



Empresa de Pesquisa Energética

ESTUDOS PARA A EXPANSÃO DA TRANSMISSÃO

NOTA TÉCNICA

*Modularização da Subestação
345/289/138/13,8 kV Três Marias*

Dezembro de 2022



Ministério de
Minas e Energia



(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso)



GOVERNO FEDERAL
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministério de Minas e Energia

Ministro

Adolfo Sachsida

Secretário-Executivo do MME

Hailton Madureira de Almeida

Secretário de Planejamento e Desenvolvimento

Energético

José Guilherme de Lara Resede

Secretário de Energia Elétrica

Ricardo Marques Alves Pereira

Secretário de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis

Renováveis

Rafael Bastos da Silva

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação

Mineral

Líliá Mascarenhas Sant'agostino

ESTUDOS PARA A LICITAÇÃO DA EXPANSÃO DA TRANSMISSÃO

NOTA TÉCNICA

*Modularização da Subestação
345/289/138/13,8 kV Três Marias*



Empresa de Pesquisa Energética

Empresa pública, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, instituída nos termos da Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004, a EPE tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras.

Presidente

Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais

Giovani Vitória Machado

Diretor Interino de Estudos de Energia Elétrica

Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

Diretora de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustíveis

Heloisa Borges Bastos Esteves

Diretora de Gestão Corporativa

Angela Regina Livino de Carvalho

Coordenação Geral

Erik Eduardo Rego

Coordenação Executiva

Thiago de Faria Rocha Dourado Martins

Análises Técnico-Econômicas

Lucas Simões de Oliveira (Coordenação)

Armando Leite Fernandes

URL: <http://www.epe.gov.br>

Sede

Esplanada dos Ministérios, Bloco U, Sl. 744
70065-900 – Brasília – DF


Escritório Central

Praça Pio X, 54 – Centro
20091-040 - Rio de Janeiro – RJ

Nº EPE-DEE-NT-107/2022-rev0

Data: 28/12/2022

(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso)

 <p>epe Empresa de Pesquisa Energética</p>	<p><i>Contrato</i> _____</p> <p><i>Data de assinatura</i> _____</p>	
<p><i>Projeto</i></p> <p align="center">ESTUDOS PARA EXPANSÃO DA TRANSMISSÃO</p>		
<p><i>Área de estudo</i></p> <p align="center">Estudos do Sistema de Transmissão</p>		
<p><i>Subárea de estudo</i></p> <p align="center">GET Sudeste</p>		
<p><i>Produto (Nota Técnica ou Relatório)</i></p> <p>EPE-DEE-NT-107/2022-rev0 Modularização da Subestação 345/289/138/13,8 kV Três Marias</p>		
<p><i>Revisões</i></p> <p>rev0</p>	<p><i>Data</i></p> <p>28/12/2022</p>	<p><i>Descrição sucinta</i></p> <p>Emissão original</p>

(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso)

APRESENTAÇÃO

Esta Nota Técnica tem por objetivo definir a modularização das novas unidades transformadoras 289/138 kV a serem instaladas na SE 345/289/138/13,8 kV Três Marias, em substituição às atuais, por fim de vida útil regulatória, conforme informação da concessionária Cemig Geração e Transmissão S.A. [1] , bem como verificar a compatibilidade da capacidade instalada das unidades transformadoras 345/289 kV face ao grande quantitativo de empreendimentos solares na região. Adicionalmente se propõe a individualização da proteção das transformações 289/138 kV e das transformações 138/13,8 kV (DIT) para atendimento ao critério N-1.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	7
SUMÁRIO.....	8
ÍNDICE DE FIGURAS.....	9
ÍNDICE DE TABELAS.....	10
1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Considerações Iniciais.....	11
1.2 Objetivos Gerais.....	12
2 CONCLUSÕES.....	13
3 RECOMENDAÇÕES.....	15
4 TOPOLOGIA DO SISTEMA.....	18
5 POTENCIAL SOLAR CONSIDERADO.....	23
6 PROJEÇÕES DE MERCADO.....	26
7 CENÁRIOS.....	27
8 PROPOSTA DE MODULARIZAÇÃO.....	28
9 INDIVIDUALIZAÇÃO DA PROTEÇÃO DAS UNIDADES 289/138 KV E 138/13,8 KV	37
10 CURTO-CIRCUITO.....	39
11 REFERÊNCIAS.....	40
12 COLABORADORES.....	41
13 FICHA PET.....	42
14 ANEXOS – OFÍCIO EPE E RESPOSTA CEMIG GERAÇÃO E TRANSMISSÃO.....	43
14.1 Consulta EPE.....	43
14.2 Resposta CEMIG-GT.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 – Visão geral da usina e da SE 345/289/138/13,8 kV Três Marias.....	11
Figura 2-1 - Representação simplificada da situação atual SE Três Marias.....	13
Figura 3-1 - Representação esquemática da SE Três Marias após a implantação de todas as obras planejadas	15
Figura 3-2 – Serviços para a individualização da proteção das transformações 289/138 kV e 138/13,8 kV	17
Figura 4-1 – Obras de transmissão região norte de MG – ano 2027	18
Figura 4-2 – Obras de transmissão região norte de MG – ano 2031	19
Figura 4-3 – Configuração básica da SE 345/289/138/13,8 kV Três Marias	21
Figura 4-4 – Localização física dos pátios 345, 289, 138 e 13,8 kV e das unidades transformadoras da SE Três Marias	21
Figura 4-5 – Diagrama unifilar básico da SE Três Marias – Situação atual	22
Figura 5-1 – Sistema 138 kV local e localização elétrica dos empreendimentos – Fonte: Cemig Distribuição.....	25
Figura 8-1 – Situação final SE Três Marias – Eliminação barramento de 289 kV.....	28
Figura 8-2 – Substituição dos trafos trifásicos 289/138 kV por bancos monofásicos	29
Figura 8-3 – Obras que seriam necessárias para instalação de um 3º banco de 345/289 kV.....	30
Figura 8-4 – Obras que seriam necessárias para instalação de 2 novas saídas de LDs	31
Figura 8-5 – Fluxo exportador para a Rede Básica.....	34
Figura 8-6 – Histograma Cumulativo – UHE Três Marias	35
Figura 9-1 – Serviços para a individualização da proteção das transformações 289/138 kV e 138/13,8 kV	37

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3-1 – Recomendações de grande porte referentes à SE Três Marias	15
Tabela 4-1 – Obras de linhas de distribuição região norte de MG - ano 2027	19
Tabela 5-1 – Classificação da situação dos empreendimentos solares	23
Tabela 5-2 - Empreendimentos solares Grupo 1	23
Tabela 5-3 – Empreendimentos solares Grupo 2	23
Tabela 5-4 - Empreendimentos solares Grupo 3	24
Tabela 5-5 - Empreendimentos solares Grupo 4	24
Tabela 5-5 - Empreendimentos Grupo 5	24
Tabela 5-6 – Geração Distribuída considerada – Fonte: Cemig Distribuição	25
Tabela 6-1 – Carga Pesada local (MW)	26
Tabela 6-2 – Carga Média local (MW)	26
Tabela 6-3 – Carga Leve local (MW)	26
Tabela 6-4 – MUST – 2021 a 2024	26
Tabela 8-1 – Modularização necessária na SE 289/138 kV Três Marias para atendimento aos empreendimentos solares	32
Tabela 10-1 – Níveis de curto circuito	39

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

A usina hidrelétrica de Três Marias, de propriedade da Cemig Geração e Transmissão S.A, foi implantada em 1962 e se apresenta como uma das mais importantes do Sistema Interligado Nacional – SIN. Possui capacidade instalada de cerca de 370 MW e grande reservatório para armazenamento de água possibilitando, além do despacho otimizado, o atendimento a necessidades específicas como o suprimento de água à população e agricultura locais, controle de enchentes, controle do volume de água na represa de Sobradinho, bem como controle do nível do Rio São Francisco para navegação. A Figura 1-1 mostra uma visão geral da usina e da subestação (SE) 345/289/138/13,8 kV Três Marias localizada no estado de Minas Gerais.



Figura 1-1 – Visão geral da usina e da SE 345/289/138/13,8 kV Três Marias

A concessionária Cemig Geração e Transmissão S.A. informou à EPE através de [1] que, as duas unidades transformadoras trifásicas 289/138 kV da SE Três Marias, de 150 MVA cada, estão com o prazo das suas vidas regulatórias encerrado. Assim, para a elaboração de uma programação de substituição dessas unidades transformadoras por essa transmissora, há necessidade da definição da modularização dessas unidades com uma visão de planejamento de médio/longo prazo. Essa definição deve considerar na sua análise o expressivo quantitativo de empreendimentos solares na região, tanto geração concentrada quanto através de geração distribuída, sendo necessária também uma avaliação do impacto desta modularização nas unidades transformadoras 345/289 kV desta SE.

Adicionalmente faz-se necessário analisar a viabilidade de individualização das proteções das unidades transformadoras 289/138 kV e 138/13,8 kV (DIT) para atendimento ao critério N-1, uma vez que,

conforme informação da Cemig Geração e Transmissão S.A, a Resolução Autorizativa [3] que autorizou a instalação de um segundo transformador 138/13,8 kV, cuja receita foi atualizada pela Resolução Autorizativa [4], não previu a instalação de disjuntores que permitissem que estes transformadores fossem dotados de proteção individualizadas.

1.2 Objetivos Gerais

O objetivo desta Nota Técnica é, portanto, analisar se há necessidade de alteração da capacidade das novas unidades transformadoras 289/138 kV da SE Três Marias, em relação às unidades existentes, considerando-se um planejamento de médio/longo prazo, bem como a conformidade das capacidades das unidades transformadoras 345/289 kV em função dos expressivos quantitativos de empreendimentos solares previstos para a região, além de verificar a possibilidade de individualização da proteção das unidades transformadoras 289/138 kV e 138/13,8 kV.

2 CONCLUSÕES

Através das análises realizadas e das considerações feitas concluiu-se que a necessidade sistêmica para o atendimento ao critério N-1 em todo o horizonte é considerada satisfatória com a substituição dos dois transformadores trifásicos 289/138 kV de 150 MVA cada por dois bancos de autotransformadores de 300/360 MVA com uma única fase reserva para ambos.

A capacidade de 450/540 MVA dos bancos 345/289 kV mostrou-se satisfatória com as premissas adotadas conforme explicado no Capítulo 8. Além dessas substituições confirmou-se a viabilidade da individualização da proteção das unidades transformadoras 289/138 kV e 138/13,8 kV conforme mostrado no Capítulo 9. É possível observar na Figura 2-1 uma representação simplificada das unidades transformadoras da subestação Três Marias.

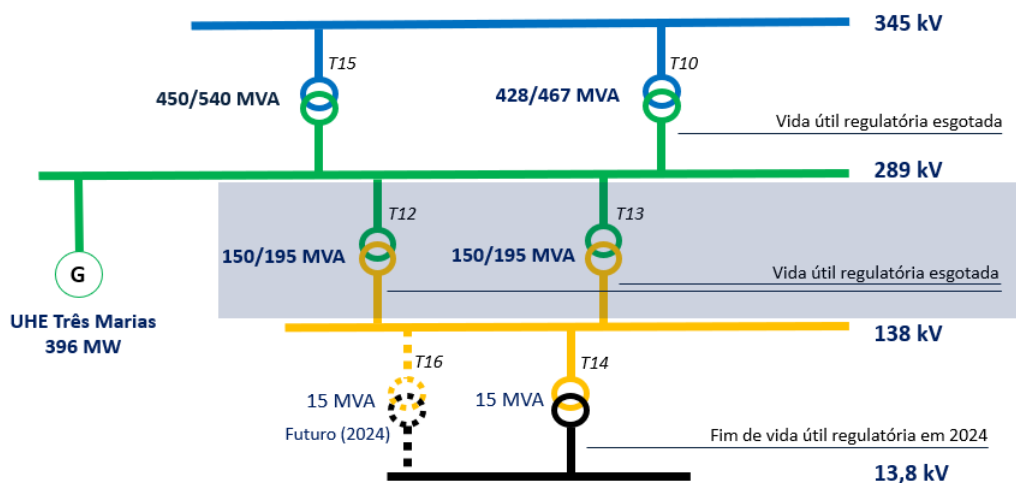


Figura 2-1 - Representação simplificada da situação atual SE Três Marias.

As obras recomendadas nesta Nota Técnica exigirão investimentos da ordem de R\$ 107 Milhões. Este valor contempla basicamente o custo das duas unidades transformadoras 289/138 kV de 300 MVA, mais uma fase reserva (6+1R x 100 MVA), e conexões para a possibilidade de individualização das proteções das transformações 289/138 kV e 138/13,8 kV, ou seja, duas conexões de transformador 289 kV e duas conexões de transformador 138 kV. É importante destacar que os custos referentes à tensão 289 kV estão referenciados à tensão de 345 kV, uma vez que equipamentos com tensão de operação de 289 kV não são padronizados no banco de preços da ANEEL.

Conforme mostrado no Capítulo 8, o fluxo dimensionador da modularização foi relacionado ao cenário de exportação do excedente de geração do sistema distribuidor para a Rede Básica via a SE de fronteira (289/138 kV) com atendimento ao critério N-1.

Ressaltamos que, conforme reuniões realizadas pela EPE com o MME, a ANEEL e o ONS, entendeu-se que, dada as características da subestação, que não possui viabilidade física para novas expansões, do cenário de exportação de geração, no qual a carga permanece plenamente atendida (mesmo em

situações de contingência), com a nova modularização, quando da perda de uma unidade transformadora 345/289 kV na SE Três Marias, o Operador do sistema deverá viabilizar ajustes operativos nos despachos de usinas locais para garantir o respeito aos limites operativos do transformador remanescente. Alternativamente, o Operador também poderá avaliar a implantação de um Sistema Especial de Proteção – SEP para corte de geração nessa situação específica de contingência.

Devido à particularidade desta SE, que agrega uma usina hidrelétrica com reservatório e diversos empreendimentos solares no sistema distribuidor, optou-se pelo atendimento ao critério N-1 mediante ajustes operativos em cenários críticos apenas para as unidades transformadoras 345/289 kV, permitindo a liberação de margem para a conexão de mais usinas solares no sistema de distribuição, devendo este caso ser tratado como uma excepcionalidade, tendo em vista ainda que o atendimento a carga é plenamente garantido em qualquer situação de contingência. O ONS determinará os critérios para ajustes e eventuais cortes de geração quando necessários. Ressalta-se que é esperado um tempo de permanência muito pequeno para esta situação uma vez que somente se prevê riscos de sobrecargas na ocorrência simultânea das seguintes condições operativas: cenários de final de semana (carga reduzida), geração solar e hidráulica elevadas, com a usina de Três Marias sem capacidade de armazenamento, e em situação de contingência simples na transformação 345/289 kV da subestação, que dispõe de uma unidade monofásica reserva na subestação.

3 RECOMENDAÇÕES

Com base nas análises realizadas, recomenda-se que:

- 1) Seja realizada a substituição dos dois transformadores trifásicos T12 e T13, 289/138 kV de 150 MVA, por dois bancos de autotransformadores de 300 MVA cada, com capacidade de sobrecarga por 4 horas de 20% e dotados de LTC, conforme indicado na Figura 3-1 e Tabela 3-1 e detalhado no Capítulo 8, tão logo a CEMIG-GT registre no SGPMR a necessidade dessa substituição devido ao final da vida útil técnica desses equipamentos.
- 2) A Cemig Geração e Transmissão S.A solicite, via SGPMR, a substituição do banco de autotransformadores 345/289 kV T10, que também está com sua vida útil regulatória esgotada, por um novo banco de 450 MVA, conforme indicado em [2], tão logo a transmissora constate o esgotamento da vida útil técnica do equipamento.

Tabela 3-1 – Recomendações de grande porte referentes à SE Três Marias

Equipamento Antigo	Recomendação Nova	Data de Necessidade
T12 289/138kV 150 MVA, 3Φ	T12 289/138kV 300 MVA (3x100 + 1R), 1Φ	Condicionada à indicação da Cemig-GT do final de vida útil técnica do ativo
T13 289/138kV 150 MVA, 3Φ	T13 289/138kV 300 MVA (3x100 + 1R), 1Φ	Condicionada à indicação da Cemig-GT do final de vida útil técnica do ativo
T10 345/289kV 428 MVA, 1Φ	T10 345/289kV 450 MVA (3x150 + 1R), 1Φ	Condicionada à indicação da Cemig-GT do final de vida útil técnica do ativo

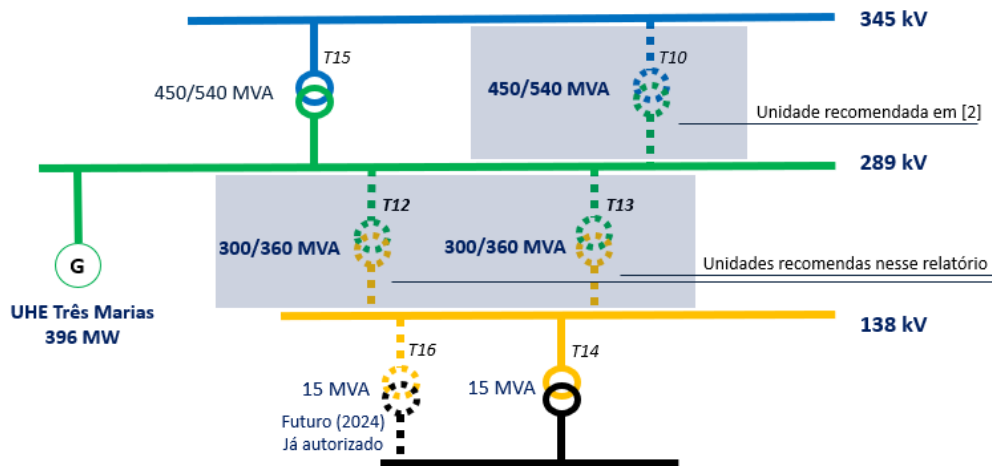
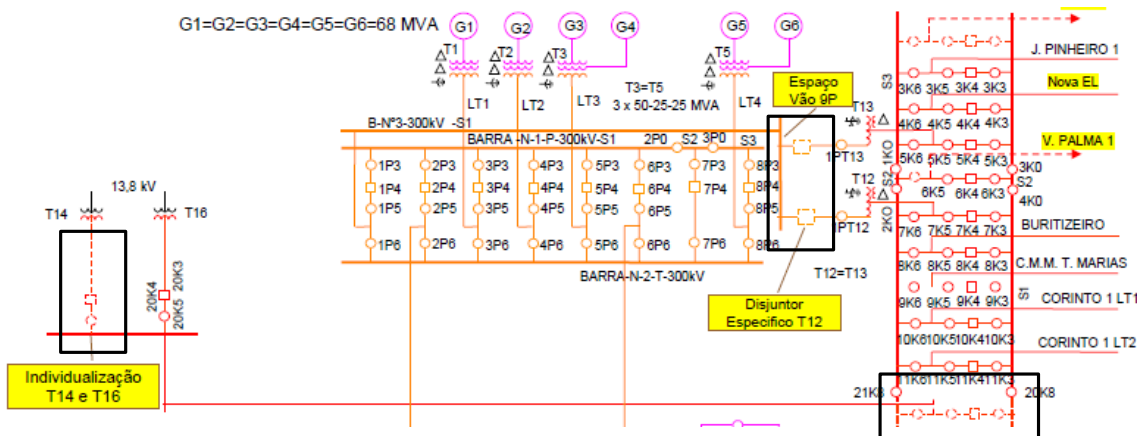


Figura 3-1 - Representação esquemática da SE Três Marias após a implantação de todas as obras planejadas

- 3) Os novos bancos de autotransformadores 289/138 kV (T12 e T13) a serem instalados, sejam dotados de proteção individualizada no lado de 289 kV, conforme detalhado na consulta de viabilidade de expansão da SE.
- 4) O Anexo 1 da carta [12] mostra as capacidades de trechos dos barramentos de 289 kV e de 138 kV. As capacidades dos barramentos de 345 kV não foram informadas. Em virtude dos

arranjos desta SE serem totalmente despadronizados em relação aos critérios de planejamento atuais, recomenda-se à Cemig Geração e Transmissão S.A. um estudo específico quando da elaboração do projeto básico e/ou executivo das mudanças propostas de modo a se verificar a conformidade das capacidades desses barramentos com a nova modularização das unidades transformadoras 289/138 kV e considerando também a nova LT 345 kV Pirapora-Três Marias, que entrou em operação em julho de 2022.

- 5) O ONS e a Cemig Distribuição monitorem o fluxo nas transformações da SE Três Marias, incluindo no sentido da rede de distribuição para a Rede Básica, de modo evitar que o acesso de novos projetos de geração na rede de distribuição ou DITs violem os limites impostos pelo atendimento aos critérios N e N-1 nas transformações 345/289kV e 289/138kV, considerando como fator limitante a nova capacidade recomendada dos dois bancos transformadores de 289/138kV de 300/360 MVA, em situações de contingência.
- 6) Eventuais empreendimentos de geração na região que não possam ser atendidos devido à limitação do critério N-1 na SE 289/138 kV Três Marias sejam orientados a procurar conexão na Rede Básica local, procurar outro ponto de conexão no sistema com margem ou aguardar estudos futuros, porém sem previsão de início, que poderão recomendar a implantação de novas SEs de fronteira na região.
- 7) Para atendimento ao critério N-1 nas unidades transformadoras 345/289 kV, o ONS avalie os critérios para ajustes operativos nas usinas locais e eventual implantação de SEP, devendo esta solução ser tratada como uma excepcionalidade dada as particularidades da subestação conforme exposto no Capítulo 8.
- 8) O processo autorizativo inclua também os serviços relacionados à individualização da proteção das unidades transformadoras de 138/13,8 kV (T14 e T16 - DIT) uma vez que, conforme informação da Cemig Geração e Transmissão S.A, a Resolução Autorizativa [3] que autorizou a instalação de um segundo transformador 138/13,8 kV, cuja receita foi atualizada pela Resolução Autorizativa [4], não previu a instalação de disjuntores que permitissem que estes transformadores fossem dotados de proteção individualizadas. Estas individualizações são importantes para atendimento ao critério N-1 apesar da utilização de um arranjo não padronizado, conforme mostrado na Figura 3-2 e detalhado no Capítulo 9.



Serviços para a individualização da proteção das transformações 289/138 kV e 138/13,8 kV

Figura 3-2 – Serviços para a individualização da proteção das transformações 289/138 kV e 138/13,8 kV

- 9) Ressalta-se que foi consolidado pela [5] um transformador 138/13,8 kV na SE Várzea da Palma 1 que será utilizado como reserva regional atendendo também problemas nas transformações deste porte na SE Três Marias. Este transformador já está incluso na relação de obras do Plano de Outorgas [6].

- 10) As obras previstas na SE Três Marias referentes à Resolução Autorizativa [3], cujos valores de Receita foram atualizados pela Resolução Autorizativa [4] permanecem válidas devendo ser executadas dentro do prazo contratual. Basicamente as Resoluções citadas preveem a instalação de um 2º transformador 138/13,8 kV e um banco de capacitores de 13,8 kV de 3,6 MVAR.

4 TOPOLOGIA DO SISTEMA

A região Norte do estado de Minas Gerais se caracteriza pela baixa densidade de carga, elevada quantidade de empreendimentos solares e por ser área de passagem de linhas de transmissão para interligação entre as regiões Nordeste e Sudeste do Brasil para permitir o escoamento do excedente de potencial eólico e solar daquela região. Os documentos [7], [8] e [9] foram os principais Relatórios recentemente emitidos que alterou significativamente a estrutura existente de Rede Básica nesta região, obras essas necessárias para a consolidação de empreendimentos solares no norte do estado de Minas Gerais como para atender o aumento do intercâmbio entre as regiões nordeste e sudeste do Brasil.

A Figura 4-1 mostra um esquemático do sistema elétrico local com as obras previstas de Rede Básica para o ano 2027 recomendadas no estudo [9] para ampliação da capacidade de transmissão de energia da região Norte de Minas Gerais, destacando-se a região de Três Marias, Várzea da Palma, Buritizeiro e Pirapora.

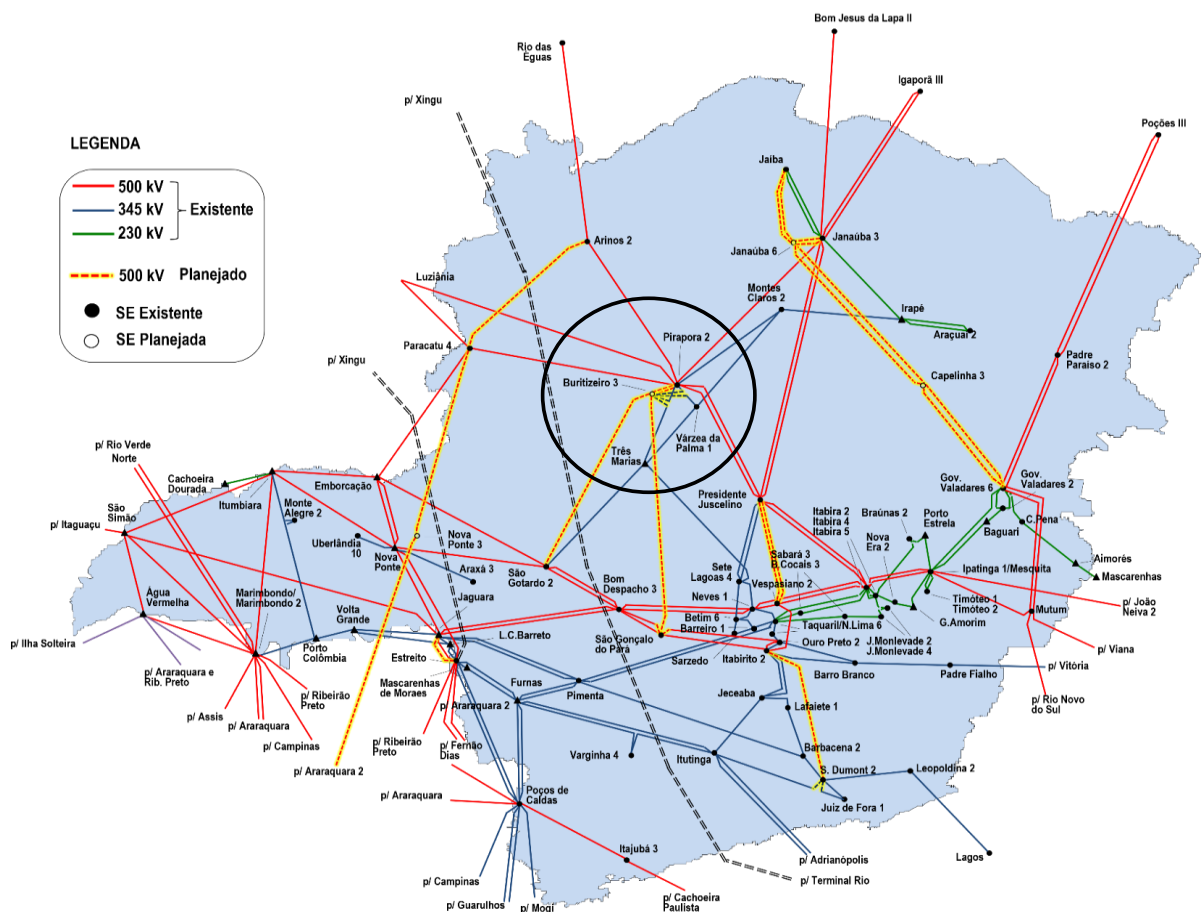


Figura 4-1 – Obras de transmissão região norte de MG – ano 2027

A Tabela 4-1 relaciona as obras referentes a linhas de distribuição previstas para o ano 2027 pelo mesmo estudo [9] para essa região.

Tabela 4-1 – Obras de linhas de distribuição região norte de MG - ano 2027

Obra	Ano	Descrição	Observações
LT 138 kV FRANCISCO SÁ 5 - MONTES CLAROS 2, C1 (Nova)	2026	Circuito Simples 138 kV, 1 x 636 MCM (GROSBEAK), 55 km	Obra de distribuição
LT 138 kV JANAÚBA 3 - JANAÚBA 1, C1 (Ampliação/Adequação)	2026	Recapacitação da LD, 16 km	Obra de distribuição
LT 138 kV MONTES CLAROS 1 - MONTES CLAROS 5, C1 (Nova)	2026	LD subterrânea, 138 kV - 1,3 km	Obra de distribuição
LT 138 kV MONTES CLAROS 5 - MONTES CLAROS 2, C1 E C2 (CD) (Ampliação/Adequação)	2026	Circuito Simples 138 kV, 1 x 336,4 MCM (LINNET), 0,3 km	Obra de distribuição
SECC LT 138 kV FRANCISCO SÁ 2 - FRANCISCO SÁ 4, C1, NA SE FRANCISCO SÁ 5 (Nova)	2026	Circuito Duplo 138 kV, 1 x 336,4 MCM (LINNET), 0,5 km	Obra de distribuição

A Figura 4-2 mostra um esquemático com o sistema local com as obras previstas de Rede Básica para 2031 no estudo [9]. Não estão previstas obras no sistema distribuidor para o ano 2031.

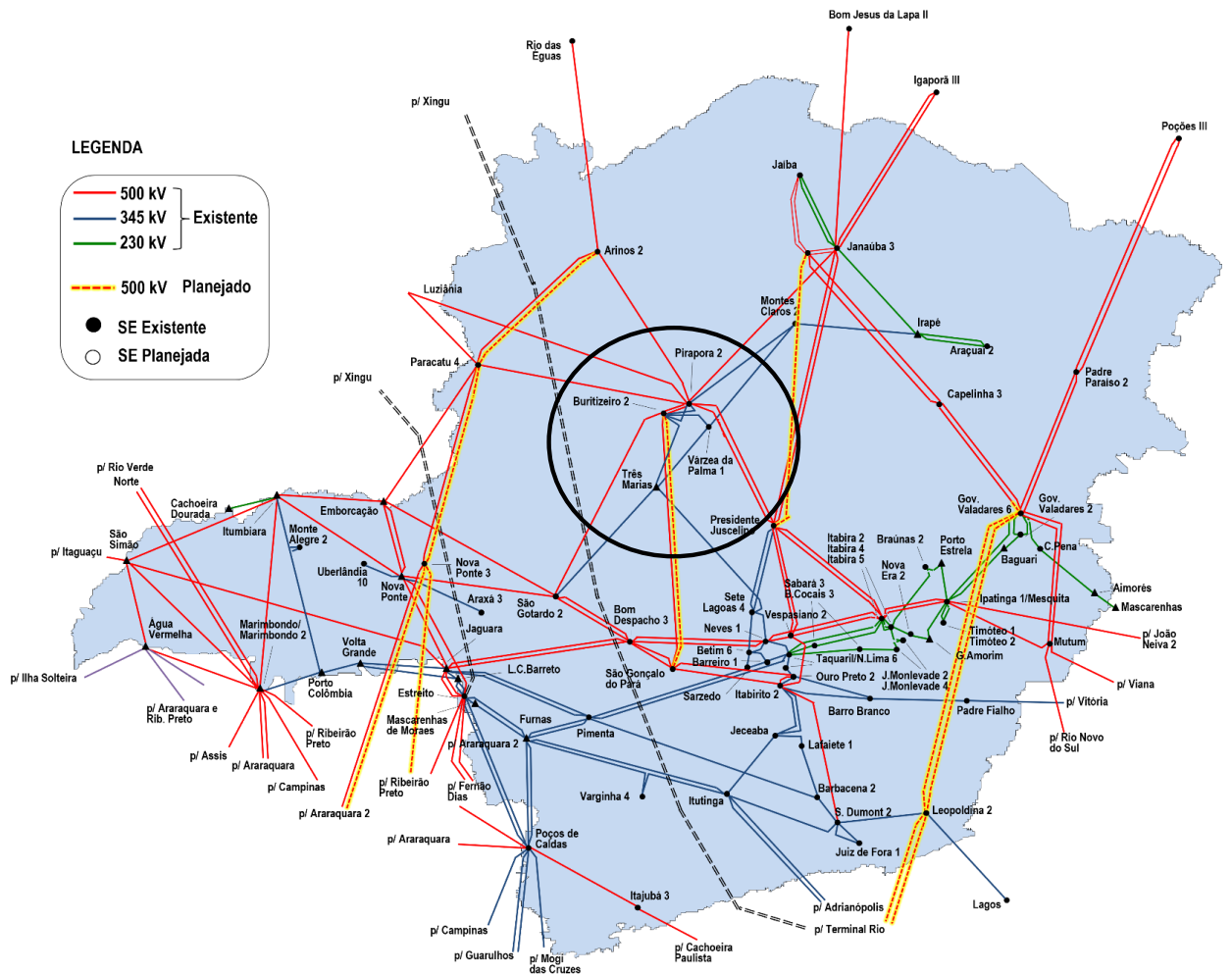


Figura 4-2 – Obras de transmissão região norte de MG – ano 2031

A subestação de Três Marias composta por dois bancos de autotransformadores 345/289 kV (T15 e T10). O T15 entrou em operação comercial em 2015 e tem capacidade de 450/540 MVA, nominal e de sobrecarga, respectivamente e é dotado de uma fase reserva. O T10, mais antigo, tem capacidade de 428/467 MVA, nominal e de sobrecarga, respectivamente e está com sua vida regulatória esgotada, apresentando mais de 50 anos em operação. Em [2] foi indicada a substituição do T10 por um banco de autotransformadores com as características técnicas similares ao T15 e depende somente da indicação da Cemig Geração e Transmissão S.A com relação ao fim da sua vida útil, sob o aspecto técnico, para início do processo para esta substituição.

O setor de 289 kV da SE, além de conectar os transformadores trifásicos 289/138 kV, conecta também a geração da usina de Três Marias.

Os transformadores trifásicos 289/138 kV T12 e T13 tem capacidade de 150/195 MVA cada, nominal e de sobrecarga, respectivamente e estão há 45 anos em operação, apresentando, portanto, sua vida útil regulatória esgotada devendo ser analisada a modularização ótima das unidades novas, objetivo principal desta Nota Técnica. Ressalta-se que esses transformadores compartilham a mesma proteção do lado de 289 kV.

O transformador 289/138 kV T11 será desmontado, eliminando-se o setor de 69 kV e dando espaço a instalação do transformador 138/13,8 kV T16, previsto para 2024. O transformador 138/13,8 kV T14 de 15 MVA terá sua vida útil regulatória encerrada em 2024, mas ainda sem sinalização de substituição por parte da Cemig Geração e Transmissão S.A. A instalação deste transformador teve sua Receita anual alterada pela [4]. Nessas Resoluções citadas não foi prevista a implantação de uma proteção individual específica para o T16, compartilhando, portanto, com o T14 da mesma proteção, conforme informação da Cemig Geração e Transmissão S.A. A [3] também autoriza a instalação de um banco de capacitores de 13,8 kV de 3,6 MVAR na SE Três Marias. Ressalta-se que há uma reserva regional de uma unidade trifásica 138/13,8 kV de 15 MVA na SE Várzea da Palma 1 que atenderá também a SE Três Marias em caso de necessidade, conforme [5].

A Figura 4-3 mostra de maneira simplificada a configuração da SE e os principais problemas e serviços previstos.

SE 345/289/138/13,8 kV Três Marias

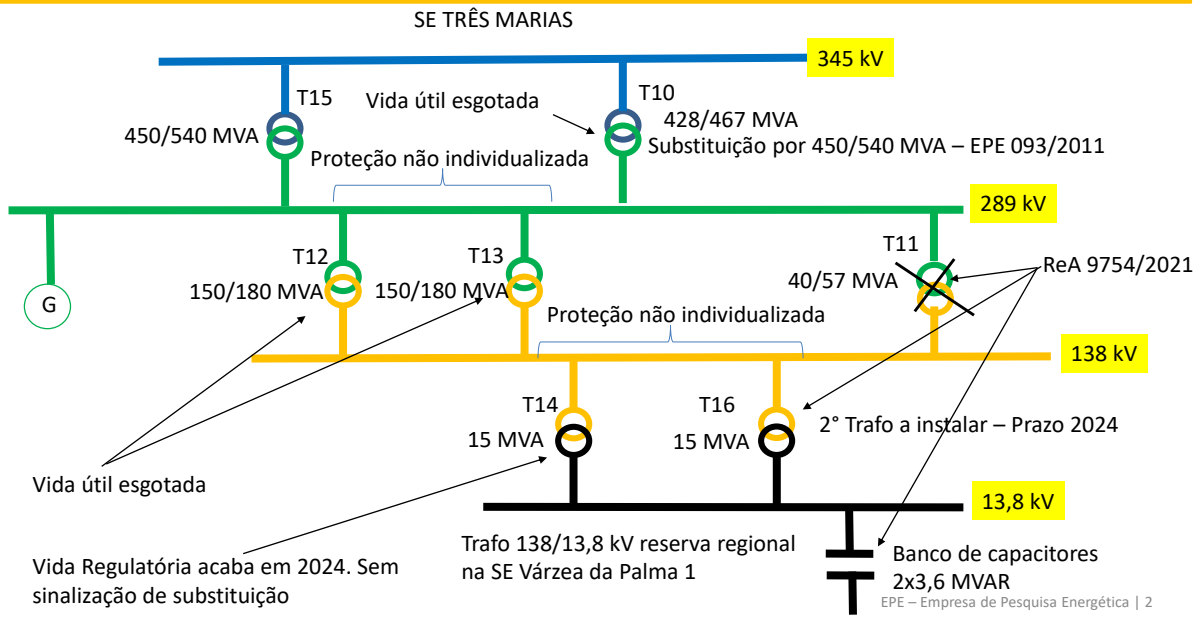


Figura 4-3 – Configuração básica da SE 345/289/138/13,8 kV Três Marias

A Figura 4-4 mostra a localização física dos pátios de 345, 289, 138 e 13,8 kV da SE, bem como o posicionamento das unidades transformadoras

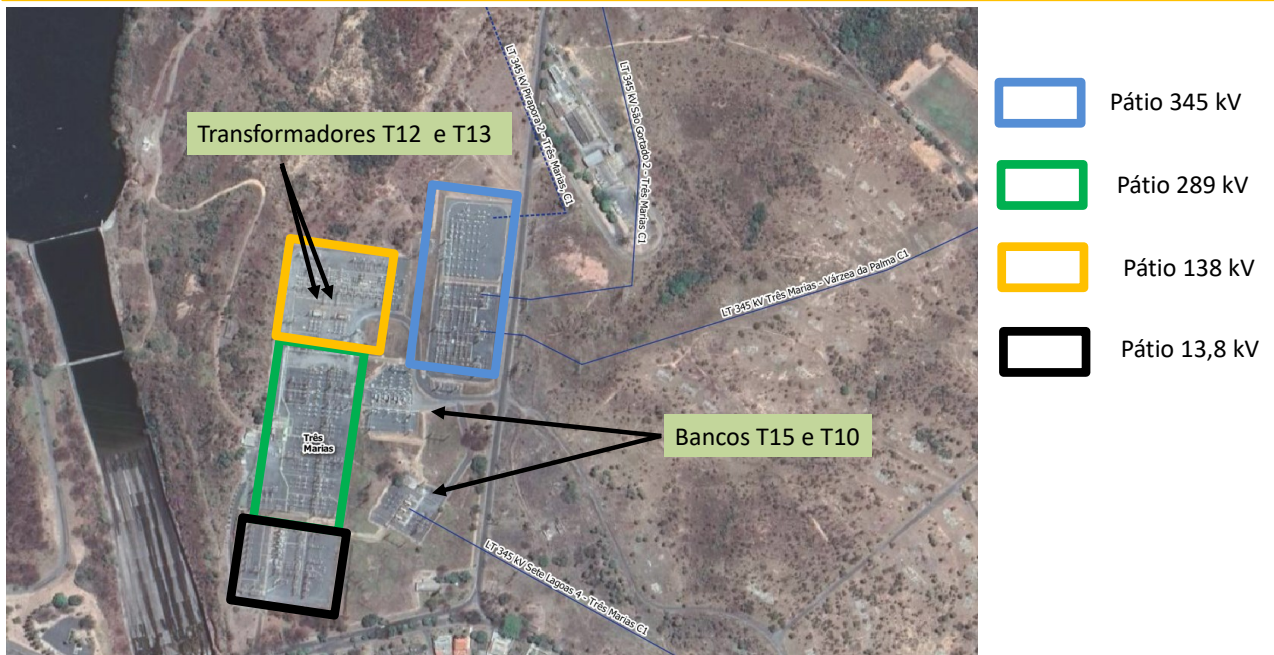


Figura 4-4 – Localização física dos pátios 345, 289, 138 e 13,8 kV e das unidades transformadoras da SE Três Marias

A Figura 4-5 mostra um diagrama unifilar básico da SE atualmente.

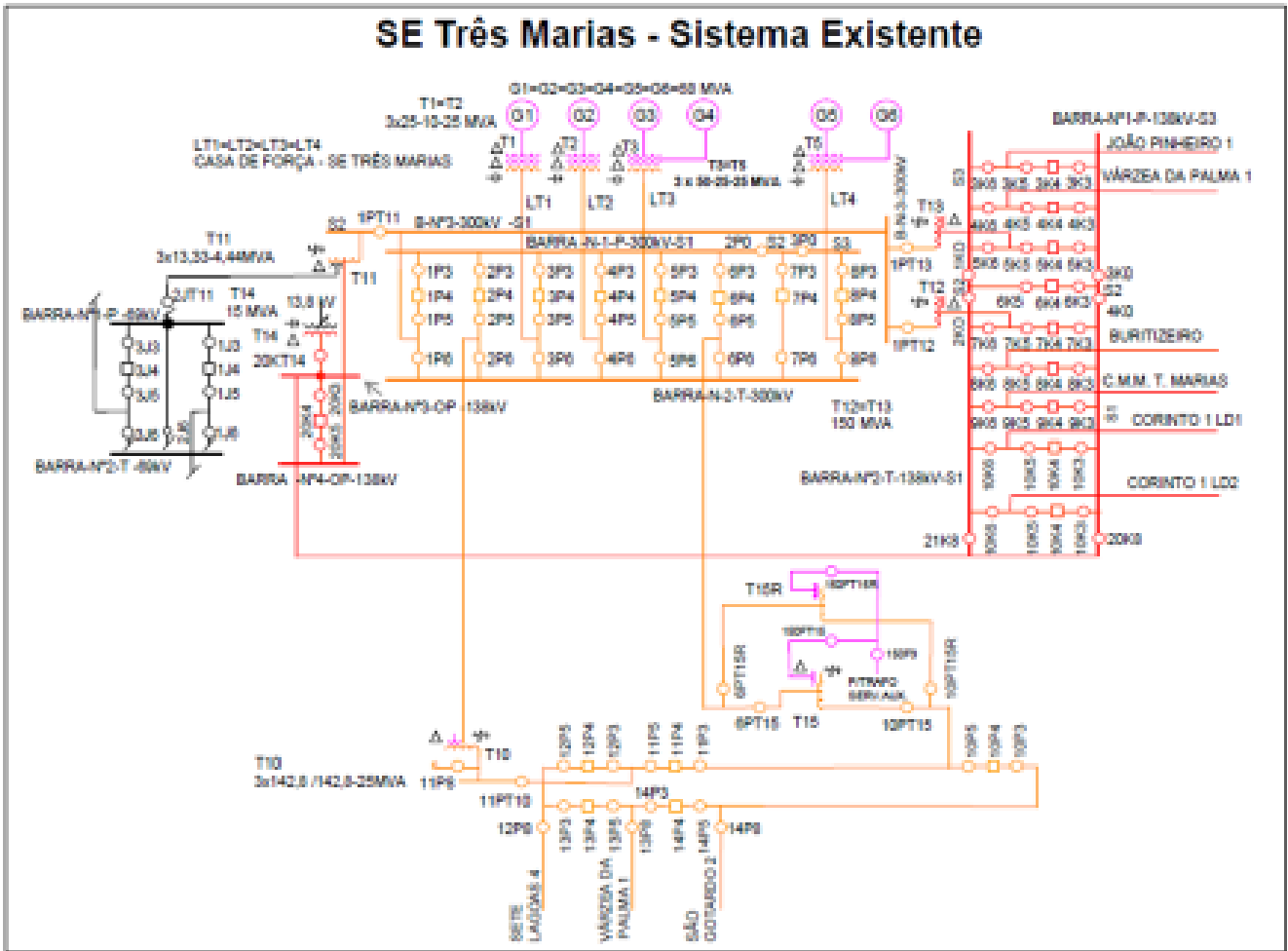


Figura 4-5 – Diagrama unifilar básico da SE Três Marias – Situação atual

Verifica-se, portanto, que, em virtude da idade avançada da SE, que a mesma apresenta em diversos quesitos total falta de conformidade com os padrões de arranjos atualmente adotados para novas SEs. Registra-se também a entrada em operação em 2010 da UHE Retiro Baixo, com geração de 82 MW no sistema distribuidor local.

5 POTENCIAL SOLAR CONSIDERADO

Para efeito de análise foram considerados os empreendimentos solares na região que podem impactar no carregamento das unidades transformadoras da SE 289/138 kV Três Marias, informados pela Cemig Distribuição. São usinas fotovoltaicas que solicitaram acesso pelo sistema distribuidor. Esses empreendimentos foram classificados em 4 grupos em função da situação atual regulatória de cada um, sendo o grupo 1 os casos mais consolidados e o grupo 4 os casos ainda incipientes em termos de certeza na sua efetivação. A Tabela 5-1 mostra esta classificação:

Tabela 5-1 – Classificação da situação dos empreendimentos solares

Grupo	Descrição
1	Em Operação
2	Contrato Assinado
3	Parecer de Acesso em Andamento ou Informação de Acesso Favorável
4	Informação de Acesso Negada
5	Informação de Acesso em Análise ou Consulta de Acesso

A Tabela 5-2, Tabela 5-3, Tabela 5-4 e Tabela 5-5 informam os empreendimentos solares enquadrados em cada grupo, empreendimentos estes que tem algum impacto no carregamento da SE 289/138 kV Três Marias:

Tabela 5-2 - Empreendimentos solares Grupo 1

Nome	MW	Conexão
Pirapora 5, 6, 7, 9 e 10	150	SE Pirapora 2 138 kV
Pirapora 2, 3 e 4	90	SE Pirapora 2 138 kV
Vazante 1, 2 e 3	81	SE Pirapora 2 138 kV
Paracatu 1, 2, 3 e 4	132	SE Paracatu 4 138 kV

Tabela 5-3 – Empreendimentos solares Grupo 2

Nome	MW	Conexão
Francisco Sá 1, 2 e 3	90	LD 138 kV Francisco Sá – Janaúba 1
RQL	60	SE Francisco Sá 3
GSII	80	Nova SE Várzea da Palma 4 seccionando a LD 138 kV Pirapora 1 – Várzea da Palma 1
São João 1 a 7	210	SE Paracatu 4 138 kV
Sol da Várzea 1 e 2	90	Nova SE Várzea da Palma 3 seccionando a LD 138 kV Várzea da Palma 1 – UHE Três Marias
Belvedere 1, 2 e 3	138	Nova SE Pirapora 4 seccionando a LD 138 kV Pirapora 2 – Várzea da Palma 2
Várzea 3 e 4	90	Nova SE Várzea da Palma 7 seccionando a LD 138 kV Buritizeiro 1 – UHE Três Marias
Xangri-lá 1, 2 e 3	105,15	SE Várzea da Palma 9 138 kV
Complexo Urucuia	108	Nova SE Urucuia 2 seccionando a LD 138 kV São Romão – Urucuia 1
Boa Sorte 8	44,1	SE Paracatu 4 138 kV
Boa Sorte 1 a 7	308,7	SE Paracatu 4 138 kV
Minas do Sol 01 a 08	200	SE Pirapora 2 138 kV

Tabela 5-4 - Empreendimentos solares Grupo 3

Nome	MW	Conexão
Jusante	70	Nova SE Três Marias 3 seccionando a LD 138 kV João Pinheiro 3 – Três Marias
Três marias	60	Nova SE Três Marias 2 seccionando a LD 2 138 kV Corinto 1 – Três Marias
Complexo Riacho	48	Nova SE Pirapora 5 seccionando a LD 138 kV Buritizeiro 1 – Pirapora
Boa Esperança	85	Nova SE Montes Claros 7 seccionando a LD 138 kV Montes Claros 1 – Pirapora 2
Ponto Chique 1 e 2	60	Nova SE Ponto Chique seccionando a LD 138 kV Pirapora 2 - São Romão
João Pinheiro 1, 2 e 3	90	Nova SE João Pinheiro 6 seccionando a LD 138 kV Brasilândia de Minas – Buritizeiro 1
Uruçuia	50	Nova SE Uruçuia 2 seccionando a LD 138 kV São Romão – Uruçuia 1

Tabela 5-5 - Empreendimentos solares Grupo 4

Nome	MW	Conexão
Jardim Veredas 3 e 4	100	SE Pirapora 2 138 kV
Jardim Veredas 1 e 2	100	SE Pirapora 2 138 kV
Primavera 1	45	SE Corinto
Riacho I, II e III	90	SE Pirapora 2 138 kV
Orion I a VI	200	SE Três Marias 138 kV
Orion I e II	100	SE Três Marias 138 kV
Electra 6 e 7	96,23	Secciona LD 138 kV Corinto 1 - Três marias
Jaboticaba 1 a 3	90	Secciona LD 138 kV Corinto 1 - Monjolo

Tabela 5-6 - Empreendimentos Grupo 5

Tipo	Nome	MW	Conexão
UFV	Solar Aquarii 1 a 3	150	Paracatu 4 138 kV
UFV	GSPJ Enzo e Igor	80	SE João Pineheiro I
UFV	UFVs Electra 3 e 8	72	Secciona LD 138 kV Corinto 1 - Três marias
UFV	Novo Horizonte Energias Renováveis	30	Secciona LD 138 KV Paracatu 2 - João Pinheiro 1
EOL	EOLs Gouveia I a III	114	SE Monjolos
PCH	PCH Grão Mogol	27	LD 138kV Araçuaí 2 – Minas Novas 2

Todos os empreendimentos listados acima totalizam mais de 3.500 MW de potência instalada o que já sinaliza de pronto uma indicação de extrema dificuldade para atendimento a todas essas usinas pelo sistema de distribuição local e pelas SEs de fronteira atualmente existentes.

Essas usinas estavam previstas para entrar em operação até 2024, porém muitas delas tiveram sua implantação condicionada a execução das obras referentes aos reforços no sistema de Rede Básica do norte do estado de Minas Gerais, previstas atualmente para execução até 2027, conforme mostrado na Figura 4-1 e indicados em [9].

A Figura 5-1 mostra um esquemático do sistema distribuidor 138 kV local e o posicionamento elétrico de alguns dos empreendimentos considerados que afetam de maneira mais significativa o carregamento da SE 289/138 kV Três Marias.

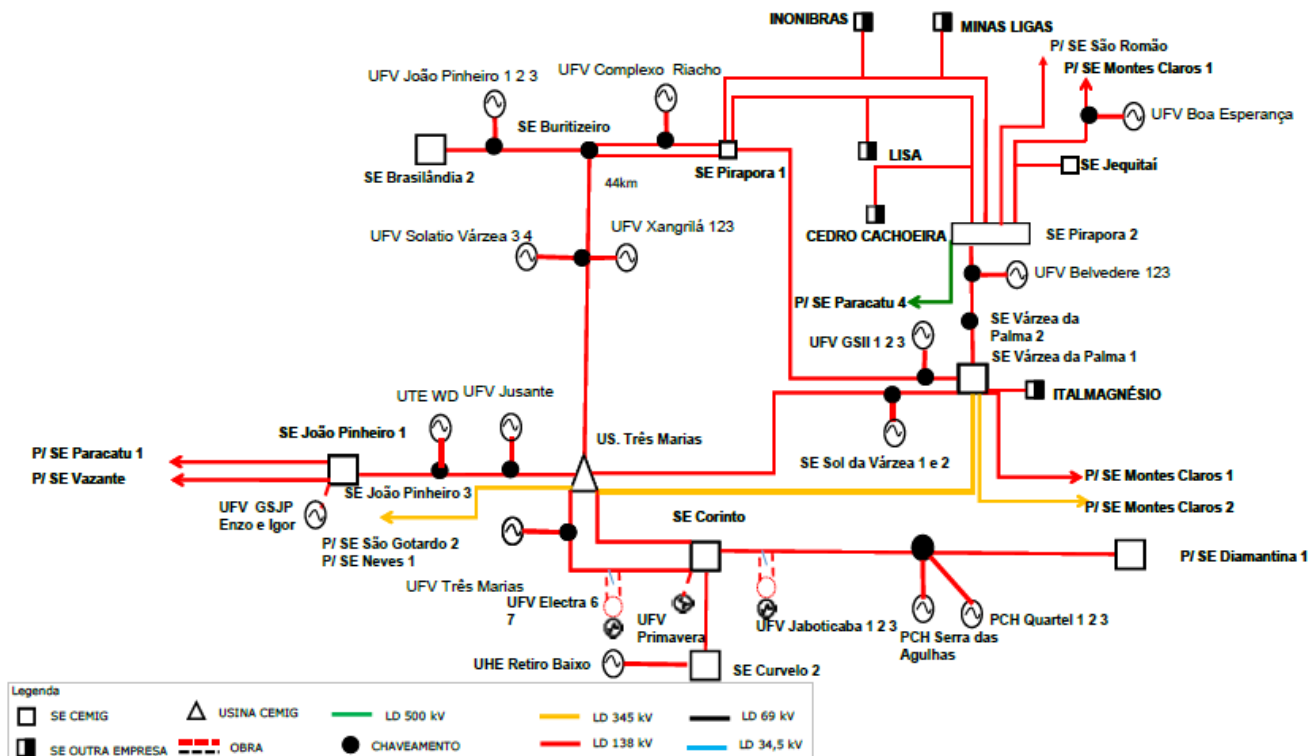


Figura 5-1 – Sistema 138 kV local e localização elétrica dos empreendimentos – Fonte: Cemig Distribuição

Para representar o impacto da geração distribuída solar na região norte do estado de Minas Gerais, consideraram-se nas análises os montantes apresentados na Tabela 5-7, totalizando quase 1.000 MW de geração distribuída local, conforme informação da Cemig Distribuição.

Tabela 5-7 – Geração Distribuída considerada – Fonte: Cemig Distribuição

Número da barra	Nome da barra	POTENCIAL GERAÇÃO DISTRIBUIDA		
		POTENCIAL FIRME (MW)	POTENCIAL INDICATIVO (MW)	Total (MW)
1434	FSA3---MG138	18,02	0,00	18,02
1800	BOCAIU-MG138	24,06	0,60	24,66
1801	BRASI2-MG138	31,21	7,86	39,06
1803	CORINT-MG138	16,21	0,00	16,21
1804	CURVE2-MG138	35,32	0,10	35,42
1805	DIAMAN-MG138	6,47	0,40	6,87
1806	FSA1---MG138	23,32	3,50	26,82
1807	GMOR---MG138	22,11	11,19	33,29
1808	ITACA2-MG138	50,62	0,00	50,62
1809	JANAUB-MG138	40,93	0,83	41,76
1810	JANUA3-MG138	39,27	13,65	52,92
1813	JPINHE-MG138	23,57	3,30	26,87
1817	MCLAR2-MG138	73,38	3,05	76,42
1818	MIRABE-MG138	28,24	0,12	28,36
1819	MOCAMB-MG138	2,38	7,00	9,38
1821	PARAC5-MG138	0,27	3,50	3,77
1822	PIRAP1-MG138	49,13	0,25	49,38
1823	SALINA-MG138	43,86	6,50	50,36
1826	QUEIMA-MG138	7,33	10,96	18,29
1827	TMARIA-MG138	16,66	3,20	19,86
1828	UNAI2--MG138	16,71	0,19	16,91
1829	UNAI3--MG138	24,25	6,14	30,39
1830	VAZANT-MG138	15,34	0,00	15,34
1831	VPALM1-MG138	15,17	5,00	20,17
1834	MCLAR1-MG138	14,00	9,50	23,50
1839	JPINH3-MG138	5,00	0,00	5,00
27590	PARAC7-MG138	0,15	18,03	18,18
27591	PARAC2-MG138	15,00	0,00	15,00
27608	MCLAR4-MG138	0,74	0,00	0,74
27621	SROMAO-MG138	67,13	5,53	72,66
27630	PORTEI-MG138	41,45	0,00	41,45
27687	LONTRA-MG138	35,59	2,85	38,44
Total		850,49	123,24	973,73

6 PROJEÇÕES DE MERCADO

As Tabela 6-1, Tabela 6-2 e Tabela 6-3 a seguir mostram a carga pesada, média e leve atendida pelas subestações próximas à SE e que interferem diretamente no carregamento da SE 289/138 kV Três Marias, conforme consta nos casos do PD 2030 [10] .

Tabela 6-1 – Carga Pesada local (MW)

Carga Ativa (MW) - Pesada											
Número da barra	Localidade	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
1803	Corinto	9,0	9,3	9,5	9,8	10,0	10,3	10,6	10,9	11,2	11,4
1804	Curvelo	29,7	30,5	31,3	32,2	33,0	33,9	34,8	35,8	36,7	37,7
1805	Diamantina	19,2	19,7	20,2	20,8	21,3	21,9	22,5	23,1	23,7	24,3
1827	Três Marias	105,0	105,3	105,6	105,9	106,2	106,5	106,9	107,2	107,6	108,0

Tabela 6-2 – Carga Média local (MW)

Carga Ativa (MW) - Média											
Número da barra	Localidade	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
1803	Corinto	7,2	7,4	7,6	7,8	8,1	8,3	8,5	8,8	9,0	9,3
1804	Curvelo	26,7	27,5	28,3	29,2	30,0	30,9	31,8	32,7	33,6	34,5
1805	Diamantina	12,1	12,4	12,8	13,2	13,6	13,9	14,4	14,8	15,2	15,6
1827	Três Marias	104,7	104,9	105,2	105,5	105,7	106,0	106,3	106,6	106,9	107,2

Tabela 6-3 – Carga Leve local (MW)

Carga Ativa (MW) - Leve											
Número da barra	Localidade	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
1803	Corinto	4,5	4,7	4,8	4,9	5,1	5,2	5,4	5,5	5,7	5,8
1804	Curvelo	19,2	19,7	20,3	20,9	21,4	22,0	22,6	23,3	23,9	24,6
1805	Diamantina	9,8	10,0	10,3	10,6	10,9	11,2	11,5	11,8	12,2	12,5
1827	Três Marias	79,4	79,6	79,7	79,9	80,1	80,3	80,4	80,6	80,8	81,0

Portanto espera-se para o final do horizonte uma carga de aproximadamente 180 MW, considerando-se a carga pesada. A Tabela 6-4 mostra os valores de MUST contratados pela Cemig Distribuição para a SE 138 kV Três Marias:

Tabela 6-4 – MUST – 2021 a 2024

Ponto de Conexão	Ponta(MW)	Fora de Ponta(MW)
SE 138 kV Três Marias	162	208

Para o ponto de Três Marias, o valor de 208 MW no HFP é esperado em cenários críticos de carregamento com a perda da seção Paracatu 1 - Paracatu 2 138 kV. Nesse ponto, dos 208 MW contratados, 88 MW são referentes à parcela de confiabilidade, considerando o cliente Nexa (Antiga Votorantim Metais) que possui atualmente 97 MW contratados fora de ponta. Assim, por se tratar de uma situação fora das condições nominais de operação, consideramos o MUST de 162 MW mais adequado para utilização como parâmetro para definição da modularização da SE 289/138 kV Três Marias.

7 CENÁRIOS

Foram analisados dois cenários de modo a se maximizar o fluxo na transformação 289/138 kV da SE Três Marias, tanto no sentido da Rede Básica atendendo o sistema distribuidor, como no sentido do sistema distribuidor exportando energia para a Rede Básica.

No primeiro caso utilizou-se a carga leve e a geração solar e hidráulica local com fator de despacho de 100%. Os empreendimentos solares considerados estão listados nas Tabela 5-2, Tabela 5-3, Tabela 5-4 e Tabela 5-5, e os respectivos pontos de conexão das usinas cuja geração mais impacta o carregamento da SE Três Marias estão mostrados na Figura 5-1. Também foi considerada neste cenário com a geração distribuída prevista local conforme mostrado na Tabela 5-7. Este cenário representa a carga de final de semana com o sol a pino, no período úmido, portanto a carga de valor reduzido, com a radiação solar máxima. Pretendeu-se, assim, reproduzir o máximo fluxo exportador do sistema distribuidor para a Rede Básica. Neste cenário serão realizadas sensibilidades com relação aos empreendimentos solares a serem atendidos, em função da sua classificação regulatória descrita na Tabela 5-1.

No segundo caso foi considerada a carga pesada, pois além de ter um valor superior aos demais patamares de carga, na carga média há contribuição de geração solar que reduz o carregamento das unidades transformadoras em análise no sentido da Rede Básica para o sistema distribuidor. Assim, considerou-se o atendimento à carga pesada da região, no período seco, sem nenhuma contribuição de geração solar, seja ela centralizada ou distribuída.

8 PROPOSTA DE MODULARIZAÇÃO

Inicialmente cogitou-se a possibilidade de uma reforma geral na SE Três Marias de modo a se eliminar o barramento de 289 kV o que exigiria a conexão dos transformadores da usina diretamente no barramento de 345 kV e os secundários dos bancos de 345 kV diretamente no barramento de 138 kV. A Figura 8-1 mostra resumidamente a situação final da SE caso implementada esta proposta de reforma geral.

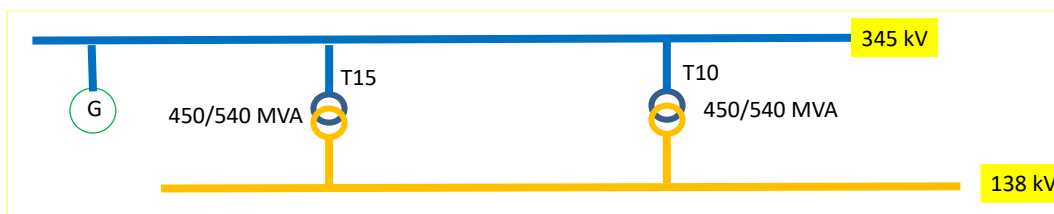


Figura 8-1 – Situação final SE Três Marias – Eliminação barramento de 289 kV

No entanto, avaliou-se pela impossibilidade de eliminação do nível de tensão 289 kV da subestação considerando-se, principalmente, os seguintes aspectos:

- Limitação do arranjo em 345 kV em anel completo com seis elementos com a instalação da nova entrada de linha para a SE Pirapora 2 e inviabilidade de transformação num arranjo de 345 kV em DJM;
- Dificuldades de desligamentos do pátio de 289 kV em função do escoamento de geração da usina de Três Marias, do atendimento ao mercado regional em 138 kV através da transformação 289/138 kV, que atende diversas outras subestações da Cemig D (Corinto 1, Curvelo 1 e 2, Diamantina, Couto de Magalhaes, Gouveia 2 e 3, Usina de Paraúna, Inimutaba, Usina Retiro Baixo, Felixlândia), bem como ao consumidor livre CMM.

Procurou-se então se verificar a possibilidade de ampliação da SE com a instalação de uma terceira unidade 345/289 kV, bem como uma terceira unidade 289/138 kV, informação importante para auxílio na definição da modularização da SE.

A ampliação referente às transformações 289/138 kV foi considerada inviável principalmente em função da indisponibilidade de conexão no 289 kV. No entanto constatou-se a possibilidade de substituição dos dois transformadores 289/138 kV trifásicos por dois bancos monofásicos dotados de uma fase reserva geral, conforme mostrado simplificado na Figura 8-2.

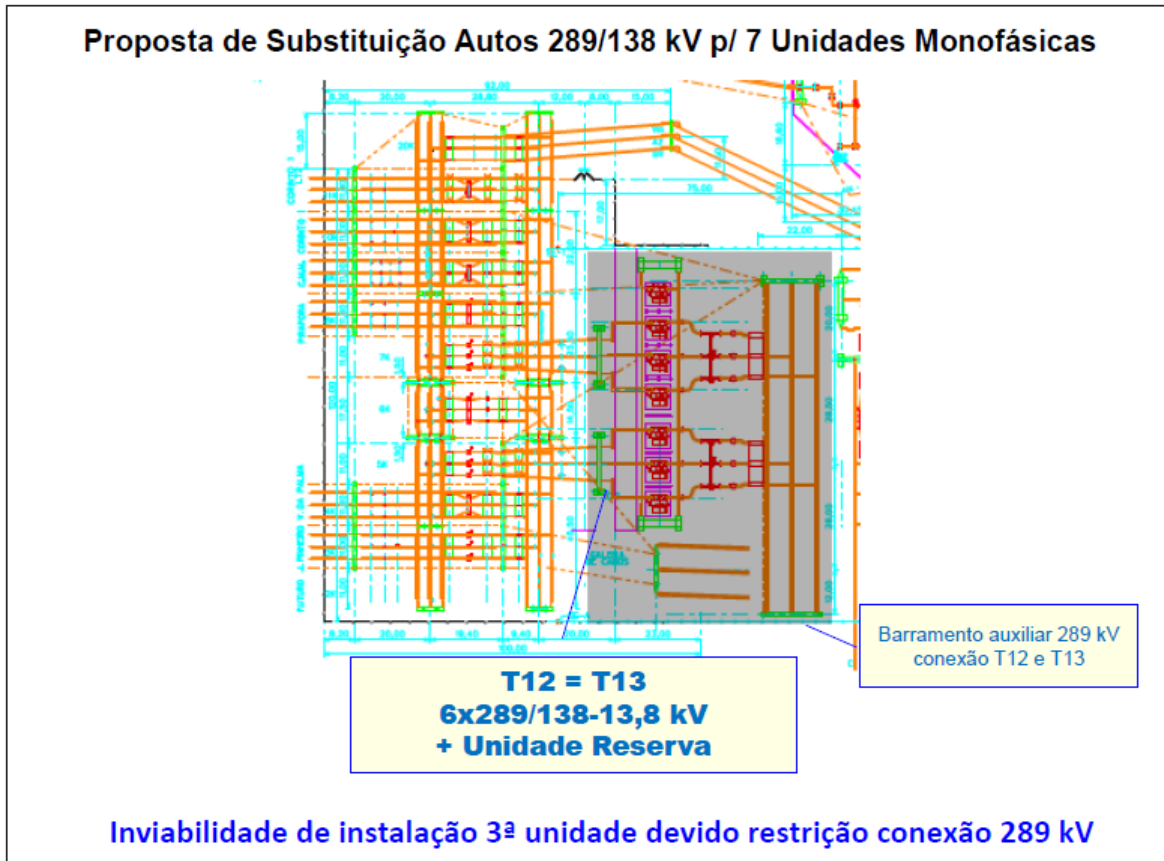


Figura 8-2 – Substituição dos trafos trifásicos 289/138 kV por bancos monofásicos

Com relação a ampliação referente as unidades transformadoras 345/289 kV, ela também foi considerada inviável em função dos seguintes aspectos:

- Necessidade de criar vão OP no local onde hoje está instalado T11 - 289/138 kV a ser desmontado na obra em implantação;
- Necessidade de relocação T16 138-13,8 kV;
- Dificuldade associada com a conexão em 345 kV entre o local do novo disjuntor (arranjo anel com sétimo elemento) e localização do novo auto – possibilidade de conexão em cabo isolado;
- Locação das 4 unidades do novo auto em alinhamento com a posição futura do T10 (a ser substituído) para compor sete unidades, incluindo a fase reserva dessas 2 unidades;
- Obras de infraestrutura envolvendo relocação/construção de acessos, canaletas, dutos, sistemas de drenagem, interligação de caixa separadora de água e óleo, etc.;
- Dificuldades associadas a conexão via cabos isolados em 345 kV;
- Avaliação arranjo em anel com 7 elementos;
- Necessidade de estudo específico para avaliação dessa possibilidade.

A Figura 8-3 mostra simplificada as obras necessárias que permitissem uma instalação de um terceiro banco de 345/289 kV.

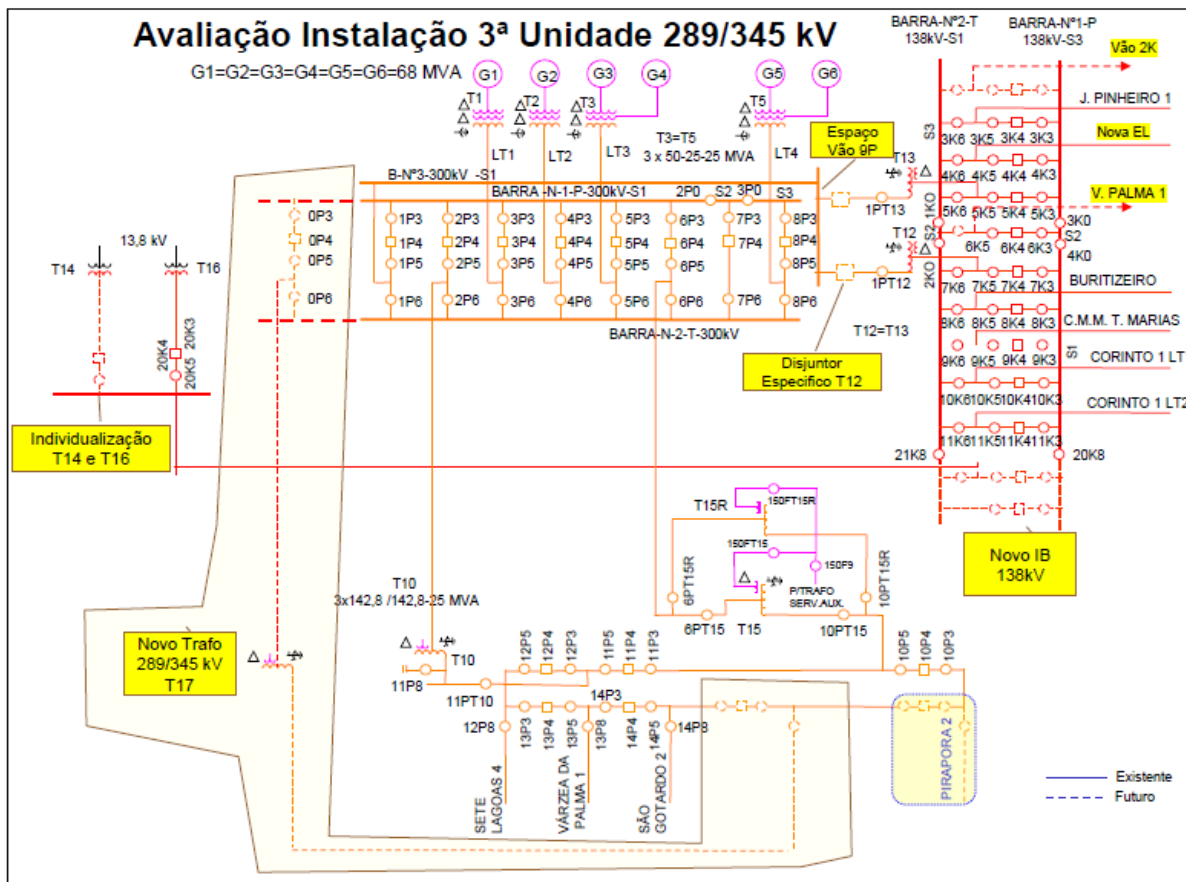


Figura 8-3 – Obras que seriam necessárias para instalação de um 3º banco de 345/289 kV

Para auxílio na determinação da modularização da SE verificou-se também a possibilidade de ampliação do pátio de 138 kV de modo a permitir a interligação de novas saídas de linhas de distribuição. Esta informação é importante uma vez que a possibilidade de novas saídas possibilita a conexão de empreendimentos solares que estejam próximos a SE e podem solicitar a conexão diretamente no barramento de 138 kV da SE, sem conexão direta com o sistema distribuidor local.

- Viabilidade de instalação 1 EL no vão 2K;
- Viabilidade 2ª EL no vão 4k – obras necessárias: Instalação 1 seccionador vão 6K (atual IB) para completar arranjo BPT; reencabeçamento LD para V. Palma 1 do vão 4K para 6K tendo em vista que a saída para Buritizeiro é em circuito duplo e o lado esquerdo da torre está vago; Instalação do IB em um novo vão (13K) ou alternativamente, instalação IB no vão 1K necessitando obra infraestrutura para extensão das barras P e T

A Figura 8-4 mostra simplificada as obras necessárias para a implantação de novas saídas de linhas de 138 kV.

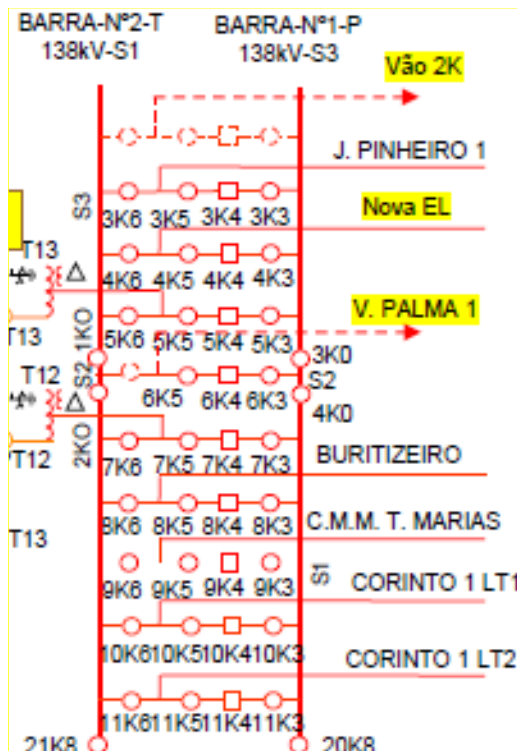


Figura 8-4 – Obras que seriam necessárias para instalação de 2 novas saídas de LDs

Portanto, resumidamente, adotamos as seguintes conclusões com relação a SE Três Marias para efeito de Planejamento:

- Impossibilidade de reforma geral na SE com a eliminação do barramento de 289 kV;
- Impossibilidade de ampliação com relação a instalação de um 3º banco 345/289 kV;
- Impossibilidade de ampliação com relação a instalação de um 3º banco 289/138 kV;
- Possibilidade de substituição dos dois transformadores trifásicos de 289/138 kV por dois bancos monofásicos com uma fase reserva para ambos;
- Possibilidade de implantação de uma nova saída de 138 kV praticamente sem obras e de mais uma saída de 138 kV com algumas obras;
- Possibilidade de individualização da proteção das unidades transformadoras de 289/138 kV e de 138/13,8 kV conforme será mostrado no Capítulo 9.

Essas informações estão mais bem detalhadas na carta da Cemig Geração e Transmissão [12] em resposta a consulta feita pela EPE através de [11]. Os formulários solicitaram um levantamento de informações pelas áreas de Engenharia e Projetos da Cemig Geração e Transmissão S.A. quanto à viabilidade da implantação das obras possíveis de serem recomendadas neste estudo. Estas informações servem de base documental pública e consultiva para o estudo de forma a dar solidez na recomendação.

Uma vez levantadas estas informações iniciais referentes a SE Três Marias pôde-se iniciar a análise referente a modularização ideal para esta SE. Com relação ao primeiro cenário descrito no Capítulo 7, ou seja, carga leve com geração solar e hidráulica máxima, a Tabela 8-1 mostra os valores da modularização necessária na SE 289/138 kV Três Marias para atendimento aos grupos referentes aos empreendimentos solares, conforme classificação mostrada na Tabela 5-1.

Tabela 8-1 – Modularização necessária na SE 289/138 kV Três Marias para atendimento aos empreendimentos solares

Grupo Considerado	Modularização Necessária (MVA)
1	2 x 150/180
1 e 2	2 x 340/408
1, 2 e 3	2 x 580/696
1, 2, 3 e 4	2 x 670/804
Demais Grupos	Incompatível com a rede existente caso todos os outros grupos se concretizem

Ressalta-se, no entanto, que, para atendimento a partir dos grupos 1 e 2, além da modularização indicada, há necessidade de outros reforços no sistema uma vez que há indicação de sobrecarga em condições normais de operação na SE 345/138 kV Pirapora 2 e sobrecargas em eixos de 138 kV no trecho Várzea da Palma-Três Marias e São Romão-Pirapora. Ou seja, mesmo com a modularização indicada implantada não haveria possibilidade de conexão de alguns empreendimentos solares por conta de outras restrições sistêmicas.

Assim, analisando os valores da Tabela 8-1, os problemas sistêmicos apontados no parágrafo anterior, e as informações iniciais sobre a SE Três Marias (ampliações, novas saídas de LDs, etc), considerou-se não ser razoável atender a maioria dos empreendimentos solares da região através de uma modularização excessiva nesta SE. Para atendimento a todos os empreendimentos solares relacionados em todas as fases do processo, haveria necessidade de um estudo de mínimo custo global que certamente indicaria a necessidade de novas fronteiras na região.

Desta forma, a capacidade instalada máxima na SE 289/138 kV Três Marias foi considerada satisfatória com dois bancos transformadores de 300/360 MVA, devendo o ONS e a Cemig Distribuição liberar a conexão de empreendimentos solares até que o fluxo exportador para a Rede Básica atinja o limite imposto pelo atendimento ao critério N-1 nestas transformações. Empreendimentos solares na região que não possam se conectar por conta do não atendimento ao critério N-1 na SE 289/138 kV Três Marias devido a modularização proposta de 300/360 MVA, deverão ser orientados a procurar conexão na Rede Básica local, procurar outro ponto de conexão no sistema com margem ou aguardar algum estudo futuro, porém sem previsão atualmente, de implantação de novas SES de fronteira na região.

No segundo cenário citado no Capítulo 7, ou seja, atendimento a carga pesada sem despacho das usinas solares, para os valores de carregamento verificados, constatou-se que a modularização de duas unidades transformadoras de 300/360 MVA atende plenamente os valores de MUST informados,

conforme mostrado na Tabela 6-4, mesmo para os valores contratados de fora de ponta, conforme abordado no Capítulo 6. Em termos de fluxo passante constata-se um carregamento de cerca de 112 MVA em 2024 e de cerca de 160 MVA no final do horizonte de análise em 2033, mesmo considerando-se as PCHs Serra das Agulhas e Quartel I, II e III e a UTE WD não despachadas e a usina de Três Marias com seu despacho máximo.

Ressaltamos que, conforme padrão atual, esses bancos de autotransformadores novos 289/138 kV de 300 MVA deverão ser dotados de LTC com 33 *steps*, controlando a tensão no barramento de 138 kV, e capacidade de sobrecarga de 20% em relação a capacidade nominal (360 MVA) por 4 horas.

É importante frisar que o fluxo dimensionador da modularização é, portanto, o relacionado ao cenário de exportação do excedente de geração do sistema distribuidor para a Rede Básica via a SE de fronteira com atendimento ao critério N-1. Ressaltamos que, conforme reuniões realizadas pela EPE com este Ministério, a ANEEL e o ONS, decidiu-se pelo atendimento ao critério N-1 para as unidades transformadoras 345/289 kV mediante ajustes operativos em cenários críticos, sendo uma alternativa a implantação de um SEP em caráter definitivo para corte de geração quando da perda de uma unidade transformadora 345/289 kV na SE Três Marias. Devido a particularidade desta SE, que agrega uma usina hidrelétrica com diversos empreendimentos solares no sistema distribuidor, optou-se pelo não atendimento ao critério N-1 clássico para as unidades transformadoras 345/289 kV, permitindo a liberação de margem para a conexão de mais usinas solares no sistema de distribuição, devendo este caso ser tratado como uma excepcionalidade, tendo em vista ainda que o atendimento a carga é plenamente garantido em qualquer situação de contingência. O ONS determinará os critérios para os cortes de geração quando necessários. Ressaltamos que se espera um tempo de permanência muito pequeno para esta situação uma vez que somente se prevê este cenário num dia de final de semana, ou seja, com a carga reduzida, com a geração solar e hidráulica elevadas, e com a usina de Três Marias sem capacidade de armazenamento.

A Figura 8-5 mostra simplificada o arranjo da SE Três Marias observando-se que o fluxo exportador do sistema de 138 kV, quando da ocorrência deste cenário, se soma ao fluxo resultante da geração da usina de Três Marias.

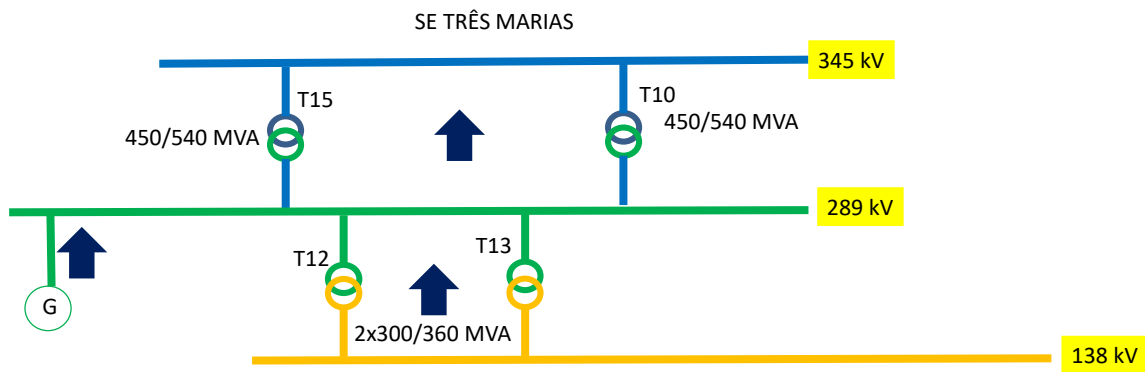


Figura 8-5 – Fluxo exportador para a Rede Básica

A nova modularização das transformações 289/138 kV permitirá, pelos critérios atuais, a conexão de empreendimentos solares na região até que o fluxo exportador atinja o valor da capacidade firme de 360 MVA. Novos empreendimentos solares não poderiam ser conectados ao sistema distribuidor sob pena de extrapolação deste valor e consequentemente não estaria sendo atendido o critério N-1. Como a capacidade firme das transformações 345/289 kV é de 540 MVA, da mesma forma, pelos critérios atuais, o fluxo exportador do sistema de distribuição, agregado a geração da usina de Três Marias, tem que estar limitado a 540 MVA. Desta forma, a geração da usina de Três Marias, neste cenário, ficaria limitada a diferença entre as capacidades firmes citadas, ou seja, 180 MVA.

A Figura 8-6 mostra um histograma cumulativo da geração da usina de Três Marias, aos domingos, no período das 7 às 17 horas, a partir de 2011. Percebe-se que durante cerca de 40% do tempo a geração foi superior ao valor de 180 MVA. Por possuir reservatório, independentemente de outras funções não energéticas para a água do reservatório, conforme já exposto, entendemos que essa geração pode ser controlada via armazenamento, de modo a permitir o atendimento ao critério N-1 nas transformações 345/289 kV, possibilitando desta forma o aproveitamento máximo da nova modularização das transformações 289/138 kV, em termos de atendimento a novos empreendimentos solares na região.

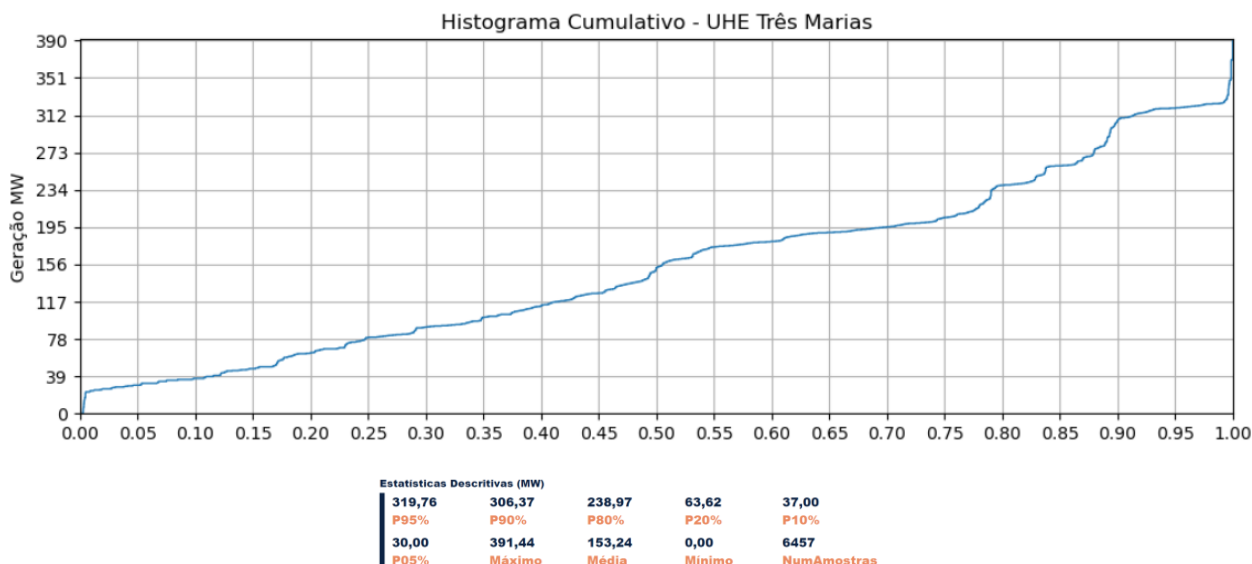


Figura 8-6 – Histograma Cumulativo – UHE Três Marias

No entanto, verificou-se através de uma análise expedita, a viabilidade econômica do aumento da modularização da SE 289/138 kV Três Marias para duas unidades de 300 MVA versus a manutenção da modularização atual com o custo de um possível vertimento da usina. Assim, considerou-se a seguinte situação:

- Custos – Vertimento na usina de Três Marias; Compra de energia de outras fontes e Investimento adicional para aumento da capacidade das unidades transformadoras da subestação.
- Benefícios – Redução dos custos operativos com a viabilidade de conexão de usinas adicionais, possibilitada pelo aumento de modularização e ajustes operativos.

As seguintes premissas foram adotadas:

- Probabilidade de retirada de uma unidade transformadora de operação por defeito, conforme histórico de estatística de falhas fornecido pela CemigGT – 0,05%;
- Preço teto do PLD horário – R\$ 1.326,50
- Tempo de permanência da usina de Três Marias com um percentual maior do que 180 MW – 40%;
- Fator de despacho das usinas solares da região em pauta – 30,13%;
- Taxa de desconto – 8%;
- Vida útil econômica – 30 anos.

Com as considerações feitas, o VPL se mostrou positivo em R\$ 22,95 milhões, indicando ser viável em termos econômicos, mesmo agregando-se os custos do impacto na geração da usina, da modularização proposta de dois bancos de 300 MVA. O cálculo resumido foi o seguinte:

CUSTOS

- Sobrecusto da modularização de 300 MVA em relação a modularização atual – R\$ 14,46 milhões
- Relação RAP/Investimento considerada – 12% a.a.
- Custo do adicional da majoração da modularização – R\$1,735 milhões/ano
- Compra da energia e vertimento = Probabilidade x Tempo x Corte de geração x Preço PLD teto x Permanência geração maior que 180 MW;

Assim, Compra de energia e vertimento = $0,05\% \times (24 \times 365) \times (390 - 180) \times 1.326,50 \times 40\% = \text{R\$ } 0,488$ milhões/ano

BENEFÍCIOS

- Redução custos operativos = Δ Geração (flexibilização N-1) x FC solar x Tempo x Redução dos custos (R\$/MWh)

Assim, Redução custos operativos = $(360 - 180) \times 30,13\% \times (24 \times 365) \times 10 = \text{R\$ } 4,750$ milhões/ano

Resumidamente, portanto:

$$\text{Custos} \begin{cases} \text{Riscos de despacho não otimizado} = 0,488 \text{ R\$ milhões/ano} \\ \text{Sobrecusto para a capacidade adicional dos TRs} = 1,735 \text{ R\$ milhões/ano} \end{cases}$$

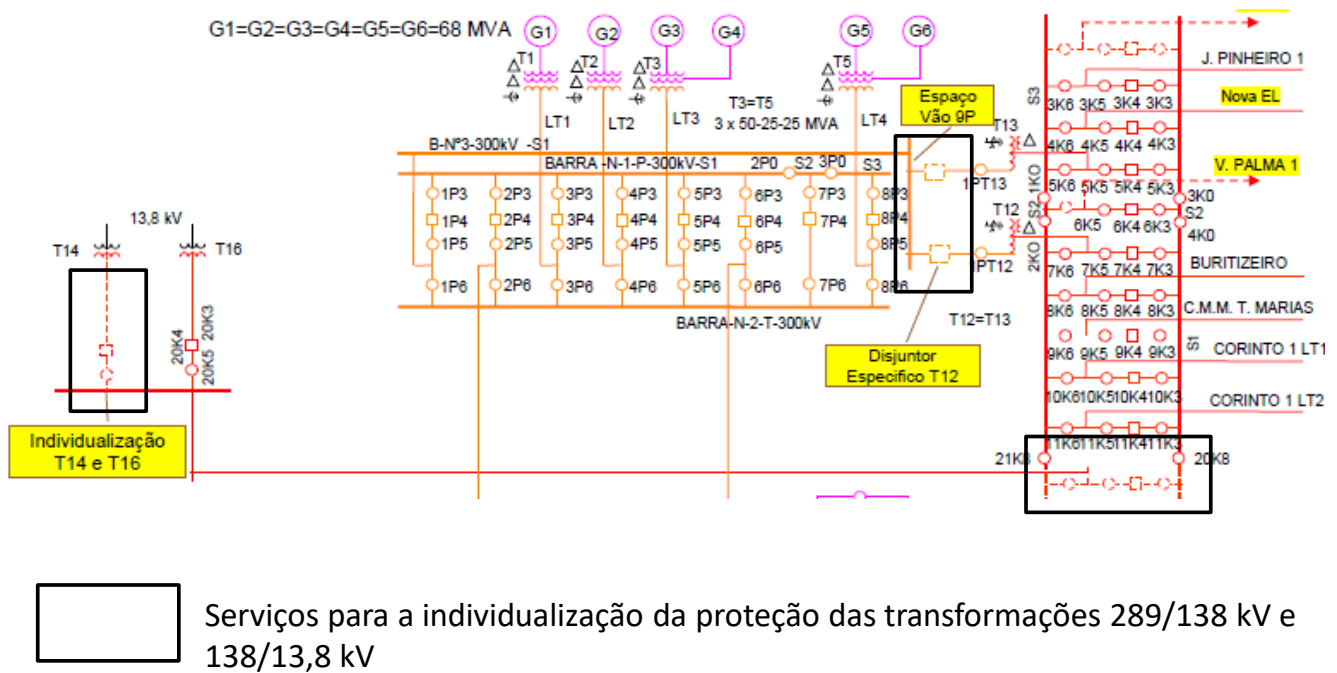
$$\text{Benefícios} \{ \text{Redução de custos operativos} = 4,750 \text{ R\$ milhões/ano} \}$$

A valor presente, com os indicadores econômicos considerados, temos um VPL (Valor Presente Líquido) positivo de R\$ 22,95 milhões, provando a viabilidade econômica da decisão de se majorar a modularização conforme proposta. O valor de 10 R\$/MWh para a redução dos custos operativos foi estimado empiricamente de maneira conservadora para o objetivo do cálculo.

O Anexo 1 da carta [12] mostra as capacidades de trechos dos barramentos de 289 kV e de 138 kV. As capacidades dos barramentos de 345 kV não foram informadas. Em virtude dos arranjos desta SE serem totalmente despadronizados em relação aos critérios de planejamento atuais, recomenda-se à Cemig Geração e Transmissão S.A. um estudo específico quando da elaboração do projeto básico e/ou executivo das mudanças propostas de modo a se verificar a conformidade dessas capacidades com a nova modularização das unidades transformadoras 289/138 kV e considerando também a nova LT 345 kV Pirapora-Três Marias, que entrou recentemente em operação.

9 INDIVIDUALIZAÇÃO DA PROTEÇÃO DAS UNIDADES 289/138 KV E 138/13,8 KV

Conforme [12] há possibilidade de que os bancos de autotransformadores 289/138 kV (T12 e T13) a serem instalados sejam dotados de proteção individualizada no lado de 289 kV. O processo Autorizativo deve incluir também os serviços relacionados a individualização da proteção das unidades transformadoras de 138/13,8 kV (T14 e T16 - DIT) uma vez que, conforme informação da Cemig Geração e Transmissão S.A, a Resolução Autorizativa [3] que autorizou a instalação de um segundo transformador 138/13,8 kV, cuja receita foi atualizada pela Resolução Autorizativa [4], não previu a instalação de disjuntores que permitissem que estes transformadores fossem dotados de proteção individualizadas. Estas individualizações são importantes para atendimento ao critério N-1 apesar de utilização de um arranjo não padronizado, conforme mostrado na Figura 9-1 .



Serviços para a individualização da proteção das transformações 289/138 kV e 138/13,8 kV

Figura 9-1 – Serviços para a individualização da proteção das transformações 289/138 kV e 138/13,8 kV

Para a individualização da proteção dos novos bancos de autotransformadores 289/138 kV no lado de alta tensão será necessário, basicamente, a instalação de 2 disjuntores específicos para cada banco conectados a barra auxiliar B-N 3 – 300 kV. Este arranjo apesar de despadronizado em relação aos critérios atuais, é o possível de modo a permitir esta individualização e consequentemente o atendimento ao critério N-1. Em alguns casos de SEs mais antigas é muito difícil a adequação das estruturas aos padrões atualmente vigentes. Este tipo de arranjo proposto já foi utilizado de modo similar em outras situações como a SE 500/230 kV Mesquita (Resolução Autorizativa [13]) e SE 345/138 kV Conselheiro Lafaiete 1 (Resolução Autorizativa [14]).

Com relação a individualização da proteção dos transformadores 138/13,8 kV, ela será possível, basicamente, com a instalação de um vão completo de 138 kV (12 K) e a instalação de mais um disjuntor específico para um dos transformadores.

10 CURTO-CIRCUITO

Atualmente, para permitir a conexão de alguns empreendimentos solares sem ocasionar superação por níveis de curto-circuito de alguns disjuntores, foi adotada uma medida operativa que consiste na operação isolada do transformador T11 289/138 kV, que opera atualmente em paralelo com os transformadores T12 e T13, a fim de viabilizar uma redução nos níveis de curto-circuito verificados. Mesmo sem a presença das usinas solares, tal medida foi considerada insuficiente para eliminar as violações totais em relação à capacidade de interrupção simétrica de alguns disjuntores. Assim, as substituições dos disjuntores 3K4, 6K4 e 20K4, por disjuntores de 40 kA, foram autorizadas pela ANEEL no Despacho [15]. Destaca-se que após a substituição dos mencionados disjuntores, não serão mais previstas superações de quaisquer equipamentos na SE Três Marias 138 kV, mesmo levando-se em consideração todo o montante de geração previsto para a região Norte de Minas Gerais, segundo Pareceres Técnicos do Operador Nacional do Sistema referentes a conexão de alguns empreendimentos solares.

A Tabela 10-1 mostra os valores de curto circuito nas barras próximas, considerando-se a modularização da SE 289/138 kV Três Marias com dois bancos de 300 MVA e reatância equivalente de 12% na base da potência nominal dos bancos, não se verificando problemas com relação a esta questão, o que deve ser confirmado pela Cemig Geração e Transmissão S.A. quando da elaboração dos projetos básicos e/ou executivos destas substituições. Deverá verificar posteriormente em estudo específico, reajustes porventura necessários nos seus esquemas de proteção considerando os novos valores de curto-circuito esperados.

Tabela 10-1 – Níveis de curto circuito

Barra	Localidade	Tensão(kV)	Trifásico(KA)	Monofásico(KA)
1827	Três Marias	138	14,70	17,77
1839	João Pinheiro	138	3,09	2,91
1802	Buritizeiro	138	9,98	6,12
1803	Corinto	138	4,18	2,54
27777	Monjolo	138	2,04	1,87
1805	Diamantina	138	1,23	0,84
1804	Curvelo	138	2,50	1,20
1831	Várzea da Palma	138	18,49	19,98
1516	Três Marias	289	12,89	13,63
1515	Três Marias	345	12,55	12,62

11 REFERÊNCIAS

- [1]. Carta EO/PL-0476/2021, Cemig Geração e Transmissão S.A - 15 de março de 2021.
- [2]. Relatório EPE-DEE-RE-093/2011-r0 – Atendimento à Região de Três Marias – MG de outubro/2011
- [3]. Resolução ANEEL Autorizativa nº 9.754 de 09/03/2021
- [4]. Resolução ANEEL Autorizativa nº 10.345 de 10/08/2021
- [5]. Nota Técnica EPE-DEE-NT-025/2021-r0 – Modularização das Unidades Transformadoras 345/138 kV e 138/13,8 kV da SE Várzea da Palma 1 – 05/04/2021.
- [6]. Plano de Outorgas de Transmissão de Energia Elétrica - Ampliações e Reforços - Rede Básica e Demais Instalações de Transmissão, Ciclo 2020 - 1ª Emissão, fev/2021
- [7]. Relatório EPE-DEE-RE-031/2017-rev01 – Estudo Prospectivo para Escoamento do Potencial Solar das regiões Norte e Noroeste de Minas Gerais – 01/02/2018
- [8]. Relatório EPE-DEE-RE-008/2020-rev01 – Aumento da Capacidade de Geração Solar da Região de Jaíba e Janaúba no Estado de Minas Gerais – 08/2020
- [9]. Relatório EPE-DEE-RE-064/2020-rev01 – Expansão da capacidade de Transmissão da Região Norte de Minas Gerais – 21/09/2021
- [10]. Plano Decenal EPE ciclo 2030 – Fevereiro/2021
- [11]. Ofício 1820/2021/DEE/EPE de 24/11/2021
- [12]. Carta Cemig Geração e Transmissão S.A. EI/PD-0011/2021 de 09/12/2021
- [13]. Resolução Autorizativa ANEEL 7008/2018
- [14]. Resolução Autorizativa ANEEL 7497/2018
- [15]. Despacho ANEEL 386/2021 de 17/02/2021

12 COLABORADORES

Alisson Chagas – Cemig Distribuição S.A

Michele dos Reis Pereira - Cemig Distribuição S.A

Renan de Souza Birindiba - Cemig Geração e Transmissão S.A

Rodrigo Valadão - Cemig Distribuição S.A

José Roberto Valadares - Cemig Geração e Transmissão S.A

Rodnei dos Anjos - Cemig Geração e Transmissão S.A

Valter Alves Moreira - Cemig Geração e Transmissão S.A

Victor Ferreira Zwetkoff - Cemig Geração e Transmissão S.A

13 FICHA PET

EMPREENDIMENTO:	UF: MG
SE 289/138 kV TRÊS MARIAS (Ampliação/Adequação)	DATA DE NECESSIDADE: JAN/2031
	PRAZO DE EXECUÇÃO: 36 MESES

JUSTIFICATIVA:

NOVA MODULARIZAÇÃO

Obras e Investimentos Previstos: (R\$ x 1.000)

1° ATF 289/138 kV, (3+1R) x 100 MVA 1Φ	36.004,28
2° ATF 289/138 kV, 3 x 100 MVA 1Φ	27.003,21
2 CT (Conexão de Transformador) 289 kV, Arranjo BD4	20.905,34
2 CT (Conexão de Transformador) 138 kV, Arranjo BPT	11.994,14
MIM - 138 kV	1.182,65
MIM - 289 kV	5.139,98
MIG-A	5.374,09

TOTAL DE INVESTIMENTOS PREVISTOS: 107.603,69

SITUAÇÃO ATUAL:

OBSERVAÇÕES:

Os custos referentes à tensão de 289kV estão referenciados à tensão 345kV, devido a esta tensão ser um valor despadronizado no Banco de Preços Regulatório.

A data de necessidade de 2031 é indicada apenas de maneira referencial, uma vez que a substituição das unidades transformadoras proposta está condicionada a indicação do final da vida útil técnica pela transmissora

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA: CUSTOS MODULARES DA ANEEL – MARÇO DE 2021.

14 ANEXOS – OFÍCIO EPE E RESPOSTA CEMIG GERAÇÃO E TRANSMISSÃO

14.1 Consulta EPE



Ofício n. 1820/2021/DEE/EPE

48002.002871/2021-15

Rio de Janeiro, 24 de novembro de 2021.

Ao Senhor

MARCELO DE DEUS MELO

Superintendente de Expansão e Implantação de Empreendimentos e Projetos de Geração e Transmissão

Cemig Geração e Transmissão

Av. Barbacena 1200, 14º andar – Santo Agostinho

30190-131 – Belo Horizonte – MG

Assunto: **Consulta sobre expansão e/ou reforma na SE 345/289/138/13,8 kV Três Marias**

Senhor Superintendente,

1. Está em andamento na EPE um estudo com a participação da Cemig GT e Cemig D com o intuito de avaliar a modularização de novas unidades transformadoras a serem instaladas na SE Três Marias, devido à necessidade de substituição dos dois transformadores 289/138 kV atuais, de 150 MVA cada (T12 e T13), por final de vida útil.
2. Assim, encaminhamos os formulários anexos referentes à solicitação de informações básicas acerca das duas alternativas vislumbradas pela EPE, para posterior análise de todo o grupo participante deste trabalho.
3. Os formulários solicitam um levantamento de informações pelas áreas de Engenharia e Projetos da Cemig GT quanto à viabilidade da implantação das obras possíveis de serem recomendadas neste estudo. Estas informações servirão de base documental pública e consultiva para o estudo de forma a dar solidez na recomendação.
4. A alternativa 1 refere-se à substituição imediata dos dois transformadores 289/138 kV citados, por dois bancos de autotransformadores monofásicos dotados de uma fase reserva, além da implantação de um terceiro banco de mesma característica no futuro. Prevê-se também a possibilidade de instalação de um terceiro banco de autotransformadores 345/289 kV de 450 MVA. Os novos bancos 289/138 kV deverão ter suas proteções individualizadas no lado de 289 kV e de 138 kV. Solicitamos informar também a potência máxima das unidades monofásicas dos novos bancos 289/138 kV que podem ser implantadas considerando-se o espaço físico existente na SE ou com a expansão da área.

*Praça Pio X, n. 54, 5º andar – Centro
CEP 20091-040 – Rio de Janeiro – RJ
Telefone: (21) 3512-3100*

1




Ofício n. 1820/2021/DEE/EPE

48002.002871/2021-15

5. A alternativa 2, refere-se a uma análise qualitativa da possibilidade de reforma geral na SE eliminando-se o barramento de 289 kV, conectando-se a usina de Três Marias diretamente no barramento de 345 kV, e conectando-se o secundário dos bancos 345/289 kV diretamente no barramento de 138 kV. No caso de inviável solicitamos relacionar as principais dificuldades para sua execução.
6. Em ambas as alternativas se prevê a individualização da proteção dos transformadores 138/13,8 kV, quando da instalação do 2º transformador previsto para 2024.
7. Solicitamos informar também a capacidade dos barramentos de 345, 289 e 138 kV da SE e a quantidade de novas linhas de 138 kV que ainda podem se conectar a essa SE.
8. Por fim, solicitamos que as informações requisitadas sejam encaminhadas à EPE em um prazo máximo de 15 dias, contados a partir da data de envio deste ofício, de forma a não comprometer o andamento das atividades subsequentes previstas para o estudo citado.
9. Ficamos à disposição para eventuais esclarecimentos que se façam necessários.

Atenciosamente,

JOSE MARCOS
BRESSANE:60963255800Assinado de forma digital por JOSE
MARCOS BRESSANE:60963255800
Dados: 2021.11.24 11:37:07 -03'00'**JOSÉ MARCOS BRESSANE**
Superintendente de Transmissão de Energia
Empresa de Pesquisa Energética

	Formulário de Consulta sobre a Viabilidade de Expansão de Subestações	Data: 24/11/2021
		Revisão:
		Página: 1 – 4

INFORMAÇÕES SOLICITADAS (PREENCHIDAS PELA EPE)

ESTUDO: Modularização da SE 345/289/138/13,8 kV Três Marias

Subestação: Três Marias

Concessionária Proprietária: Cemig GT

ALTERNATIVA 1

1. Módulos de Manobra

- Conexão de banco de autotransformadores Quantidade: 1 Tensão (kV): 345
- Conexão de banco de autotransformadores Quantidade: 3 Tensão (kV): 289
- Conexão de banco de autotransformadores Quantidade: 2 Tensão (kV): 138
- Conexão de transformador trifásico Quantidade: 1 Tensão (kV): 138
- Conexão de transformador trifásico Quantidade: 1 Tensão (kV): 13,8


2. Módulos de Equipamentos

- Banco de autotransformadores Quantidade: 1 Tensão (kV): 345/289 kV Fase: 3
- Banco de autotransformadores Quantidade: 3 Tensão (kV): 289/138 kV Fase: 3

3. Diagrama Unifilar

O diagrama unifilar simplificado da alternativa proposta encontra-se em figura anexa.

Legenda: MM: Entrada de linha (EL), conexão de transformador ou autotransformador (CT), interligação de barramentos (IB), conexão de banco de capacitores paralelo (CCP) ou série (CCS), conexão de reatores de linha (CRL) ou de barra (CRB), conexão de transformador de aterramento (CTA), conexão de compensador (CC), reator limitador de curto-circuito (RLCC). **ARRANJO:** Barra Simples (BS), Barra Principal e Transferência (BPT), Barra Dupla 4 Chaves (BD4), ANEL (AN), Disjuntor e Meio (DJM).

 <p>Empresa de Pesquisa Energética</p>	<p>Formulário de Consulta sobre a Viabilidade de Expansão de Subestações</p>	Data: 24/11/2021
		Revisão:
		Página: 2 – 4

RESPOSTA ÀS INFORMAÇÕES SOLICITADAS (PREENCHIDA PELA PROPRIETÁRIA DA INSTALAÇÃO)

(X) Assinalar os itens que podem ser implementados na subestação de acordo com o arranjo e espaço disponíveis.

ALTERNATIVA 1

1. Módulos de Manobra

- Conexão de banco de autotransformadores Quantidade: _ Tensão (kV): 345
- Conexão de banco de autotransformadores Quantidade: _ Tensão (kV): 289
- Conexão de banco de autotransformadores Quantidade: _ Tensão (kV): 138
- Conexão de transformadores trifásicos Quantidade: _ Tensão (kV): 138
- Conexão de transformadores trifásicos Quantidade: _ Tensão (kV): 13,8

2. Módulos de Equipamentos


- Banco de autotransformadores Quantidade: _ Tensão (kV): 345/289 kV Fase: 3
- Banco de autotransformadores Quantidade: _ Tensão (kV): 289/138 kV Fase: 3 Potência ___MVA

3. Módulo de Infraestrutura Geral

- Há necessidade de aquisição de terreno? Sim Área Prevista: _____
- Não

4. Outros

- Há necessidade de adequação do arranjo? Sim Equipamentos Necessários: _____
- Não

	Formulário de Consulta sobre a Viabilidade de Expansão de Subestações	Data: 24/11/2021
		Revisão:
		Página: 3 – 4

INFORMAÇÕES ADICIONAIS

5. Observações da EPE

Análise referente à modularização das transformações da SE 345/289/138/13,8 kV Três Marias devido a substituição dos transformadores 289/138 kV, T12 e T13, por fim da vida útil.

A alternativa 1 refere-se à substituição imediata dos transformadores trifásicos 289/138 kV, de 150 MVA cada, por 2 bancos de autotransformadores monofásicos dotados de 1 fase reserva, mais um 3º banco de mesma característica, posteriormente.

Prevê-se também que esses novos bancos terão proteção individual no lado de 289 kV. Informar a potência máxima da unidade monofásica dos bancos 289/138 kV possível no espaço físico da SE, bem como a capacidade dos barramentos de 345, 289 e 138 kV. Informar também o quantitativo possível de implantação de novas saídas de linhas de 138 kV.

A alternativa 2 refere-se a uma análise qualitativa de uma reforma geral na SE Três Marias, eliminando-se o barramento de 289 kV, conectando-se a usina de Três Marias diretamente no barramento de 345 kV, e conectando-se o secundário dos bancos de autotransformadores 345/289 kV diretamente no barramento de 138 kV. Neste estágio de consulta solicitamos apenas informar sobre a possibilidade dessa opção e, caso inviável, as principais dificuldades para sua implantação.

Em ambas as alternativas se prevê a individualização da proteção dos transformadores 138/13,8 kV quando da instalação da 2ª unidade.

6. Observações da Transmissora de Energia e Comentários específicos referentes a Alternativa 2

24 de novembro de 2021

Data da Solicitação


Data da Entrega do Formulário

JOSE MARCOS
BRESSANE:60963255800

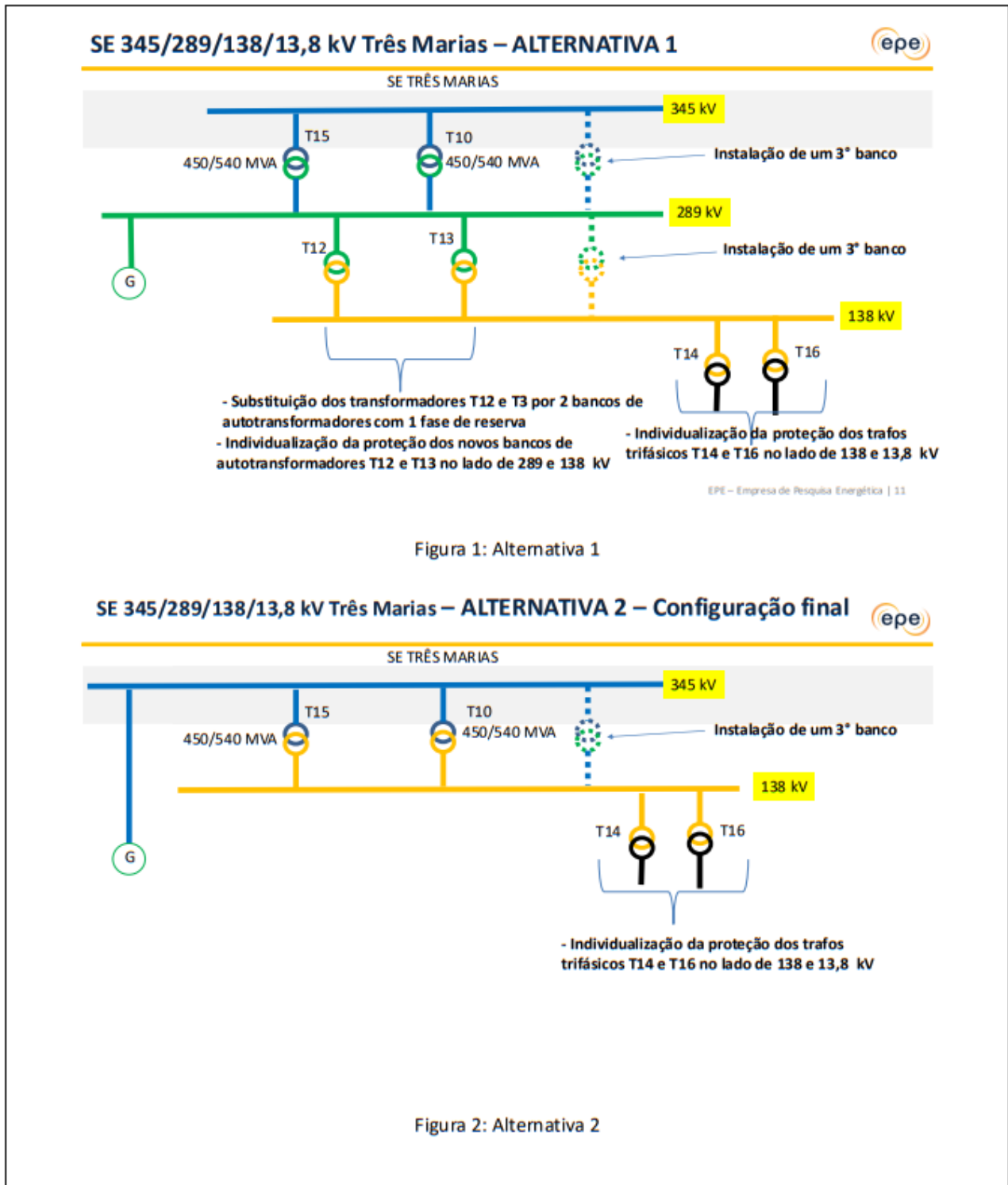
Assinado de forma digital por JOSE MARCOS BRESSANE:60963255800
Dados: 2021.11.24 11:38:23 -03'00'

José Marcos Bressane
Superintendente de Transmissão de Energia

Assinatura do Responsável pelas Informações Solicitadas

	Formulário de Consulta sobre a Viabilidade de Expansão de Subestações	Data: 24/11/2021
		Revisão:
		Página: 4 – 4

ANEXO → DIAGRAMAS UNIFILARES SIMPLIFICADOS DAS ALTERNATIVAS PROPOSTAS



14.2 Resposta CEMIG-GT

CLASSIFICAÇÃO: RESERVADO



Ilmo. Sr.
José Marcos Bressane
Superintendente de Transmissão de Energia
EPE – Empresa de Pesquisa Energética
Praça Pio X, n. 54 - 5º andar - Centro
20.091-040 - Rio de Janeiro - RJ

Nossa Referência: EI/PD-0011/2021

Data: 09/12/2021

Sua Referência: Ofício nº 1.820/2021/DEE/EPE, de 24/11/2021

Assunto: Consulta sobre expansão e/ou reforma na SE 345/289/138/13,8 kV Três Marias

Senhor Superintendente:

1. Em resposta ao ofício supracitado encaminhamos as seguintes observações em relação à viabilidade de instalação de novos módulos de equipamentos e de manobra na SE Três Marias.

Alternativa 1

- **Substituição imediata dos dois transformadores 289/138 kV citados, por dois bancos de autotransformadores monofásicos dotados de uma fase reserva, além da implantação de um terceiro banco de mesma característica, no futuro.**

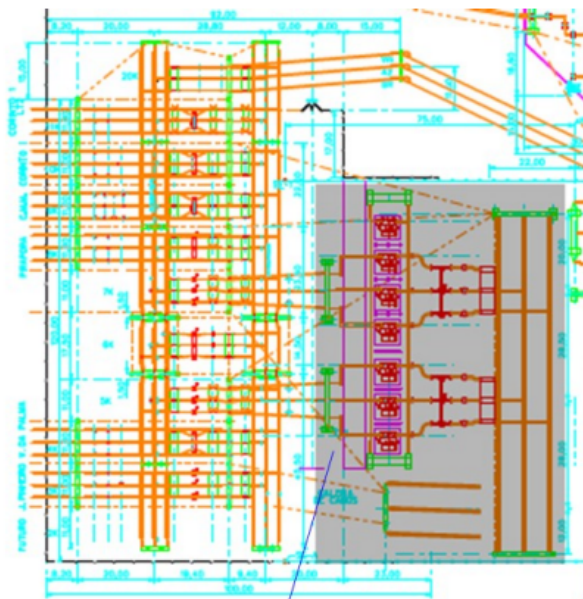
Resposta:

Avaliou-se pela viabilidade de substituição das unidades trifásicas por sete unidades monofásicas, incluindo uma fase reserva, conforme desenho da figura 1 a seguir.

Quanto à possibilidade de instalação de uma terceira unidade 289/138 kV se mostrou inviável, devido às restrições de espaço físico bem como a indisponibilidade de nova conexão em 289kV.



Figura 1 – Substituição T12 e T13 por unidades monofásicas



- **Possibilidade de instalação de um terceiro banco de autotransformadores 345/289 kV de 450 MVA**

Resposta:

Avaliou-se pela inviabilidade de instalação de terceira unidade 345/289 kV em função da indisponibilidade de conexão em 289 kV, bem como as dificuldades no 345 kV, cujo arranjo é em anel, estando em fase de implantação do sexto vão de manobra para conexão da LT para SE Pirapora 2, completando assim esse arranjo com seis elementos, conforme literatura técnica para arranjos em configuração anel.

- **Os novos bancos 289/138 kV deverão ter suas proteções individualizadas no lado de 289 kV e de 138 kV.**

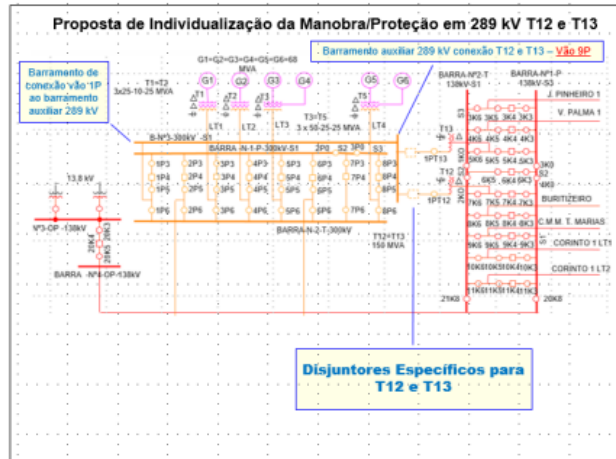
Resposta:

Quanto à individualização da manobra em 289 kV da transformação 289/138 kV foi verificada a inviabilidade de utilização de dois módulos exclusivos, para cada transformador, no arranjo tradicional BPT.

Avaliou-se pela viabilidade de instalação de dois disjuntores específicos, para manobra e proteção dos autos T12 e T13, próximos às novas unidades transformadoras, mantendo-se a conexão via o vão 1P, conforme apresentado no desenho da figura 2.



Figura 2 – Individualização da proteção/manobra T12 e T13



Para essa configuração proposta faz-se necessária a relocação do barramento auxiliar em 289 kV de conexão T12 e T13 para o espaço disponível para o vão 9P.

Essa configuração de disjuntores específicos para manobra e proteção de transformadores é prevista nas SEs Mesquita e Lafaiete 2 e foram autorizadas pela Aneel, após recomendação do planejamento setorial quando da avaliação de melhoria das configurações de barramentos das instalações estratégicas.

- **Solicitamos informar também a potência máxima das unidades monofásicas dos novos bancos 289/138 kV que podem ser implantadas considerando-se o espaço físico existente na SE ou com a expansão da área**

Resposta:

Avaliou-se a possibilidade de duas transformações de até 600 MVA, considerando unidades monofásicas de 200 MVA no espaço disponível na SE T. Marias.

Alternativa 2

- Análise qualitativa da possibilidade de reforma geral na SE eliminando-se o barramento de 289 kV, conectando-se a usina de Três Marias diretamente no barramento de 345 kV, e conectando-se o secundário dos bancos 345/289 kV diretamente no barramento de 138

Av. Barbaçena, 1219 - 4º Andar - Ala B - Santo Agostinho - CEP 30190-131
 Belo Horizonte - MG - Brasil - Tel.: (31) 3506-4639
 88278

Em sua resposta, favor citar nossa referência
 Revisão: 09/2012



kV. No caso de inviável solicitamos relacionar as principais dificuldades para sua execução.

Resposta:

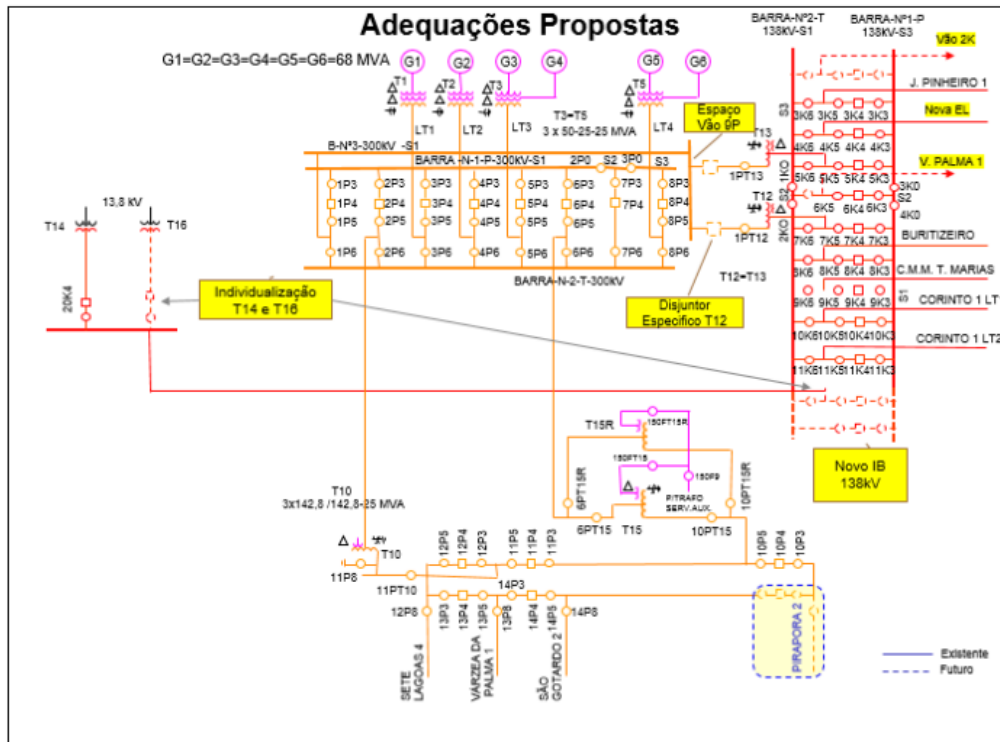
Avaliou-se pela impossibilidade de eliminação do nível de tensão 289 kV da subestação considerando os seguintes aspectos:

- Limitação do arranjo em 345 kV, configuração em anel completo, com seis elementos considerando a instalação da nova entrada de linha para a SE Pirapora 2 e inviabilidade de transformação do arranjo de 345 kV de anel para DJM;
- Dificuldades de desligamentos do pátio de 289 kV em função do escoamento de geração da usina de Três Marias, do atendimento ao mercado regional em 138 kV através da transformação 289/138 kV, que atende diversas outras subestações da Cemig D (Corinto 1, Curvelo 1 e 2, Diamantina, Couto de Magalhaes, Gouveia 2 e 3, Usina de Paraúna, Inimutaba, Usina Retiro Baixo, Felixlândia), bem como ao consumidor livre CMM. Verifica-se a previsão de esgotamento da sua capacidade, principalmente, em função da previsão de conexão de acessantes diretamente no 138 kV, e de subestações supridas a partir dessa SE.
- **Individualização da proteção dos transformadores 138/13,8 kV, quando da instalação do 2º transformador previsto para 2024.**

Resposta:

Avaliou-se pela viabilidade de individualização da manobra/proteção dos transformadores T14 e T16 sendo necessária a instalação de disjuntor no vão 12K, onde está conectado o barramento de 138 kV de alimentação dos transformadores, além de disjuntor próximo ao T16, conforme desenho apresentado na figura 3 a seguir.

Figura 3 – Individualização da proteção/manobra T14 e T16



Cabe informar que essa adequação será possível quando da implantação desses novos escopos de obras em processo de planejamento tendo em vista que a obra de instalação do segundo transformador 138 kV, autorizado pela REA 9754/2021 encontra-se em implantação.

- Informar a capacidade dos barramentos de 345, 289 e 138 kV da SE

Resposta:

O anexo 1 apresenta os valores de capacidades dos barramentos de 289 e 138 kV. Quanto aos valores de capacidade do 345 kV estão em fase de levantamento pela equipe regional.

Cabe informar a necessidade de avaliação de capacidade dos equipamentos/materiais nos vãos 5K e 7K de conexão dos transformadores T12 e T13, e da interligação de barra, vão 7K, em função das novas potências dessas transformações. De maneira semelhante deverá ser avaliada a capacidade do vão 2P e dos barramentos de 345 kV em função dos cenários de intercâmbio previstos e das análises de contingências, considerando novo T10 e a LT 345 kV para Pirapora 2.



Geração e Transmissão S.A.

- Informar a quantidade de novas entradas de linhas de 138 kV que ainda podem se conectar a essa SE.

Resposta:

Conforme desenho anterior avaliou-se pela viabilidade de instalação de duas novas entradas de linha de 138 kV, sendo necessária para a segunda EL a instalação de novo módulo de interligação de barras.

Em relação ao formulário anexo ao ofício 1820/2021/DEE/EPE, item 3, referente ao módulo geral não foi identificada a necessidade de aquisição de terreno, e em relação ao item 4 Outros foi prevista a adequação do arranjo de proteção/manobra dos transformadores T14 e T16 com a instalação de disjuntores específicos, conforme apresentado acima.

2. Estamos à disposição para esclarecimentos adicionais, bem como para futuros detalhamentos da viabilidade dessas novas instalações de transmissão.

Atenciosamente,

Assinatura Eletrônica
09/12/2021 23:56 UTC
 Luis Valerio
58396713120
LUIS CLAUDIO BATISTA VALERIO

Luís Claudio Batista Valério
Superintendente de Planejamento e Operação de Geração e Transmissão



Anexo 1 – Capacidade dos barramentos SE Três Marias

Denominação	Número Operacional	kV	Condutor por fase	Descrição	Capacidade Normal (A)	Capacidade Emergência (A)
Três Marias_BARR_B1P_K_S1	B1_K_S1	138	2	636 MCM Grosbeak	450	565
Três Marias_BARR_B1P_K_S2	B1_K_S2	138	2	636 MCM Grosbeak	450	565
Três Marias_BARR_B1P_K_S3	B1_K_S3	138	2	636 MCM Grosbeak	450	565
Três Marias_BARR_B2T_K_S1	B2_K_S1	138	1	636 MCM Grosbeak	450	565
Três Marias_BARR_B2T_K_S2	B2_K_S2	138	1	636 MCM Grosbeak	450	565
Três Marias_BARR_B2T_K_S3	B2_K_S3	138	1	636 MCM Grosbeak	450	565
Três Marias_BARR_B3O_K	B3_K	138	1	336,4 MCM (170,55mm ²)	310	385
Três Marias_BARR_B4O_K	B4_K	138	1	336,4 MCM (170,55mm ²)	310	385
Três Marias_BARR_B1P_P_S1	B1_P_S1	300	2	795 MCM (402,84mm ²)	515	650
Três Marias_BARR_B1P_P_S2	B1_P_S2	300	2	795 MCM (402,84mm ²)	515	650
Três Marias_BARR_B1P_P_S3	B1_P_S3	300	2	795 MCM (402,84mm ²)	515	650
Três Marias_BARR_B2T_P	B2_P	300	2	795 MCM (402,84mm ²)	515	650
Três Marias_BARR_B3_P	B3_P	300	2	795 MCM (402,84mm ²)	515	650

A figura 4 a seguir apresenta o diagrama com o detalhamento dos barramentos de 289 e 138 kV



Figura 4 - Identificação das seções de barramentos de 289 e 138 kV

