- Outras Informações:**
 - NEVES 1
 - 8U8, 8U3, 8U4, 8U5, 9U3, 9U4, 9U5, 10U5, 10U4, 10U3, 10U8
 - 6U3, 6U4, 6U5, 7U5, 7U4, 7U3
 - ITABIRITO
 - MESQUITA

2.1.26 VOLTA GRANDE

Arranjo de barra atual:

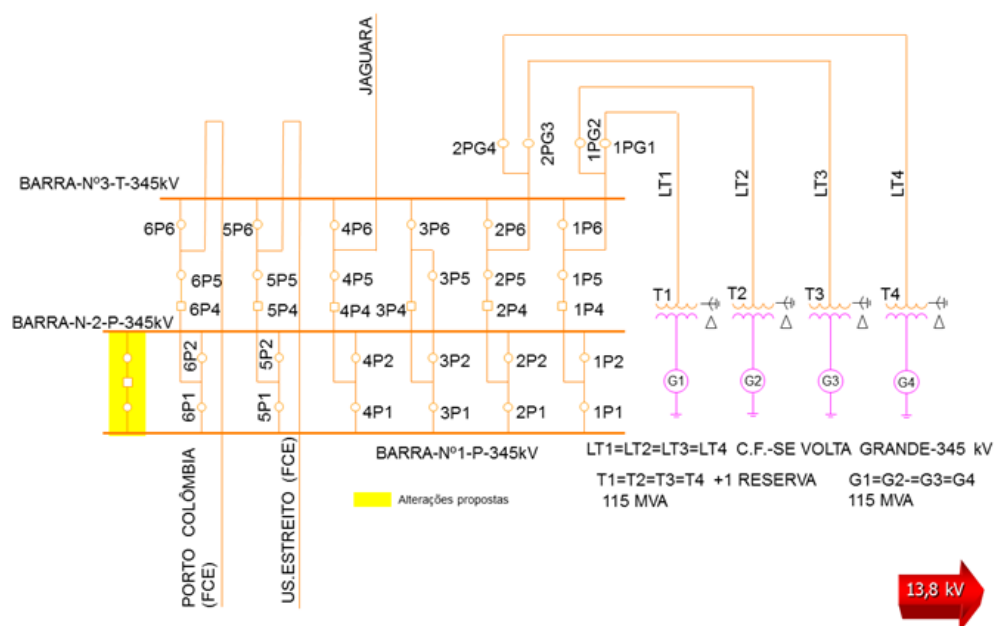
O setor de 345 kV possui arranjo do tipo barra dupla principal e transferência. A figura a seguir apresenta o arranjo atual

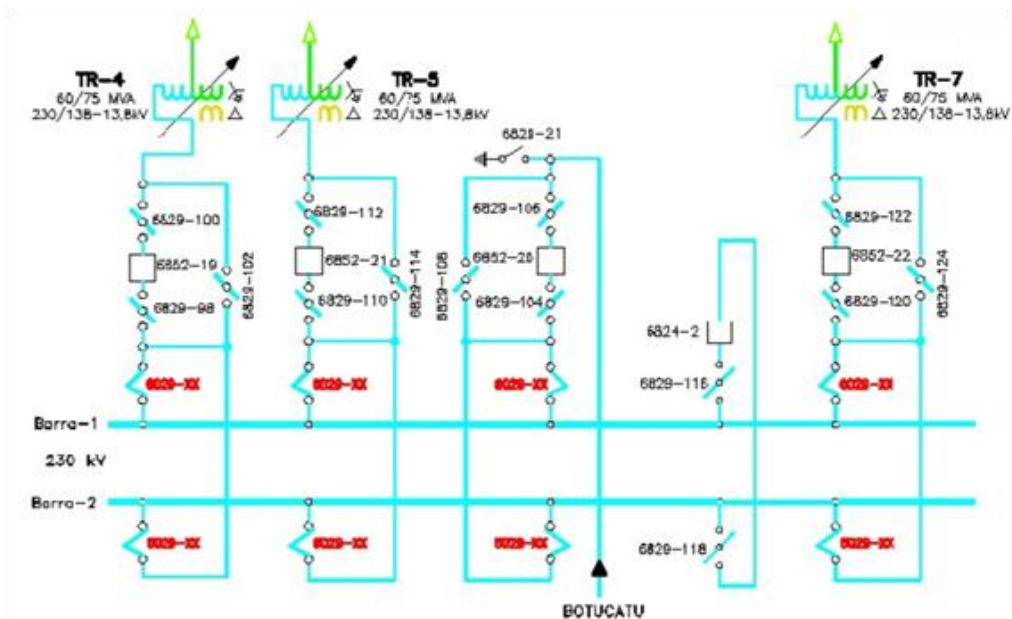


Alterações propostas:

- ✓ Instalar um disjuntor de 345 kV de forma a se ter disjuntores específicos para interligação de barras e para transferência.
- O Agente informou que a modificação é factível.

Na figura a seguir são mostradas as alterações propostas.

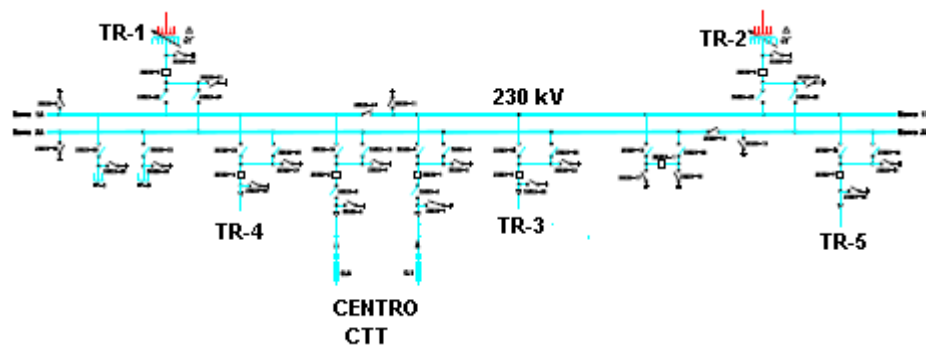




2.2.3 CENTRO-CTR

Arranjo de barra atual:

Os setores de 230 e 88 kV são do tipo barra dupla 3 chaves.
A figura a seguir apresenta o arranjo atual do setor de 230 kV.



Alterações propostas:

- ✓ Modificar os arranjos dos setores de 230 kV e 88 kV de barra dupla 3 chaves, para barra dupla 5 chaves; instalar proteções de barra adaptativas; implantar barra de transferência (aérea) para a transformação 230/20 kV e instalar pára-raios 230 kV para os transformadores 230/20 kV.

O Agente informou que apesar da subestação ser em GIS, há condições de se modificar os arranjos dos setores de 230 kV e 88 kV. Informou também que são factíveis a substituição da proteção de barras e a implantação da barra de transferência aérea.

2.2.4 COMPANHIA BRASILEIRA DE ALUMINIO 2

Arranjo de barra atual:

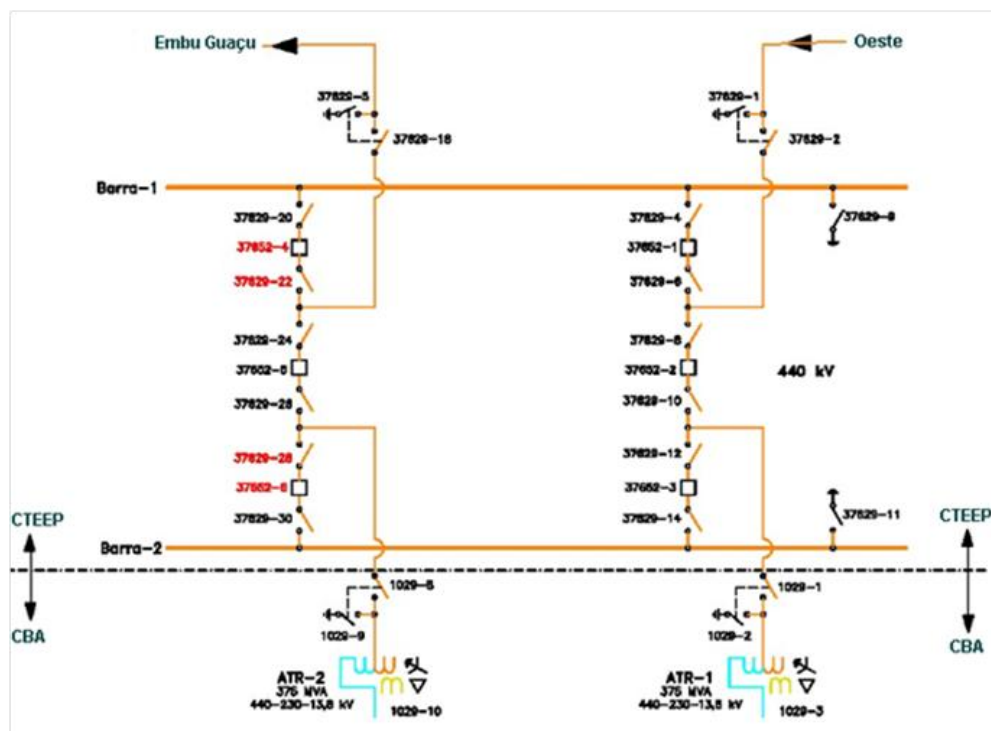
O setor de 440 kV possui arranjo do tipo disjuntor e meio incompleto, operando em anel.

Alterações propostas:

- ✓ Completar o arranjo do setor de 440 kV para disjuntor e meio e instalar proteção de barra.

O Agente informou que a alteração do arranjo e a instalação da proteção de barras são factíveis

Na figura a seguir são mostradas as alterações propostas.



2.2.5 EDGARD SOUZA

Arranjo de barra atual:

Os setores de 230 e 88 kV possuem arranjo do tipo barra dupla 3 chaves.

Alterações propostas:

- ✓ Completar o arranjo dos setores de 230 de barra dupla 3 chaves para barra dupla 5 chaves e instalar proteção de barra adaptativa
- O Agente informou que a alteração do arranjo e a instalação da proteção de barras são factíveis

- ✓ Completar o arranjo do setor de 88 kV para barra dupla 4 chaves, com seccionamento do barramento 88 kV, instalação de disjuntor de interligação e de proteção de barra adaptativa.

O Agente informou que as modificações são factíveis.

Na figura a seguir são mostradas as alterações propostas.

2.2.6 EMBU GUAÇU

Arranjo de barra atual:

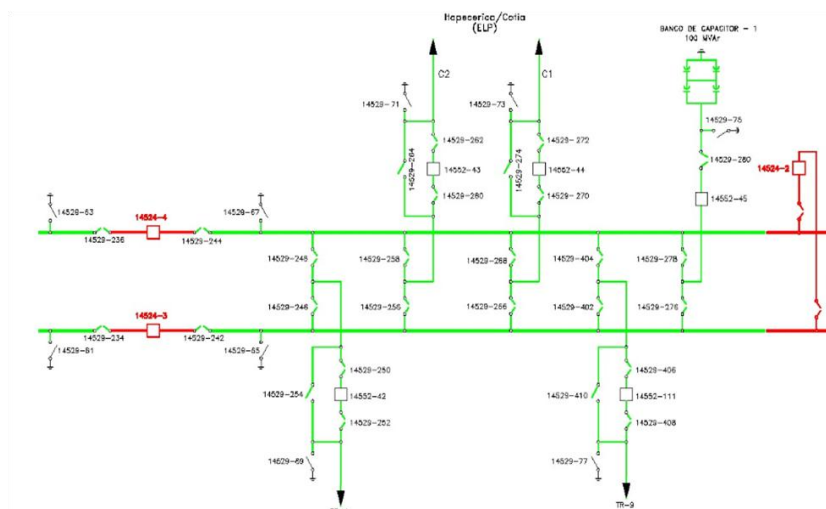
O setor de 138 kV possui arranjo do tipo barra dupla.

Alterações propostas:

- ✓ Seccionar o barramento de 138 kV, instalar disjuntor de interligação e proteção de barra adaptativa

O Agente informou que a alteração do arranjo e a instalação da proteção de barras são factíveis

Na figura a seguir são mostradas as alterações propostas.



2.2.7 GERDAU

Arranjo de barra atual:

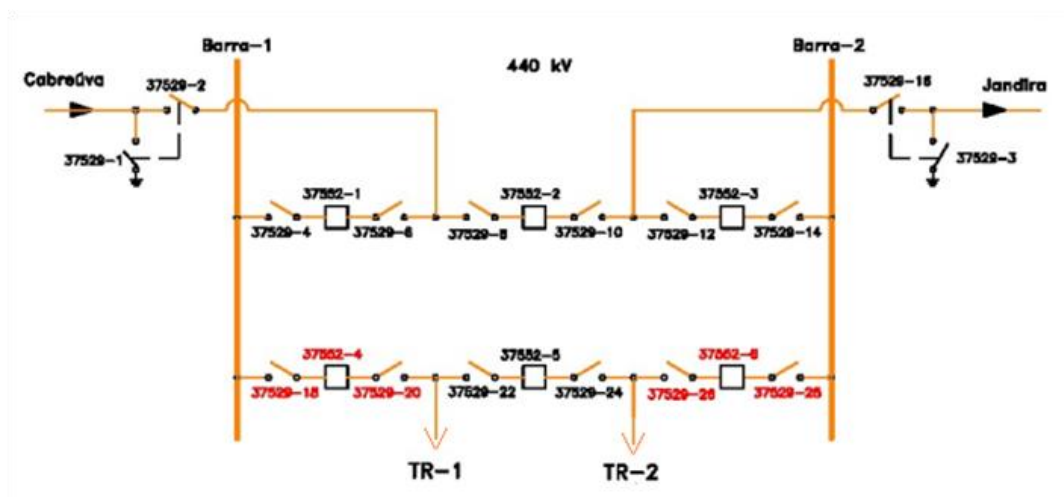
O setor de 440 kV possui arranjo do tipo disjuntor e meio operando em Anel

Alterações propostas:

- ✓ Completar o arranjo do setor de 440 kV para disjuntor e meio.
- ✓ Instalar proteção de barras.

O Agente informou que a complementação do arranjo e a instalação da proteção de barras são factíveis

Na figura a seguir são mostradas as alterações propostas.



2.2.8 ITARARÉ II

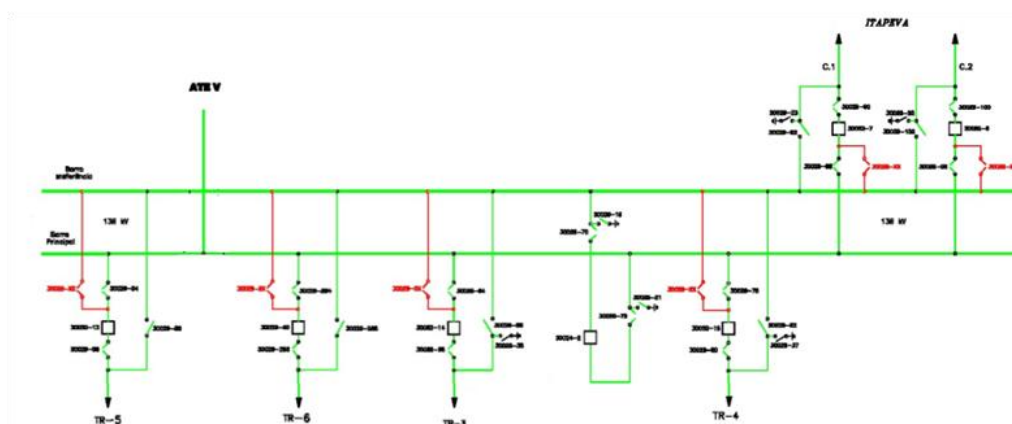
Arranjo de barra atual:

O setor de 138 kV possui arranjo do tipo barra principal e transferência.

Alterações propostas:

- ✓ Converter o arranjo do setor de 138 kV de barra principal e transferência para barra dupla 4 chaves e instalar proteção de barra adaptativa.

O Agente informou que a conversão do arranjo e a instalação da proteção de barras são factíveis. Na figura a seguir são mostradas as alterações propostas.



2.2.9 MIGUEL REALE

Arranjo de barra atual:

O setor de 345 kV possui arranjo do tipo barra dupla 3 chaves.

Alterações propostas:

- ✓ Instalar proteção de barra adaptativa no setor de 345 kV.

O Agente informou que embora a subestação utilize a tecnologia GIS, a instalação da proteção de barras é factível.

2.2.10 MIRASSOL II

Arranjo de barra atual:

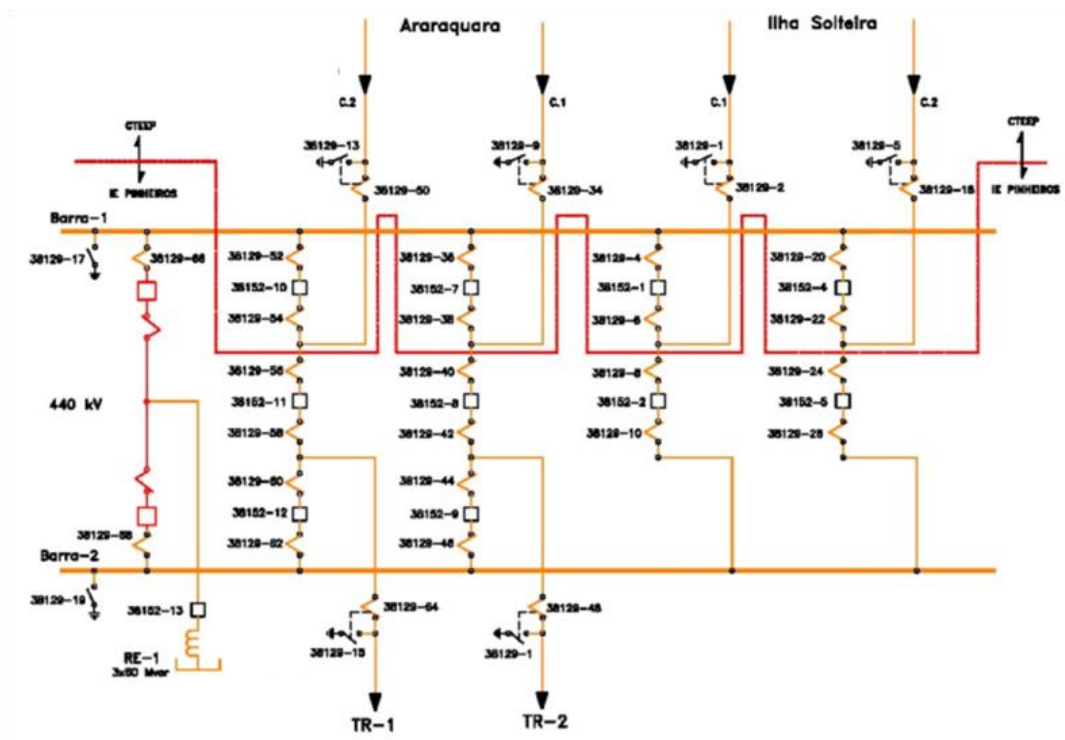
O setor de 440 kV possui arranjo do tipo disjuntor e meio.

Alterações propostas:

- ✓ Completar vão do reator RE-1 no setor de 440 kV.

O Agente informou que a complementação do vão é factível.

Na figura a seguir é mostrada a alteração proposta.



Obras relevantes previstas nos estudos de planejamento da EPE:

O relatório EPE-DEE-RE-124/12, emitido em 14/12/12, recomenda a instalação do terceiro banco de autotransformadores 440/138 kV na SE Mirassol II em 2018.

2.2.11 PIRITUBA

Arranjo de barra atual:

O setor de 88 kV possui arranjo do tipo barra dupla.

Alterações propostas:

- ✓ Converter o setor de 88 kV para solução GIS (blindada SF6).

O Agente informou que a conversão do setor é factível.

2.2.14 SÃO JOSÉ CAMPOS

Arranjo de barra atual:

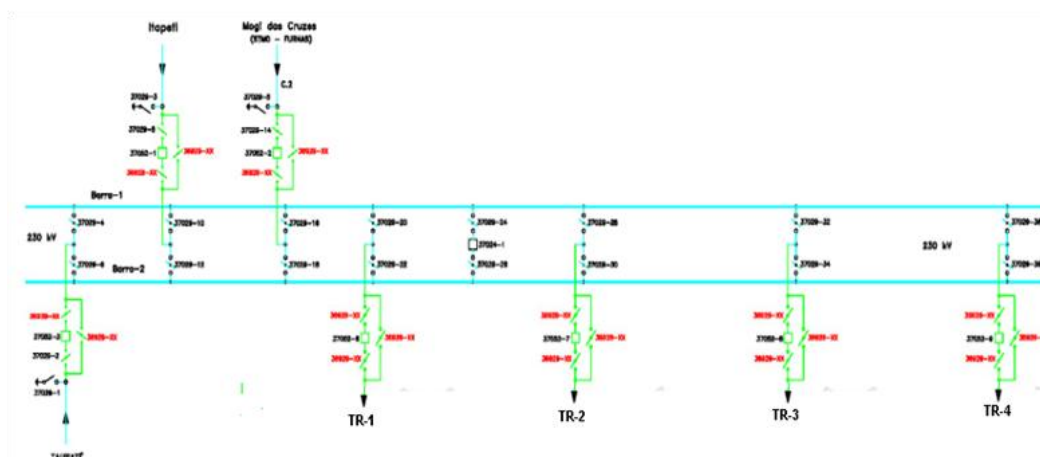
O setor de 230 kV possui arranjo do tipo barra dupla 3 chaves.

Alterações propostas:

- ✓ Modificar o arranjo do setor de 230 kV de barra dupla 3 chaves para barra dupla 5 chaves.

O Agente informou que a modificação é factível.

Na figura a seguir é mostrada a alteração proposta.



2.2.15 SANTA CABEÇA

Arranjo de barra atual:

O setor de 230 kV possui arranjo do tipo barra dupla 3 chaves.

Alterações propostas:

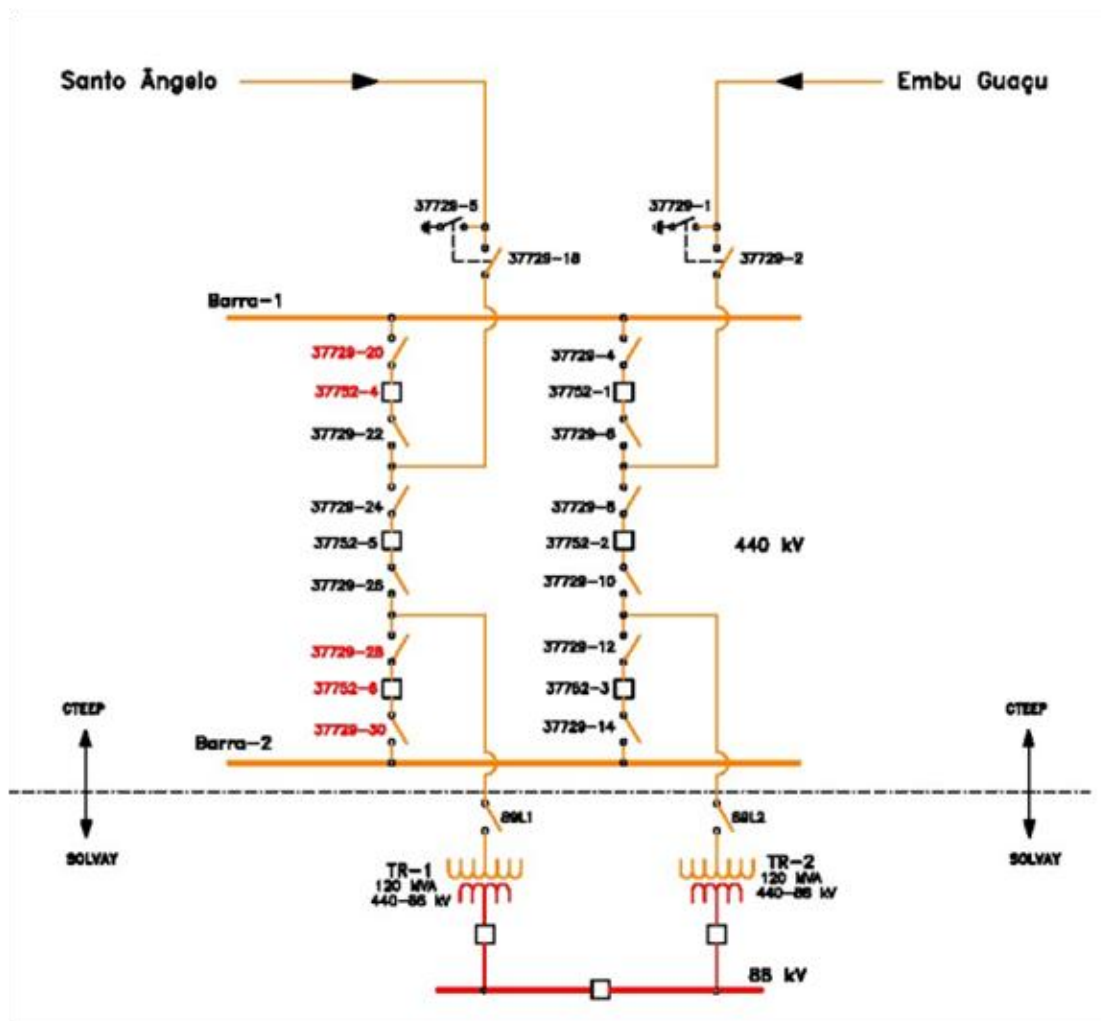
- ✓ Modificar o arranjo de barra dupla 3 chaves para barra dupla 5 chaves, com instalação de chave by-pass.

O Agente informou que a modificação é factível.

- ✓ Instalação de proteção diferencial de barras adaptativa.

O Agente informou que a instalação é factível.

Na figura a seguir é mostrada a alteração proposta.



2.2.17 SUMARÉ

Arranjo de barra atual:

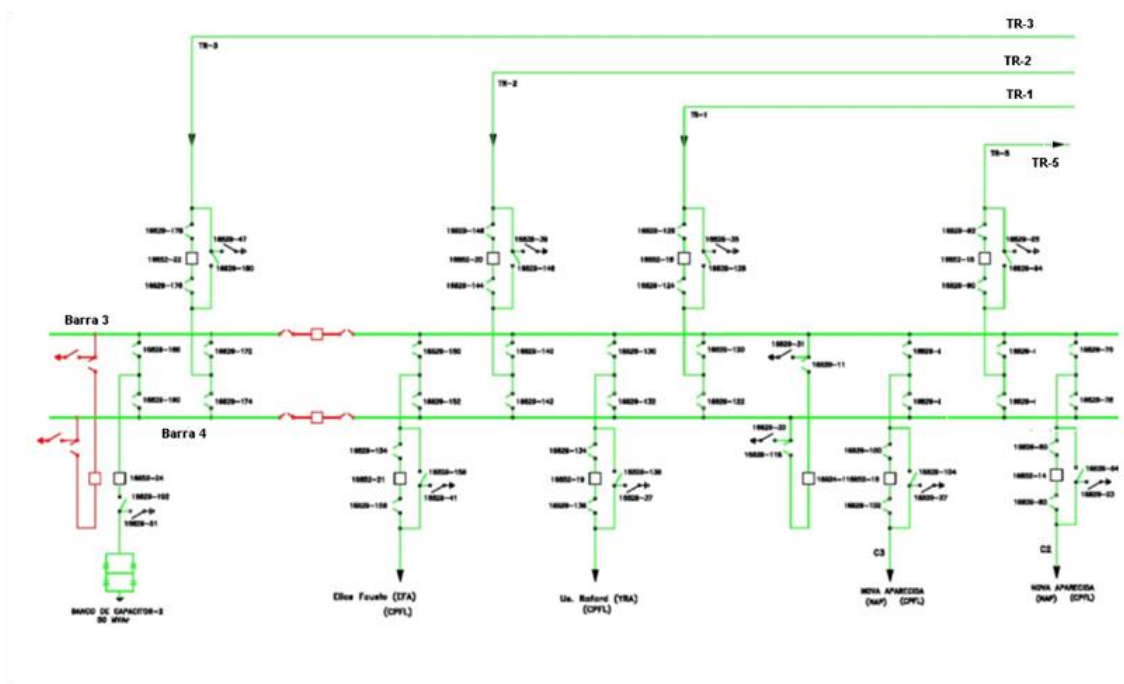
O setor de 138 kV possui arranjo do tipo barra dupla.

Alterações propostas:

- ✓ Seccionar o barramento de 138 kV.
- ✓ Instalar disjuntor de interligação.
- ✓ Instalar proteção de barra adaptativa.

O Agente informou que as alterações são factíveis

Na figura a seguir são mostradas as alterações propostas.



2.3 FURNAS

2.3.1 ITUTINGA 345 kV

Arranjo de barra atual:

O setor de 345 kV possui arranjo do tipo barra dupla, 5 chaves.

Alterações propostas:

- ✓ Seccionar um dos barramentos com a instalação de disjuntor.
- ✓ Utilizar o vão existente e fora de operação, para um novo vão de amarre.

O Agente informou que as alterações não são factíveis uma vez que não seria possível a instalação de equipamentos de manobras.

2.3.2 JACAREPAGUA 345 kV

Arranjo de barra atual:

O setor de 345 kV possui arranjo do tipo barra dupla, 5 chaves.

Alterações propostas:

- ✓ Seccionar um dos barramentos através de disjuntor.
- ✓ Instalar um novo vão de amarre.

O Agente informou que a alteração do arranjo não é factível, uma vez que o seccionamento teria que ser realizado utilizando apenas seccionadoras.

2.3.3 POÇOS CALDAS 345 kV

Arranjo de barra atual:

O setor de 345 kV possui arranjo do tipo barra dupla, 5 chaves.

Alterações propostas:

- ✓ Transformar o arranjo do setor de 345 kV de barra dupla, 5 chaves, para disjuntor e meio.

O Agente informou que a transformação do barramento não é factível devido à limitação de espaço físico.

2.3.4 RESENDE 500 kV

Arranjo de barra atual:

O setor de 500 kV possui arranjo do tipo disjuntor e meio.

Alterações propostas:

- ✓ Completar os vãos dos transformadores TR01 e TR02 para o padrão disjuntor e meio.

O Agente informou que a alteração do arranjo já foi realizada.

2.3.5 ANGRA 500 kV

Arranjo de barra atual:

O setor de 500 kV possui arranjo do tipo anel.

Alterações propostas:

- ✓ Transformar o arranjo dos barramentos de anel para disjuntor e meio.

O Agente informou que a transformação do barramento não é factível devido à limitação de espaço físico.

2.3.6 MOGI 230 kV

Arranjo de barra atual:

O setor de 230 kV possui arranjo do tipo barra principal e transferência.

Alterações propostas:

- ✓ Transformar o arranjo dos barramentos de barra principal e transferência para barra dupla 5 chaves.

- ✓ Instalar proteção diferencial de barras adaptativa.

O Agente informou que a transformação do barramento e a instalação da proteção de barras adaptativa são factíveis.

2.3.7 GUARULHOS

Arranjo de barra atual:

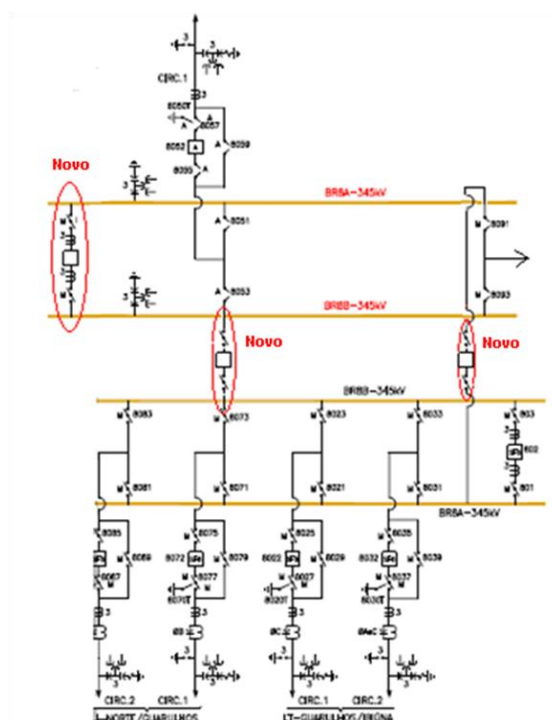
O setor de 345 kV possui arranjo do tipo barra dupla 5 chaves.

Alterações propostas:

- ✓ Instalar dois vãos interligando as barras.
- ✓ Instalar um vão de amarre.

O Agente informou que as alterações são factíveis

Na figura a seguir são mostradas as alterações propostas.



3

CONCLUSÕES

A tabela a seguir apresenta as instalações cujas propostas de melhoria foram consideradas factíveis pelas empresas.

Foram analisadas 87 subestações, sendo 43 instalações com propostas factíveis de implementação.

O quadro a seguir apresenta, por empresa, um resumo dos resultados obtidos.

Empresa	Instalações Analisadas	Instalações com propostas factíveis de implementação
FURNAS	15	2
CEMIG	28	24
CTEEP	33	17
ATE	1	0
LTTRIÂNGULO	1	0
TRANSENER	1	0
VALLOUREC	1	0
ESCELSA	1	0
LTMONTES CLAROS	1	0
SMTE	1	0
PETROBRAS	1	0
ISA PINHEIROS	1	0
IESJ	1	0
ETES	1	0
TOTAL	87	43

As medidas propostas tiveram como objetivo melhorar o desempenho destas instalações.

EQUIPE DE TRABALHO

- Paulo Gomes – ONS
- Fernando José Carvalho de França – ONS
- Fernando Aquino Viotti – ONS
- Humberto Arakaki – ONS
- Roberto Perret de Magalhães – CEPEL
- Antônio Ricardo C. Dias de Carvalho - CEPEL
- Raul Balbi Sollero - CEPEL
- Jurema Ludwig - EPE
- Daniel José Tavares de Souza - EPE
- Armando Leite Fernandes – EPE
- Carlos Ribeiro – CTEEP
- Caetano Cezario Neto – CTEEP
- Felipe Câmara Neto – FURNAS
- Fernando Cattan Jusan – FURNAS
- Mario Fernando Ellis – FURNAS
- Luis Edmundo Ferreira - FURNAS
- Maria Lucia Carvalho Gabino - CEMIG
- Everson Jose Corradi de Matos - CEMIG
- Jose Roberto Valadares - CEMIG
- Rodnei Dias dos Anjos – CEMIG-GT
- José Felício dos Santos – CEMIG-GT