



Empresa de Pesquisa Energética

# Estudos para Expansão da Transmissão

## Relatório R1

Desempenho da malha de 345 kV da região de Belo Horizonte e Mantiqueira – Parte 1

OUTUBRO DE 2025

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA



## ■ Colaboradores

RELATÓRIO

EPE-DEE-RE-034/2025-REV0

### **Coordenação Geral**

Reinaldo da Cruz Garcia

### **Coordenação Executiva**

Thiago Dourado Martins

Marcos Vinícius Farinha

### **Coordenação Técnica**

Lucas Simões de Oliveira

### **Equipe Técnica**

Armando Leite Fernandes

Davi José Alvarez Magalhães

Iago Stanciolle Alves da Silva

Fabiano Schmidt

João Alves da Silva Neto

### **Suporte Administrativo**

Renata Cardozo Rios

e p e



## VALOR PÚBLICO

DE ACORDO COM O ART. 4º - ALÍNEA VII DA LEI 10.847/2004, COMPETE À EPE A ELABORAÇÃO DE ESTUDOS NECESSÁRIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DOS PLANOS DE EXPANSÃO DA TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DE CURTO, MÉDIO E LONGO PRAZOS. A PORTARIA MME Nº 215/2020 INSTITUIU QUE ESSES ESTUDOS DEVEM SER REALIZADOS NO ÂMBITO DOS GRUPOS DE ESTUDOS DE TRANSMISSÃO (GET), SOB COORDENAÇÃO DA EPE E DEFINIDOS CONFORME ÁREAS DE ABRANGÊNCIA GEOGRÁFICA.

O PROCESSO DE OUTORGA DAS EXPANSÕES DA REDE SE INICIA COM A ELABORAÇÃO DOS ESTUDOS DE VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA E SOCIOAMBIENTAL DE ALTERNATIVAS DE EXPANSÃO, DENOMINADOS ESTUDOS R1, QUE SÃO ELABORADOS NO ÂMBITO DOS GETS. NESSES ESTUDOS, A EPE RECOMENDA AS AMPLIAÇÕES E REFORÇOS QUE COMPÕEM A ALTERNATIVA MAIS ATRATIVA PARA ATENDER ÀS NECESSIDADES SISTÊMICAS.

O PRESENTE RELATÓRIO R1 REFERE-SE AO ESTUDO PARA A ELIMINAÇÃO DE RESTRIÇÕES NO SISTEMA DE 345 KV DA REGIÃO DA MANTIQUEIRA NO ESTADO DE MINAS GERAIS, EM CENÁRIOS DE ELEVADA EXPORTAÇÃO DE ENERGIA DA REGIÃO NORDESTE PARA A REGIÃO SUDESTE, CONCOMITANTEMENTE A ELEVADA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA NO NORTE DO ESTADO. ESTE RELATÓRIO CONTEMPLA OS ASPECTOS TÉCNICOS, ECONÔMICOS E AMBIENTAIS COM RECOMENDAÇÃO DE EXPANSÃO MAIS ADEQUADA PARA O SISTEMA DE 345 KV DA REGIÃO DA MANTIQUEIRA.

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA



**Ministro de Estado**  
Alexandre Silveira de Oliveira

**Secretário-Executivo**  
Arthur Cerqueira Valerio

**Secretário Nacional de Transição Energética e Planejamento**  
Gustavo Cerqueira Ataíde



**Presidente**

Thiago Guilherme Ferreira Prado

**Diretor de Estudos Econômico-  
Energéticos e Ambientais**

Thiago Ivanoski Teixeira

**Diretor de Estudos de Energia Elétrica**  
Reinaldo da Cruz Garcia

**Diretora de Estudos do Petróleo, Gás e  
Biocombustíveis**

Heloisa Borges Bastos Esteves

**Diretor de Gestão Corporativa**

Carlos Eduardo Cabral Carvalho

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



Empresa de Pesquisa Energética

Contrato

Data de assinatura

Projeto

## ESTUDOS PARA A LICITAÇÃO DA EXPANSÃO DA TRANSMISSÃO

Área de estudo

### Análise Técnico-Econômica

Subárea de estudo

### GET Sudeste/Centro Oeste

Produto (Nota Técnica ou Relatório)

EPE-DEE-RE-034-2025-rev0

### Desempenho da malha de 345 kV da região de Belo Horizonte e Mantiqueira – Parte 1

Revisões

Data

Descrição sucinta

rev0

24/10/2025

Emissão Original

# SUMÁRIO

<b>SUMÁRIO</b>	<b>8</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>10</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b>	<b>11</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
<b>2 CONCLUSÕES</b>	<b>14</b>
<b>3 RECOMENDAÇÕES</b>	<b>16</b>
3.1 Recomendações Gerais	16
3.2 Recomendações para o relatório R2	18
3.3 Recomendações para os relatórios R3 e R5	18
3.4 Recomendações para o relatório R4	18
<b>4 SISTEMA ELÉTRICO DE INTERESSE</b>	<b>19</b>
<b>5 CRITÉRIOS UTILIZADOS</b>	<b>21</b>
5.1 Limites Operativos	21
5.1.1 Tensão Nominal	21
5.1.2 Carregamento	21
5.2 Cenários de Intercâmbio Energético	21
5.3 Patamares de carga	22
<b>6 DIAGNÓSTICO</b>	<b>23</b>
<b>7 ALTERNATIVAS ANALISADAS</b>	<b>25</b>
7.1 Obras comuns	25
7.2 Alternativa 1 – Nova LT 500 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2	26
7.3 Alternativa 2 – Ampliação da SE 500/345 kV Santos Dumont 2 com a instalação do 2º banco de autotransformadores de 750 MVA;	30
7.4 Alternativa 3 – Instalação do 1º banco de autotransformadores na SE 500/345 kV Leopoldina 2 de 750 MVA.	31
<b>8 ANÁLISE DE DESEMPENHO DAS ALTERNATIVAS</b>	<b>32</b>
8.1 Alternativa 1	32
8.2 Alternativa 2	38
8.3 Alternativa 3	39
8.4 Solução através de FACTS	40
<b>9 ENERGIZAÇÃO E REJEIÇÃO</b>	<b>41</b>
9.1 Energização	41
9.2 Rejeição	43
<b>10 AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA DE LINHA DE TRANSMISSÃO AÉREA</b>	<b>46</b>
10.1 Nova LT 500 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2	46
10.2 Critérios Para Análises Elétricas e Comparações Econômicas	47
10.3 Avaliações Econômicas	48
10.3.1 Seleção dos cabos condutores – LT1: LT 500 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2, C1, CS.	48
10.4 Características Técnicas da Solução de Referência	48
10.4.1 Características elétricas – LT1: LT 500 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2, C1, CS	48
10.4.2 Características construtivas – LT1: LT 500 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2, C1, CS	49
10.4.3 Estimativas iniciais para faixa de segurança	49
<b>11 ANÁLISE DE CURTO-CIRCUITO</b>	<b>51</b>
<b>12 REFERÊNCIAS</b>	<b>53</b>
<b>13 EQUIPE TÉCNICA</b>	<b>54</b>
<b>14 ANEXOS</b>	<b>55</b>
14.1 Consultas de viabilidade de expansão às concessionárias	55
14.1.1 SE 500/345 kV Santos Dumont 2	55
14.1.2 SE 500/345 kV Leopoldina 2	62

14.2	Fichas PET/PELP .....	68
14.3	Custos das alternativas .....	74
14.3.1	Alternativa 1 .....	74
14.3.2	Alternativa 2 .....	75
14.4	Lista de equipamentos terminais das subestações .....	76
14.5	Carregamentos das LTs de Minas Gerais – Controle de Tensão.....	77

## LISTA DE FIGURAS

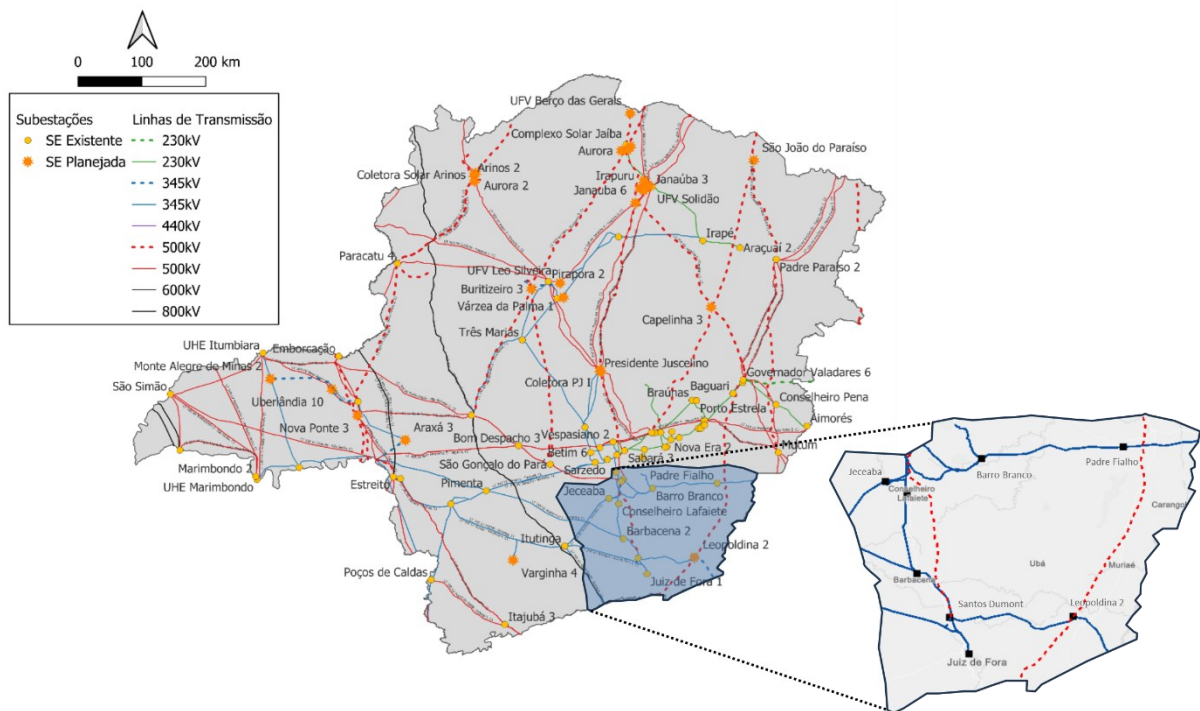
Figura 1-1 - Região da Mantiqueira no estado de Minas Gerais.....	12
Figura 3-1 - Representação esquemática das obras recomendadas. ....	16
Figura 4-1 - Diagrama Esquemático das obras de impacto sistêmico leiloadas recentemente no estado de Minas Gerais .....	19
Figura 4-2 - Diagrama Esquemático do sistema de 500 kV e de 345 kV da região da Mantiqueira e da Zona da Mata. .	20
Figura 6-1 – Carregamento da LT 345 kV Itabirito 2 – Jeceaba C1 na contingência da LT 345 kV Itabirito 2 – Jeceaba C2 .....	23
Figura 6-2 – Carregamento da LT 345 kV Itabirito 2 – Ouro Preto 2 na contingência da LT 345 kV Ouro Preto 2 – Barro Branco.....	23
Figura 6-3 – Carregamento da SE 500/345 kV Santos Dumont 2 em condição normal de operação .....	24
Figura 7-1 – Representação esquemática das obras da alternativa 1 .....	26
Figura 7-2 - Diagrama com posicionamento sugerido pela Verde Transmissora na SE 500 kV Santos Dumont 2 .....	27
Figura 7-3 - Diagrama com posicionamento da nova LT na SE Santos Dumont 2 a ser adotado. ....	28
Figura 7-4 - Diagrama com posicionamento sugerido pela ISA Energia na SE 500 kV Leopoldina 2. ....	28
Figura 7-5 – Posicionamento dos pátios de 500 kV, 345 kV e de 138 kV na SE Leopoldina 2 .....	29
Figura 7-6 - Representação esquemática das obras da alternativa 2 .....	30
Figura 7-7 - Representação esquemática das obras da alternativa 3. ....	31
Figura 8-1 - Carregamento da LT 345 kV Jeceaba-Itabirito 2 C1 na contingência da LT 345 kV Jeceaba-Itabirito 2 C2 ...	32
Figura 8-2 - Carregamento da LT 345 kV Itabirito2-Ouro Preto 2 na contingência do TR 500/345 kV da SE Santos Dumont 2 .....	33
Figura 8-3 - Carregamento da SE 500/345 kV Santos Dumont 2 em condição normal de operação .....	33
Figura 8-4 - Carregamento da LT 345 kV Lafaiete-Jeceaba na contingência da linha 345 kV Itutinga-Jeceaba .....	34
Figura 8-5 - Carregamento da LT 345 kV Barbacena-Lafaiete na contingência da LT 345 kV Itutinga-Jeceaba. ....	35
Figura 9-1 - Ponto de operação considerado para a análise de energização da nova LT .....	42
Figura 9-2 – Energização da LT 500 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2 pelo lado da subestação Santos Dumont 2 ....	42
Figura 9-3 - Energização da LT 500 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2 pelo lado da subestação Leopoldina 2.....	43
Figura 9-4 - Ponto de operação considerado para análise de rejeição da nova LT .....	44
Figura 9-5 - Rejeição da LT 500 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2 pelo lado da subestação Santos Dumont 2. ....	44
Figura 9-6 - Rejeição da LT 500 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2 pelo lado da subestação Leopoldina 2 .....	44
Figura 10-1 - Dados técnicos básicos da LT 500 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2, C1, CS.....	49

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2-1 - Relação entre os custos das recapacitações e da implantação de novas LTs.....	15
Tabela 3-1 - Nova linha 500 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2 – Obra determinativa.....	16
Tabela 3-2 - Recapacitações de Linhas 345 kV - Obras determinativas.....	16
Tabela 3-3 - Equipamentos terminais com capacidade superada – Obras determinativas.....	17
Tabela 3-4 - Recapacitações de Linhas 345 kV - Obras indicativas.....	17
Tabela 3-5 - Ampliação da SE 500/345 kV Santos Dumont 2 - Obra indicativa.....	17
Tabela 5-1 – Níveis de tensão admissíveis para cada classe de tensão.....	21
Tabela 7-1 -Tabela comparativa de custos estimados para recapacitações e novas LTs 345kV.....	25
Tabela 8-1 – Recapacitações de LTs - Obras indicativas.....	36
Tabela 8-2 – Ampliação da SE 500/345 kV Santos Dumont 2 - Obra indicativa.....	36
Tabela 8-3 – Equipamentos terminais com capacidade superada – Obras indicativas – LT 345 kV Jeceaba-Lafaiete.....	37
Tabela 8-4 – Equipamentos terminais com capacidade superada – Obras indicativas – LT 345 kV Lafaiete-Barbacena.....	37
Tabela 8-5 – Carregamento SE 500/345 kV Santos Dumont 2 em diversos cenários.....	38
Tabela 8-6 – Percentual de carregamento da SE 500/345 kV Santos Dumont 2 – alternativa 3.....	39
Tabela 8-7 – Estimativa de quantitativo e custos para solução com equipamentos FACTS.....	40
Tabela 10-1 Nova Linha de Transmissão.....	46
Tabela 10-2 Dados do ambiente.....	46
Tabela 10-3 Dados para avaliação econômica.....	47
Tabela 10-4 Dados do sistema – Fluxos para cálculo de perdas – LT1.....	47
Tabela 10-5 Dados do sistema – Fluxos máximos observados para diferentes condições de operação.....	47
Tabela 10-6 Configurações com menor custo total – LT1.....	48
Tabela 10-7 Características elétricas básicas da LT 500 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2, C1, CS.....	48
Tabela 10-8 Coordenadas da silhueta típica da LT1 500 kV em CS.....	49
Tabela 10-9 Estimativas iniciais para faixa de segurança.....	50
Tabela 11-1 – Capacidade de interrupção simétrica dos disjuntores.....	51
Tabela 11-2 – Correntes de Curto-Circuito Máximas pré-implantação e pós-implantação da solução.....	51
Tabela 14-1 - Estado atual dos equipamentos terminais da LT 345 kV Itabirito 2 – Ouro Preto.....	76
Tabela 14-2 - Estado atual dos equipamentos terminais da LT 345 kV Itabirito 2 – Jeceaba C1.....	76

# 1 INTRODUÇÃO

Conforme verificado nas análises do Diagnóstico Regional do PDE 2033 [1] e PAR/PEL 2024 [2], em cenários de elevada exportação de energia da região Nordeste para a região Sudeste, concomitantemente com elevada geração fotovoltaica no norte do estado de Minas Gerais, podem ser observadas sobrecargas no sistema 345 kV da região Mantiqueira ocasionadas, em parte pela carga do mercado dessas regiões, e, também, pelo fluxo passante de potência ativa que atravessa essa região em direção ao estado do Rio de Janeiro. Destacam-se, nesse cenário, sobrecargas em condições normais de operação quanto em situação de contingências. A região da Mantiqueira está localizada a sudeste da região metropolitana de Belo Horizonte conforme Figura 1-1.



**Figura 1-1 - Região da Mantiqueira no estado de Minas Gerais**

Como já evidenciado na mais recente Nota Técnica de margens remanescentes no SIN para conexão de novas gerações do LEN A-5/2025 [3] e também pelo mapa de margem atualizado periodicamente no site do ONS [4], esta situação poderá ocasionar restrições na exportação do excedente energético da região nordeste do País e do norte do estado, quando todo o montante de geração eólica e solar contratada (com CUST/CUSD assinado) nessas regiões entrar em operação. Assim, foi incluído na Programação de Estudos de 2025 uma análise específica sobre esta situação de modo a eliminar essas restrições.

Este Relatório é a parte 1 desse estudo que também irá propor soluções para a área central do estado. Devido a dificuldades ambientais para definição das obras relativas à área central, o trabalho foi dividido em duas partes, sendo a previsão de emissão da parte 2, referente à área central, reprogramada para novembro de 2025. A parte 2 também poderá consolidar as obras indicativas para a região da Mantiqueira, relacionadas nesta parte 1. Esse Relatório contempla os aspectos técnicos, econômicos e ambientais com recomendação de expansão determinativa mais adequada para o sistema de 345 KV da região da Mantiqueira.

Para o presente estudo, as obras foram classificadas conforme a seguinte distinção:

- Obras determinativas: Benefícios sistêmicos já bem definidos e no curto/médio prazo, de tal forma que devam ter seus respectivos processos de outorga iniciados de maneira imediata.
- Obras indicativas: Têm benefícios sistêmicos dependentes da concreta efetivação de empreendimentos de geração no norte do estado de Minas Gerais e na região nordeste do País, de tal forma que devem permanecer na cesta de obras do planejamento, aguardando o momento adequado para a consolidação e início do processo de outorga, o que deverá ser analisado conjuntamente com o Operador Nacional do Sistema, a cada ciclo do POTEE.

Essa discriminação das obras em duas categorias, determinativas e indicativas, é condizente com a estratégia de planejamento sob incertezas, que visa selecionar obras cujas respectivas datas de necessidade estão consolidadas, e outras cujas respectivas datas de necessidade dependem de uma maior confirmação das condições de contorno utilizadas nas análises, procurando desta forma atender à modicidade tarifária.

## 2 CONCLUSÕES

---

As análises apontaram as seguintes obras como determinativas:

- Construção da nova LT 500 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2, C1;
- Recapacitação da LT 345 kV Itabirito 2 – Ouro Preto 2, C1;
- Recapacitação da LT 345 kV Itabirito 2 – Jeceaba C1;

As obras classificadas como indicativas são:

- Recapacitação da LT 345 kV Jeceaba – Lafaiete, C1;
- Recapacitação da LT 345 kV Lafaiete – Barbacena, C1;
- Ampliação da SE 500/345 kV Santos Dumont 2 com a instalação de um 2º banco de autotransformadores de 750 MVA;

Para a sobrecarga em regime normal de operação referente à SE 500/345 kV Santos Dumont 2, optou-se pela implantação da nova LT 500 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2, C1, tendo em vista que, além de sanar o problema apontado, a linha agrega uma melhora no desempenho geral do sistema da região, conforme o Capítulo 8.

Tendo em vista que as linhas de 345 kV que apresentaram problemas não possuem capacidade de emergência, verificou-se a viabilidade de recapacitações das linhas dessa região. Desta forma, foi recomendada a recapacitação da LT 345 kV Itabirito 2 – Ouro Preto 2, devido aos baixos custos envolvidos, uma vez que a linha já dispõe de um condutor adequado, sendo necessário, basicamente, a execução de serviços relativos à alteamento dos cabos para permitir que a linha opere com as capacidades de curta e longa duração adequadas as exigências sistêmicas.

Foi recomendada também a recapacitação da LT 345 kV Itabirito 2 – Jeceaba C1, utilizando cabos CAL Liga, uma vez que o custo dessa recapacitação é viável frente aos custos de implantação de um novo circuito interligando essas subestações. Além, obviamente, de não haver impactos ambientais devido ao aproveitamento das respectivas faixas de passagem e sem necessidade de utilização de espaços nas subestações envolvidas.

As linhas recapacitadas terão uma capacidade nominal de 1.880 (A) em condições normais de operação e de 2.315 (A) em condição de emergência, valores esses considerados satisfatórios para solução dos problemas apresentados.

A Tabela 2-1 mostra a relação entre os custos estimados para as recapacitações indicadas, e os custos de implantação de novas linhas com as mesmas capacidades, mostrando a viabilidade econômica dessas recapacitações. Esses custos foram estimados pela Cemig Geração e Transmissão, proprietária desses ativos, conforme informado em [5].

**Tabela 2-1 - Relação entre os custos das recapacitações e da implantação de novas LTs**

LT	Recapacitações			Novas LTs	Relação custos**
	Custo (R\$ Milhões)	Extensão (km)	Custo / km	Custo (R\$ Milhões)*	
Itabirito 2 - Ouro Preto 2	3,6	4,6	0,78	26,9	13,4%
Itabirito 2 - Jeceaba	73,6	56,4	1,30	105,2	70,0%
Lafaiete - Jeceaba	38,9	27,5	1,41	61,5	63,3%
Barbacena - Lafaiete	110,5	62,4	1,77	187,1	59,1%
* Somente a LT e conexões					
** Relação entre os custos de recapacitação / Custo de nova LT					

As obras indicativas, conforme já exposto, deverão ter seus respectivos processos de outorga iniciados somente após a consolidação da necessidade sistêmicas das mesmas. Essa definição dependerá da efetiva implantação de empreendimentos de geração na região nordeste do País e no norte do estado de Minas Gerais. Ressalta-se também que está em análise a implantação de um novo bipolo interligando as regiões nordeste e sudeste, que implicará em reforços no sistema de 500 kV no estado de Minas Gerais, o que poderá reduzir o carregamento no sistema de 345 kV da região da Mantiqueira, evitando desta forma a necessidade de implantação das obras indicativas. Referencialmente as obras indicativas serão registradas com a data de necessidade para 2039.

Os custos totais dos investimentos das obras determinativas são de R\$ 370.484,13 mil, sendo R\$ 293.553,13 mil referentes a nova LT de 500 kV e R\$ 76.931,00 referentes a recapacitações das linhas indicadas. Os custos das obras indicativas são de R\$ 262.506,59 mil, sendo R\$ 113.106,67 mil referente à ampliação da SE 500/345 kV Santos Dumont 2 e R\$ 149.399,91 mil são referentes as recapacitações das linhas indicadas. O anexo 14.3 discrimina esses valores.

### 3 RECOMENDAÇÕES

#### 3.1 Recomendações Gerais

Com base nas análises realizadas, recomenda-se:

- 1) O início do processo de outorga das obras **determinativas** ilustradas na Figura 3-1, Tabela 3-1 e Tabela 3-2, e detalhadas nos capítulos 7, 10 e na Nota Técnica [5].

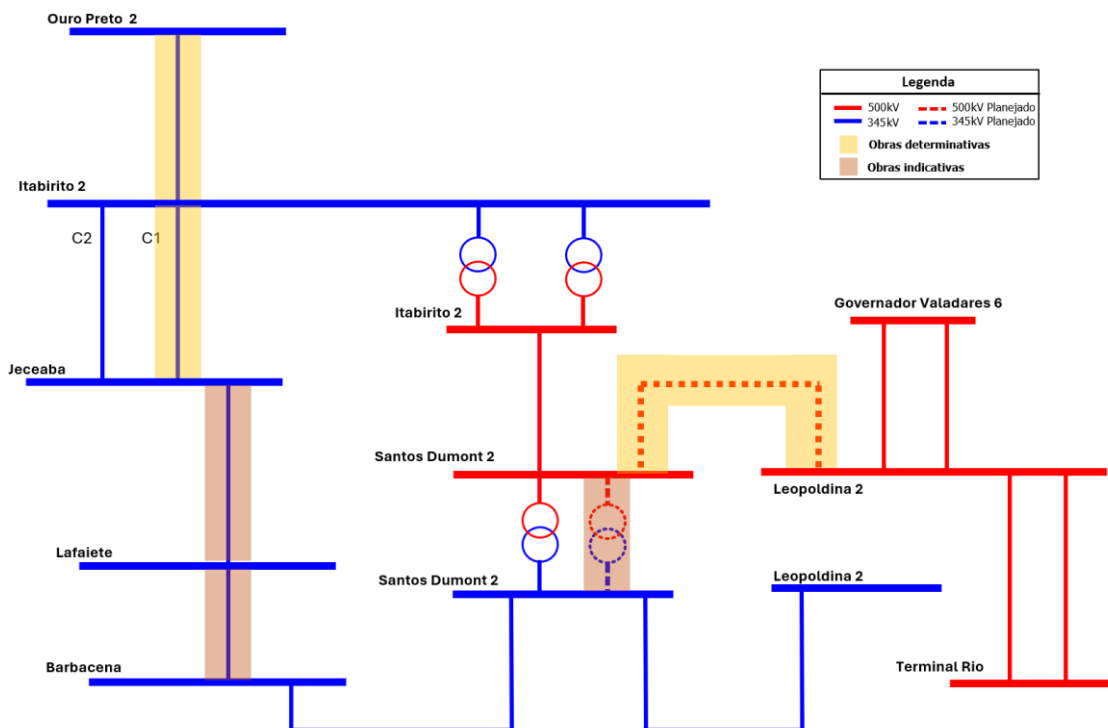


Figura 3-1 - Representação esquemática das obras recomendadas.

Tabela 3-1 - Nova linha 500 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2 – Obra determinativa

Linha de Transmissão	Tensão (kV)	Configuração	Extensão (km)	Ano
Santos Dumont 2 - Leopoldina 2	500	500 CST3 - 4x795 MCM Tern	97	2029

Tabela 3-2 - Recapacitações de Linhas 345 kV - Obras determinativas

Linha de Transmissão	Tensão (kV)	Descrição	Extensão (km)	Ano
Itabirito - Ouro Preto 2, C1	345	Alteamento de cabos	4,6	2028
Itabirito - Jeceaba C1	345	Substituição por cabo de liga de alumínio (CAL) - 2 x 1120 993 kcmil/fase	56,4	2029

- 2) Que os equipamentos instalados nos terminais da nova LT 500 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2, C1 (Tabela 3-1) tenham capacidade de corrente nominal de no mínimo 4.000A. Para informações detalhadas sobre as recapacitações das linhas da Tabela 3-2, bem como dos respectivos equipamentos terminais, deverá ser consultado o relatório [5] elaborado pela Cemig Geração e Transmissão, proprietária das respectivas linhas e das subestações terminais, a exceção da subestação Itabirito 2.

- 3) Que o ONS, Cemig-GT e ANEEL avaliem a oportunidade de adoção de soluções de Carregamento Dinâmico de Linhas (DLR), baseadas em medições diretas ou modelos meteorológicos, como medida conjuntural de otimização da capacidade de transmissão das LTs 345 kV Itabirito - Ouro Preto 2, C1 e Itabirito - Jeceaba, C1, para o período entre 2026 e 2029. Essas soluções podem eventualmente adequar, de forma segura e controlada, os limites operativos às condições climáticas reais, mitigando restrições até a entrada em operação das soluções estruturais.
- 4) A substituição dos equipamentos relacionados na Tabela 3-3, uma vez que as novas capacidades dessas linhas após os serviços de recapitação serão de 1.880 (A) longa duração e de 2.315 (A) curta duração, superando os equipamentos terminais listados.

**Tabela 3-3 - Equipamentos terminais com capacidade superada – Obras determinativas**

Subestação	Equipamento	Capacidade atual (A)
Ouro Preto 2	Chave seccionadora (2P8)	2,000
	Chave seccionadora (9P8)	2,000
	Chave seccionadora (8P3)	2,000
	Chave seccionadora (8P5)	2,000
Jeceaba	Chave seccionadora (9P3)	2,000
	Chave seccionadora (9P5)	2,000
	Relação de TC (8C)	1,200
	Relação de TC (9C)	1,800

- 5) Que as obras das Tabela 3-4 e a Tabela 3-5 sejam monitoradas e consolidadas quando da efetiva necessidade sistêmica. Destaca-se que também será necessária a substituição de equipamentos terminais nas subestações e a substituição dos respectivos cabos para-raios, conforme detalhado no Capítulo 8.

**Tabela 3-4 - Recapitações de Linhas 345 kV - Obras indicativas**

Linha de Transmissão	Tensão (kV)	Descrição	Extensão (km)	Data de Necessidade
Jeceaba - Lafaiete	345	Substituição por cabo de liga de alumínio (CAL) - 2 x 1120 993 Kcmil/fase	27,5	2039
Lafaiete - Barbacena	345	Substituição por cabo de liga de alumínio (CAL) - 2 x 1120 993 Kcmil/fase	62,4	2039

**Tabela 3-5 - Ampliação da SE 500/345 kV Santos Dumont 2 - Obra indicativa**

Subestação	Equipamento	Data de Necessidade
Santos Dumont 2	2º Banco de autotransformadores 500/345/13,8 kV (3 x 250 MVA) c/Terciário e LTC	2039

### **3.2 Recomendações para o relatório R2**

Dentre as novas ampliações recomendadas neste documento não foi identificada a necessidade de elaboração de estudos de Transitórios Eletromagnéticos de Manobra (TEM) na fase de planejamento. Logo, recomenda-se a dispensa de elaboração dos relatórios R2 associados. Entretanto, sugere-se que, caso sejam identificadas nos estudos desenvolvidos nas etapas posteriores elevadas sobretensões, correntes e/ou energias nos para-raios de óxido metálico, bem como algum fenômeno de interação relevante entre o elemento objeto dos estudos e a rede elétrica adjacente e/ou equipamentos, seja considerada a adoção de medidas mitigatórias para redução dos impactos dos TEM como, por exemplo, resistores de pré-inserção.

### **3.3 Recomendações para os relatórios R3 e R5**

As avaliações socioambientais referentes à LT 500kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2, C1, recomendadas neste estudo foram objeto de análise da Nota Técnica [6] e deverão ser complementadas através de relatórios R3 e R5.

### **3.4 Recomendações para o relatório R4**

Recomenda-se a elaboração do Relatório R4 para as subestações Santos Dumont 2 e Leopoldina 2. Atentar na elaboração desse Relatório que a nova LT 500 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2, não será dotada de reatores de linha em ambos os lados, apesar das consultas [7] e [8] sobre o espaço físico nas subestações Santos Dumont 2 e Leopoldina 2, terem incluído esses equipamentos. Assim, as áreas a serem adquiridas, indicadas na resposta das Transmissoras [9] e [10], para instalação dos respectivos reatores de linha, não serão necessárias. Deverão ser consideradas também nos respectivos Relatório R4 somente as obras determinativas, ou seja, somente a implantação da nova Linha 500 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2, sem a ampliação da capacidade instalada dessas subestações, conforme mostrado na Figura 7-3 e Figura 7-4. Maiores detalhes no capítulo 7.

Com relação às recapacitações das linhas de 345 kV indicadas, entendemos não ser preciso a elaboração do respectivo Relatório R4, caso esses serviços sejam autorizados à Transmissora proprietária desses ativos.

## 4 SISTEMA ELÉTRICO DE INTERESSE

O sistema de transmissão no estado de Minas Gerais está em fase de significativa evolução devido a inúmeras linhas de 500 kV projetadas, com o intuito de permitir a exportação do excedente de geração eólica e solar da região nordeste do País para os grandes centros de consumo na região sudeste. Desta forma, devido a sua posição geográfica, o estado foi contemplado com uma expansão significativa de seu sistema de transmissão, conforme mostrado resumidamente na Figura 4-1.

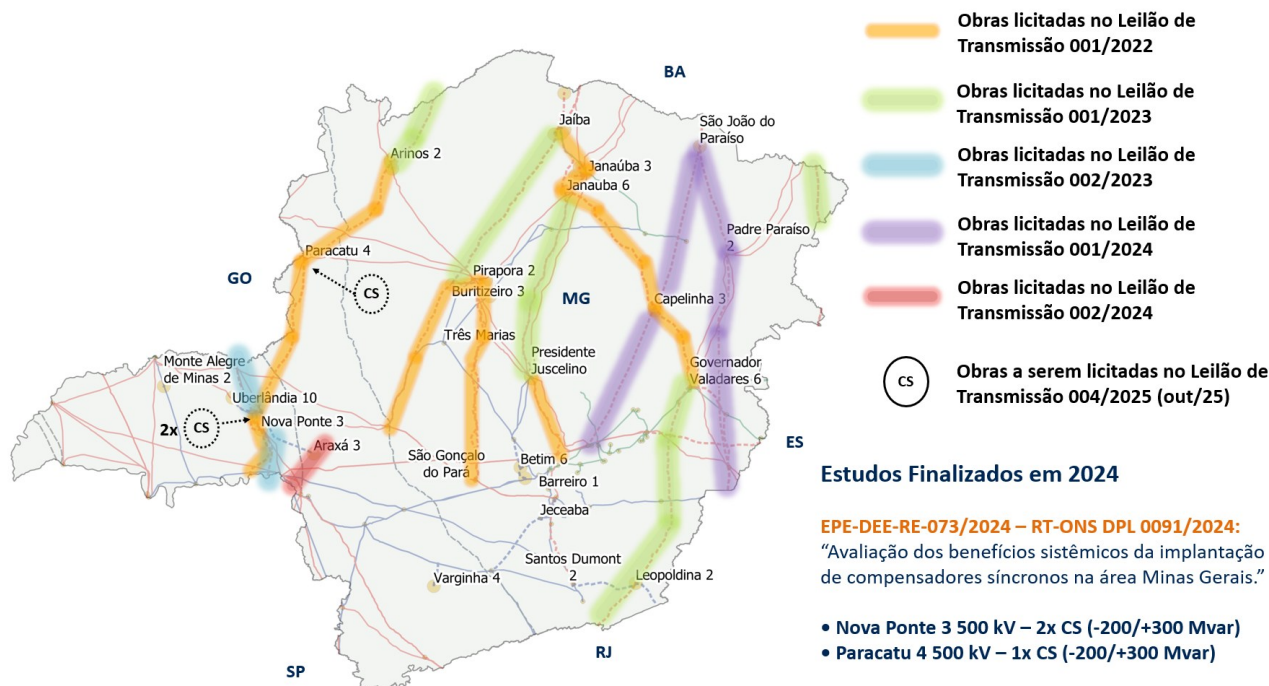
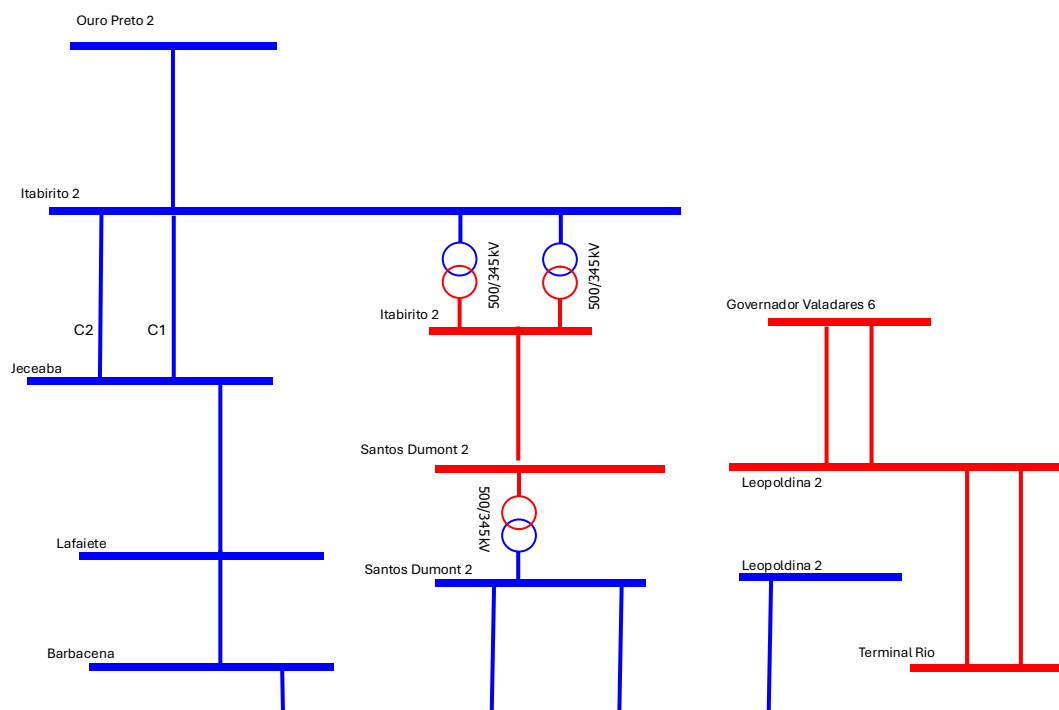


Figura 4-1 - Diagrama Esquemático das obras de impacto sistêmico leiloadas recentemente no estado de Minas Gerais

O esquemático da Figura 4-2 mostra especificamente o sistema de 500 kV e de 345 kV da região da Mantiqueira e de parte da região da Zona da Mata mineira. Podemos perceber que existe um radial de 500 kV da subestação Itabirito 2 à subestação Santos Dumont 2, ocasionando elevados carregamentos nas linhas de 345 kV da região da Mantiqueira, quando da perda desse radial em certos cenários específicos. Outro detalhe é que não há acoplamento do 500 kV da subestação Leopoldina 2 com o 345 kV dessa subestação, uma vez que esses pátios foram concebidos para solucionar necessidades sistêmicas diferentes. A subestação 500/345 kV Santos Dumont 2 é provida de apenas um banco de autotransformadores de 750 MVA.



**Figura 4-2 - Diagrama Esquemático do sistema de 500 kV e de 345 kV da região da Mantiqueira e da Zona da Mata.**

Com relação à subestação Santos Dumont 2, o pátio de 500 kV, bem como o banco de transformadores 500/345 kV de 750 MVA e a LT 500 kV Itabirito 2 – Santos Dumont 2, tem a previsão de entrada em operação em setembro/2027, sob a responsabilidade da Verde Transmissora. O primeiro reator de barra de 500 kV (3+1) x 33,3 Mvar está previsto para outubro/2027.

Com relação à subestação Leopoldina 2, os dois bancos de transformadores 345/138 kV de 225 MVA cada, bem como a linha 345 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2 e a linha 345 kV Leopoldina 2 – Lagos, já entraram em operação, sob a responsabilidade da Rio Minas Transmissora.

O pátio de 500 kV da SE Leopoldina 2, bem como as linhas 500 kV Governador Valadares 6 em circuito duplo, e a linha 500 kV Leopoldina 2 – Terminal Rio, também em circuito duplo, está programada para entrada em operação em março/2029, sob a responsabilidade da ISA energia Brasil.

## 5 CRITÉRIOS UTILIZADOS

Os critérios e procedimentos utilizados no estudo estão de acordo com o documento “Critérios e Procedimentos para o Planejamento da Expansão dos Sistemas de Transmissão” [11].

Ressalta-se que, além das simulações de fluxo de carga, foram analisados os níveis de curto-circuito para a expansão do sistema, conforme mostrado no Capítulo 11.

Foram seguidas as diretrizes para elaboração da documentação necessária para se recomendar ao Poder Concedente uma nova instalação de transmissão integrante da Rede Básica, definidas no documento publicado pela EPE denominado “Diretrizes para Elaboração dos Relatórios Técnicos Referentes às Novas Instalações da Rede Básica” [12].

A data de referência é 2028 e a data horizonte do estudo de 2039. A referência para os preços das instalações é a “Base de Referência de Preços ANEEL – janeiro/2025” [13].

### 5.1 Limites Operativos

#### 5.1.1 Tensão Nominal

Os níveis de tensão admissíveis em regime permanente para cada classe de tensão envolvida são apresentados na Tabela 5-1.

Tabela 5-1 – Níveis de tensão admissíveis para cada classe de tensão

Tensão Nominal	Tensão Máxima	Tensão Mínima
69 kV	72,5 kV (1,05 pu)	65,6 kV (0,95 pu)
138 kV	145 kV (1,05 pu)	131 kV (0,95 pu)
230 kV	242 kV (1,05 pu)	218 kV (0,95 pu)
500 kV	550 kV (1,10 pu)	475 kV (0,95 pu)

#### 5.1.2 Carregamento

Foram utilizados os limites de carregamento das linhas de transmissão e transformadores existentes nos Contratos de Prestação de Serviços de Transmissão (CPST). Para as novas transformações a serem instaladas na rede, considerou-se 120% da capacidade nominal para determinação das capacidades em emergência, para um período de 4 horas.

### 5.2 Cenários de Intercâmbio Energético

Conforme o diagnóstico realizado em [1], o cenário que ocasionou os problemas de sobrecarga no sistema de 345 kV da região da Mantiqueira, foi o cenário denominado 1A. Neste cenário a exportação de potência pela região Nordeste está maximizada. Concomitantemente a geração fotovoltaica no estado de Minas Gerais está elevada de modo a que se possa ter a maior exportação possível de fluxo de potência para os demais estados da Região Sudeste. Desta forma, este cenário se caracteriza por um fluxo passante elevado atravessando todo o estado de Minas Gerais. Este cenário é típico do período seco na Região Norte no segundo semestre do ano.

### **5.3 Patamares de carga**

Foi utilizado o patamar de carga média no período seco no diagnóstico, para dimensionamento das obras, por representar os piores carregamentos para o sistema em análise.

## 6 DIAGNÓSTICO

A Figura 6-1, Figura 6-2, Figura 6-3 mostram resumidamente os principais problemas de sobrecarga na região da Mantiqueira, conforme [14].

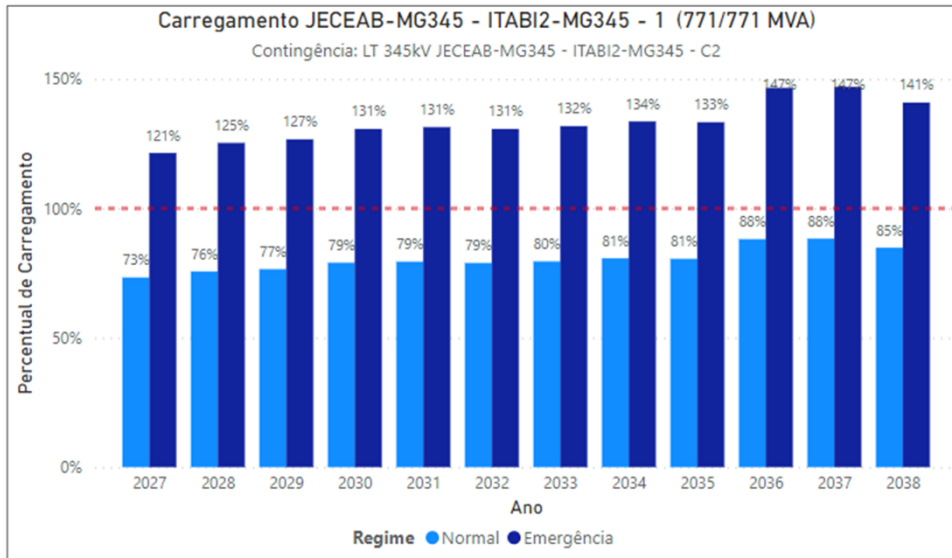


Figura 6-1 – Carregamento da LT 345 kV Itabirito 2 – Jeceaba C1 na contingência da LT 345 kV Itabirito 2 – Jeceaba C2

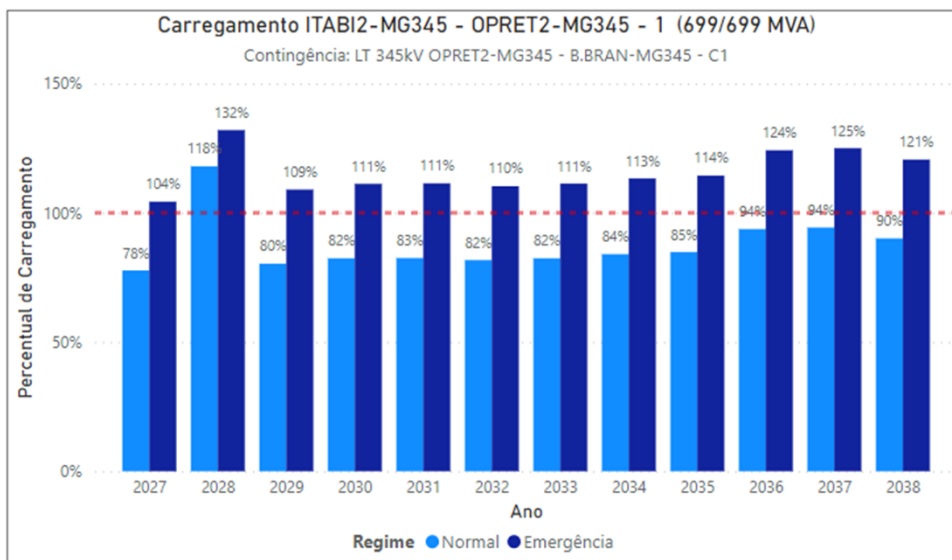
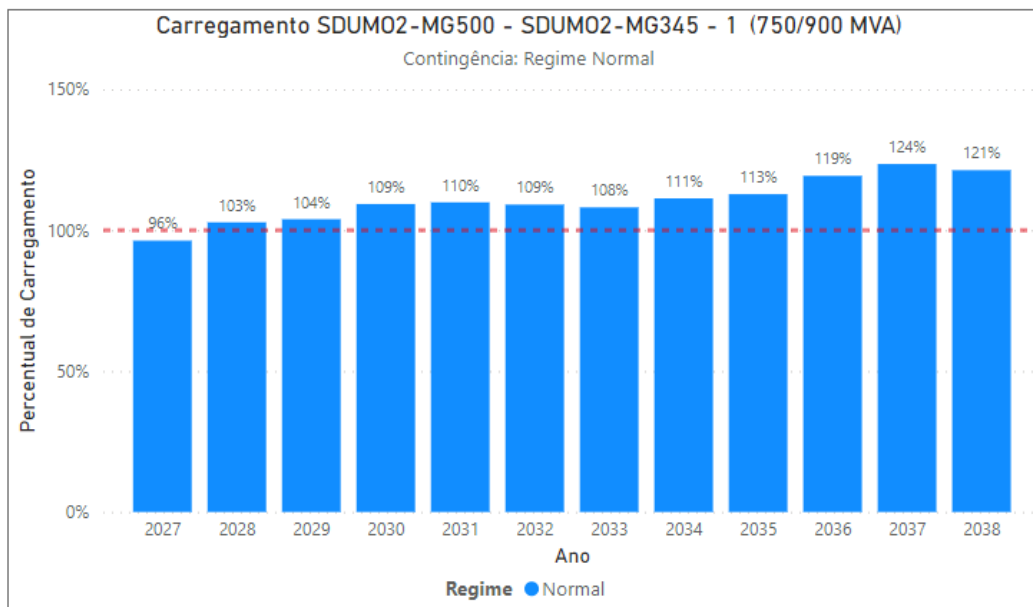


Figura 6-2 – Carregamento da LT 345 kV Itabirito 2 – Ouro Preto 2 na contingência da LT 345 kV Ouro Preto 2 – Barro Branco



**Figura 6-3 – Carregamento da SE 500/345 kV Santos Dumont 2 em condição normal de operação**

Percebe-se, portanto, sobrecargas inadmissíveis na LT 345 kV Itabirito 2 – Ouro Preto 2 e na linha 345 kV Itabirito 2 – Jeceaba, bem como na única transformação 500/345 kV da Santos Dumont 2. Conforme já exposto, os problemas apontados por [14] no sistema de 345 kV da área central do estado serão analisados na parte 2 deste Relatório, não havendo arrependimento na indicação de obras na região da Mantiqueira, devido a um desacoplamento dos fluxos dessas regiões.

## 7 ALTERNATIVAS ANALISADAS

### 7.1 Obras comuns

Tendo em vista que a linha 345 kV Itabirito 2 – Ouro Preto 2 e a linha 345 kV Itabirito 2 – Jeceaba C1 não possuem capacidade de emergência, a EPE enviou consulta à Cemig Geração e Transmissão [15] sobre a viabilidade técnica e econômica da recapacitação desses circuitos. A Transmissora enviou o Relatório [5], informando da viabilidade das recapacitações propostas e apresentou uma elaborada análise das condições dessas recapacitações. As linhas recapacitadas passariam a operar com uma capacidade nominal de 1.880 (A) em condições normais de operação e de 2.315 (A) em condição de emergência, valores esses considerados satisfatórios para solução dos problemas apresentados.

A Tabela 7-1 resume um comparativo entre as recapacitações das LTs 345 kV da região da Mantiqueira, ante o custo de novas LTs.

**Tabela 7-1 -Tabela comparativa de custos estimados para recapacitações e novas LTs 345kV**

Linha de Transmissão	Recapacitações			Novas LTs	Relação custos
	Custo (R\$ Milhões)	Extensão (km)	Custo/km	Custo (R\$ Milhões)	
Itabirito 2 - Ouro Preto 2, C1	3,6	4,6	0,78	26,9	13,4%
Itabirito 2 – Jeceaba, C1	73,6	56,4	1,30	105,2	70,0%
Lafaiete – Jeceaba, C1	38,9	27,5	1,41	61,5	63,3%
Barbacena – Lafaiete, C1	110,5	62,4	1,77	187,1	59,1%

Percebe-se, portanto, que o aumento da capacidade desses circuitos é possível técnica e economicamente, pois uma alternativa seria a implantação de novos circuitos o que, além do aspecto econômico já exposto, haveria problemas de ocupação de espaço físico em subestações antigas com pouca ou nenhuma disponibilidade para a implantação de novas entradas de linha. Outro aspecto importante, devido ao aproveitamento das respectivas faixas de servidão, é que não haveria problemas de impacto ambiental de monta.

Desta forma, foi recomendada a recapacitação da LT 345 kV Itabirito 2 – Ouro Preto 2, devido aos baixos custos envolvidos, uma vez que a linha já dispõe de um condutor adequado as necessidades, sendo necessário, basicamente, a execução de serviços relativos à alteamento dos cabos para permitir que a linha opere com as capacidades de curta e longa duração adequadas as exigências sistêmicas. Foi recomendada também a recapacitação da LT 345 kV Itabirito 2 – Jeceaba C1, utilizando cabos CAL Liga (2 x 1120 993 KCM mil/fase).

O Relatório preparado pela Cemig Geração e Transmissão [5] detalha minuciosamente essas recapacitações, conforme já exposto, incluindo a relação dos equipamentos terminais a serem substituídos e com final de vida regulatória, equipamentos esses discriminados na Tabela 3-3, Tabela 3-4 e Tabela 14-2.

Cabe informar, que os equipamentos do terminal das LTs da SE Itabirito 2 – Ouro Preto 2 e Itabirito 2 - Jeceaba entraram em operação em abril/2014, tendo ainda uma vida útil remanescente longa, como mostrado no Anexo 14.4. Esses equipamentos terminais da SE Itabirito 2, foram avaliados e,

por apresentarem capacidade superior à requerida nas recapacitações, não foram indicadas para substituição.

Para solucionar os problemas de sobrecarga na SE 500/345 kV Santos Dumont 2, no entanto, foram concebidas somente três alternativas consideradas factíveis, a saber:

## 7.2 Alternativa 1 – Nova LT 500 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2

A alternativa 1 propõe a implantação da linha 500 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2, com o intuito de desviar o fluxo na transformação 500/345 kV da SE Santos Dumont 2. A Figura 7-1 mostra resumidamente as obras propostas.

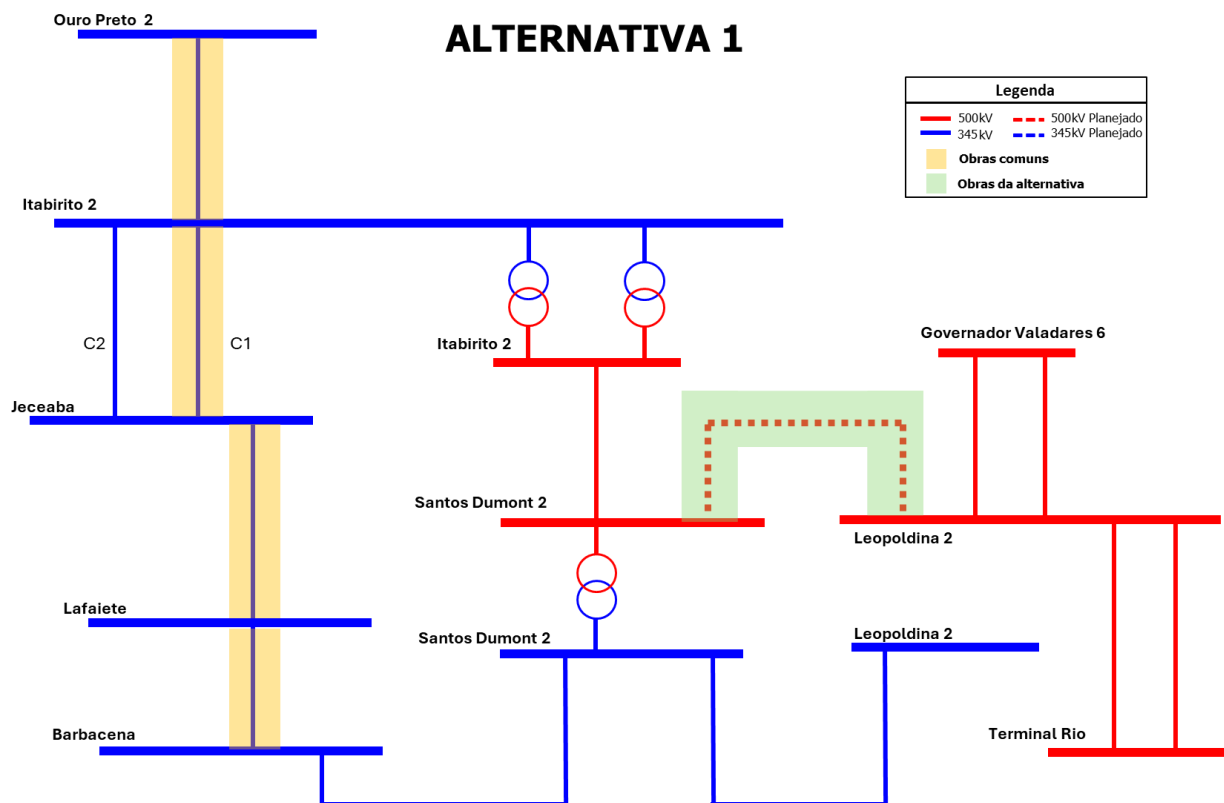


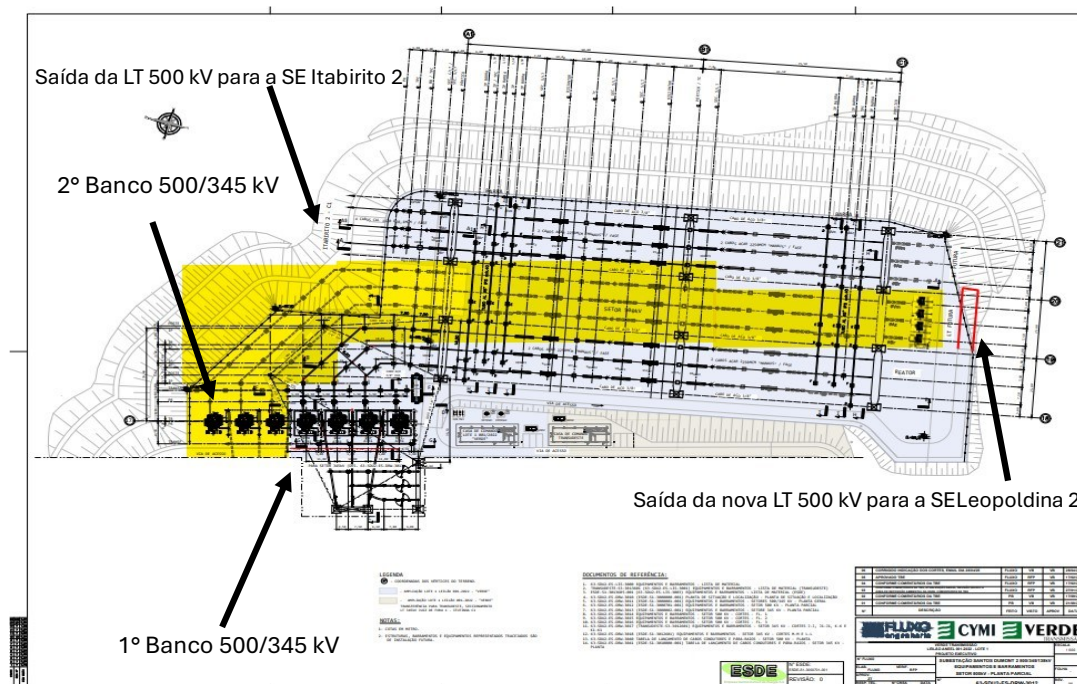
Figura 7-1 – Representação esquemática das obras da alternativa 1

No Capítulo 10 são mostradas as análises realizadas no sentido de se determinar a configuração ideal para essa nova Linha, sendo decidido pela configuração 500 CST3 – 4x795 MCM Tern. A linha terá 97 km de extensão, conforme a Nota Técnica [6], que trata das questões ambientais referentes a essa implantação.

As consultas com relação aos espaços físicos nas subestações Santos Dumont 2 e Leopoldina 2 foram realizadas através de [7] e [8], sendo respondidas pelas cartas [9] e [10], respectivamente. Essa documentação está disponibilizada no Anexo 14.1 para pronta referência.

No caso da subestação Santos Dumont 2, a consulta da EPE solicitou informações sobre a possibilidade de implantação de uma entrada de linha, devido à nova LT 500 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2, sendo dotada, a princípio, de banco de reatores de linha manobráveis, bem como a instalação de um 2º banco de autotransformadores de características idênticas ao já planejado,

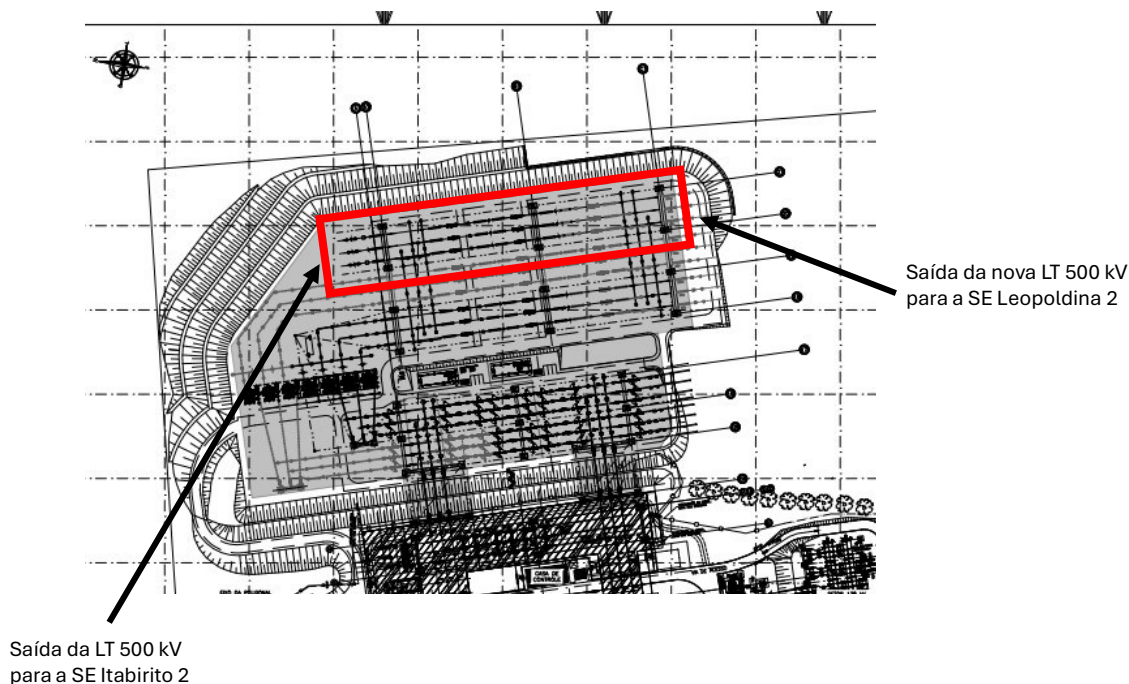
conforme a alternativa 2, descrita no próximo item. A Figura 7-2 mostra croquis enviado pela Transmissora, em resposta à EPE, onde indica a localização proposta para esses equipamentos.



**Figura 7-2 - Diagrama com posicionamento sugerido pela Verde Transmissora na SE 500 kV Santos Dumont 2**

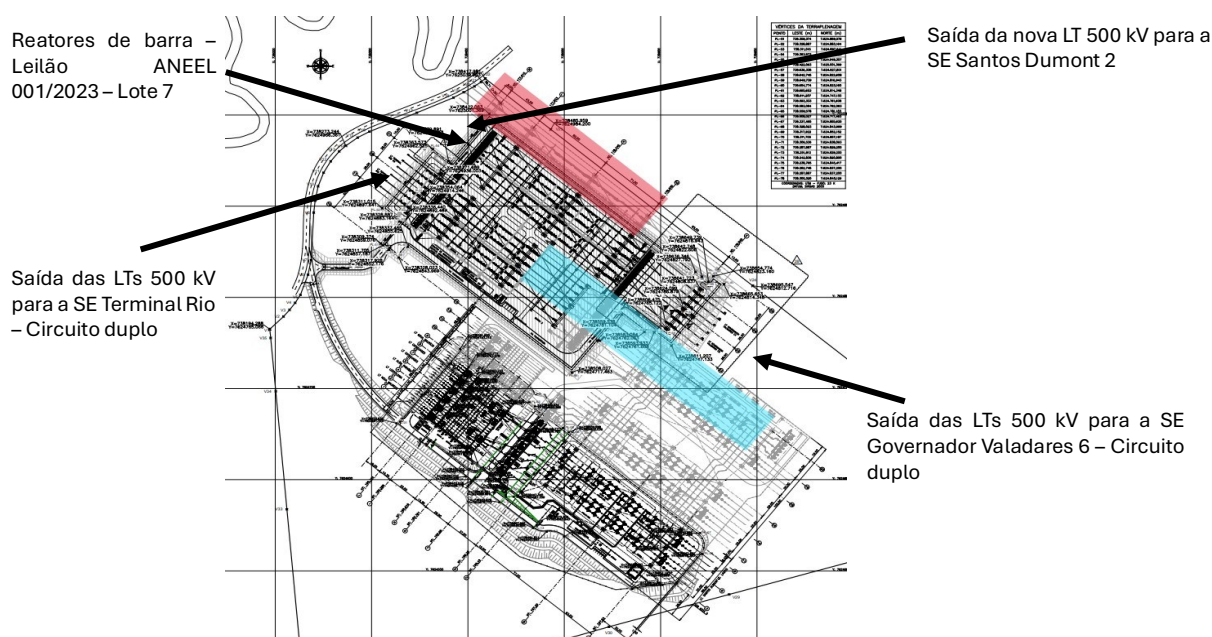
Como a consulta foi feita considerando tanto a nova linha, quanto o 2º banco de autotransformadores 500/345 kV (referente à alternativa 2), a Verde Transmissora posicionou os equipamentos, acertadamente, de modo a otimizar a necessidade de instalação de módulos de interligação de barras (IB), sendo necessário portanto somente uma unidade deste equipamento.

No entanto, caso a alternativa 1 seja a selecionada, a saída da nova linha deverá ser posicionada conforme mostrado na Figura 7-3, de modo a não necessitar de instalação de uma nova interligação de barra (IB). Conforme mostrado no Capítulo 9, não há necessidade de que a nova linha seja dotada de reatores em nenhum dos dois lados.



**Figura 7-3 - Diagrama com posicionamento da nova LT na SE Santos Dumont 2 a ser adotado.**

No caso da subestação Leopoldina 2, a consulta da EPE também solicitou informações sobre a possibilidade de implantação de uma entrada de linha, sendo a nova LT 500 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2, ser dotada, a princípio, de banco de reatores de linha manobráveis nos dois lados, bem como a instalação do 1º banco de autotransformadores 500/345 kV, conforme descrito na alternativa 3 (item 7.4). A Tabela 7-1 mostra croquis enviado pela Transmissora, em resposta à EPE, onde indica a localização proposta para esses equipamentos. A área com destaque em azul refere-se à conexão do lado de baixa tensão do banco de autotransformadores nos barramentos de 345 kV (alternativa 3). A área destacada em vermelho refere-se à área a ser adquirida visando a instalação do banco de reatores de linha manobrável do novo circuito (alternativa 1).



**Figura 7-4 - Diagrama com posicionamento sugerido pela ISA Energia na SE 500 kV Leopoldina 2.**

A Figura 7-5 mostra o posicionamento dos pátios em construção de 345 kV e de 138 kV da subestação Leopoldina 2, bem como o posicionamento do futuro pátio de 500 kV, não sendo previsto, até o momento, expectativa de conexão entre os barramentos de 500 kV e de 345 kV.

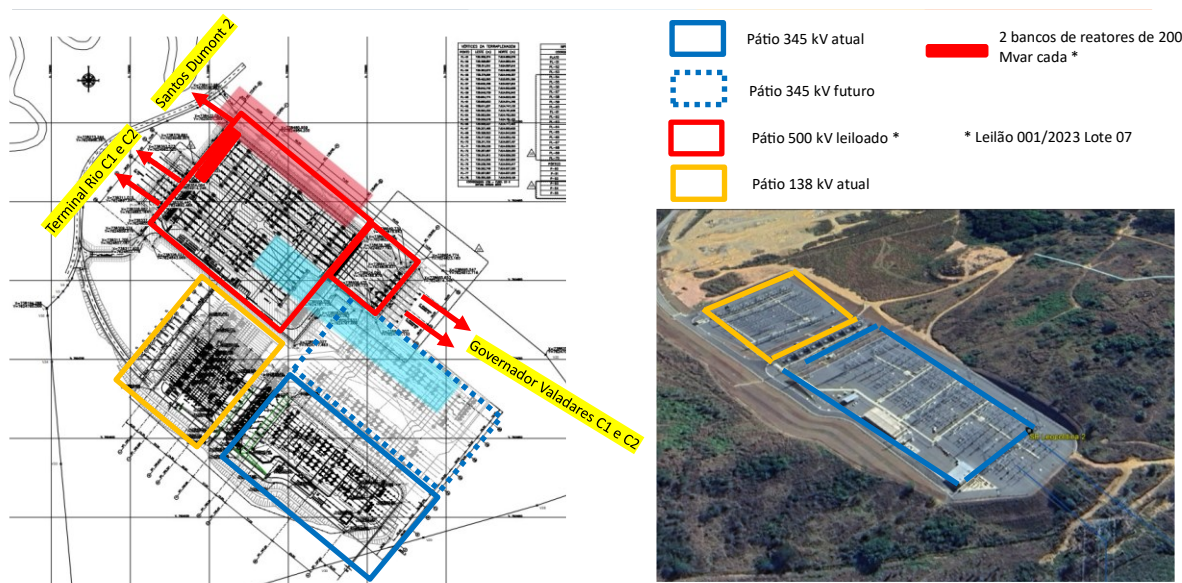


Figura 7-5 – Posicionamento dos pátios de 500 kV, 345 kV e de 138 kV na SE Leopoldina 2

Conforma já exposto, a nova linha de 500 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2 não será dotada de reatores de linha, logo não haverá necessidade de aquisição da área destacada em vermelho na Figura 7-4. A nova saída da linha para a subestação Santos Dumont 2 será realizada no espaço ao lado do banco de reatores.

### 7.3 Alternativa 2 – Ampliação da SE 500/345 kV Santos Dumont 2 com a instalação do 2º banco de autotransformadores de 750 MVA;

A alternativa 2 propõe a ampliação da subestação Santos Dumont 2 com a instalação do 2º banco de autotransformadores 500/345 kV com as características técnicas similares ao do 1º banco.

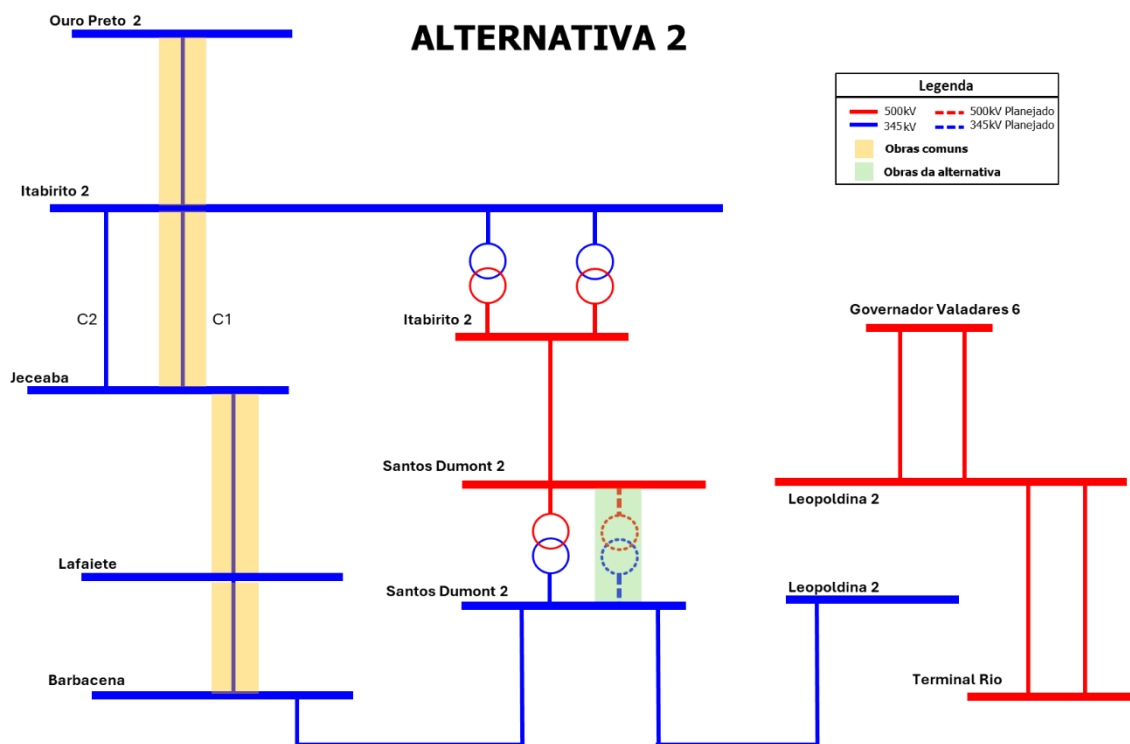


Figura 7-6 - Representação esquemática das obras da alternativa 2

As consultas com relação ao espaço físico na subestação Santos Dumont 2 foi realizada através de [7] e [8], sendo respondidas pelas cartas [9] e [10], respectivamente. Essa documentação está disponibilizada no anexo 14.1 para pronta referência. O item anterior 7.2 comenta com relação ao posicionamento desse novo banco na subestação.

## 7.4 Alternativa 3 - Instalação do 1º banco de autotransformadores na SE 500/345 kV Leopoldina 2 de 750 MVA.

A alternativa 3 propõe a instalação do 1º banco de autotransformadores de 750 MVA na subestação Leopoldina 2.

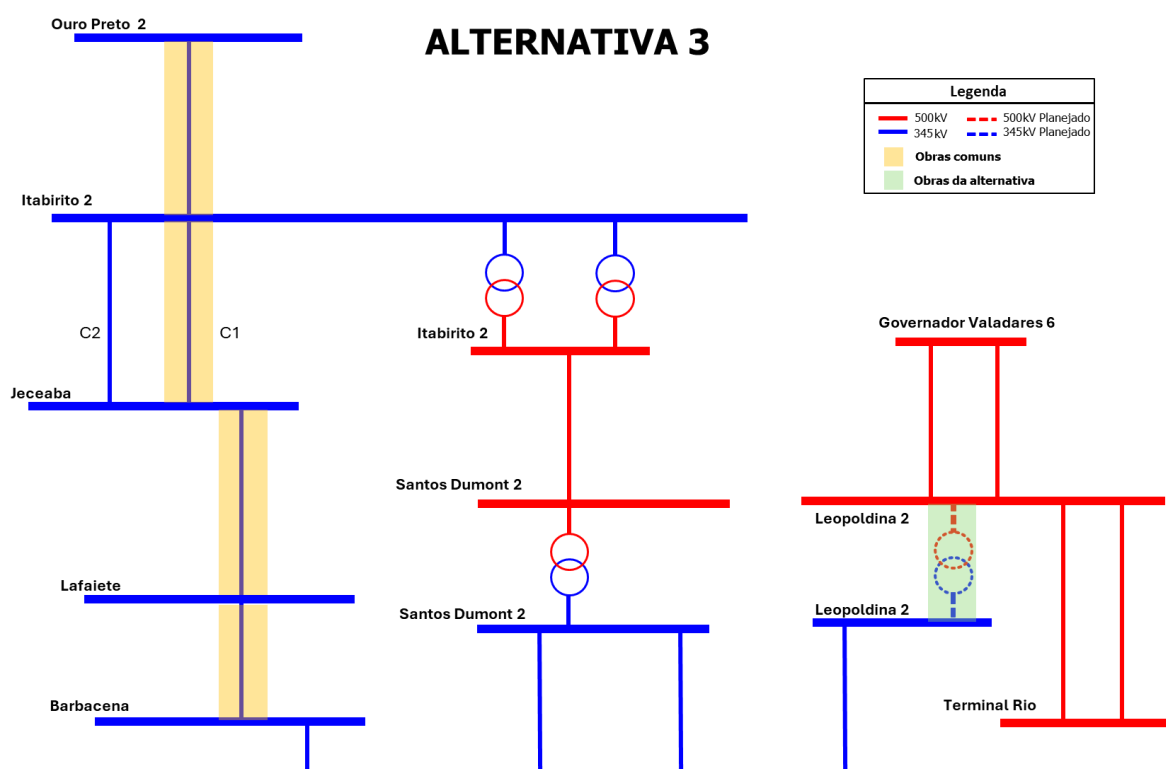


Figura 7-7 - Representação esquemática das obras da alternativa 3.

As consultas com relação aos espaços físicos nas subestações Santos Dumont 2 e Leopoldina 2 foram realizadas através de [7] e [8], sendo respondidas pelas cartas [9] e [10], respectivamente. Essa documentação está disponibilizada no anexo 14.1 para pronta referência. O item anterior 7.2 comenta com relação ao posicionamento desse novo banco na subestação.

## 8 ANÁLISE DE DESEMPENHO DAS ALTERNATIVAS

### 8.1 Alternativa 1

A Figura 8-1, Figura 8-2 e Figura 8-3 mostram os carregamentos das funções de transmissão citadas no Capítulo 6, considerando a implantação das obras da alternativa 1, mostradas na Figura 7-1. Ressalta-se que as análises de efetividade das obras propostas foram realizadas já considerando os casos do PDE 2034, emitidos após o início do estudo.

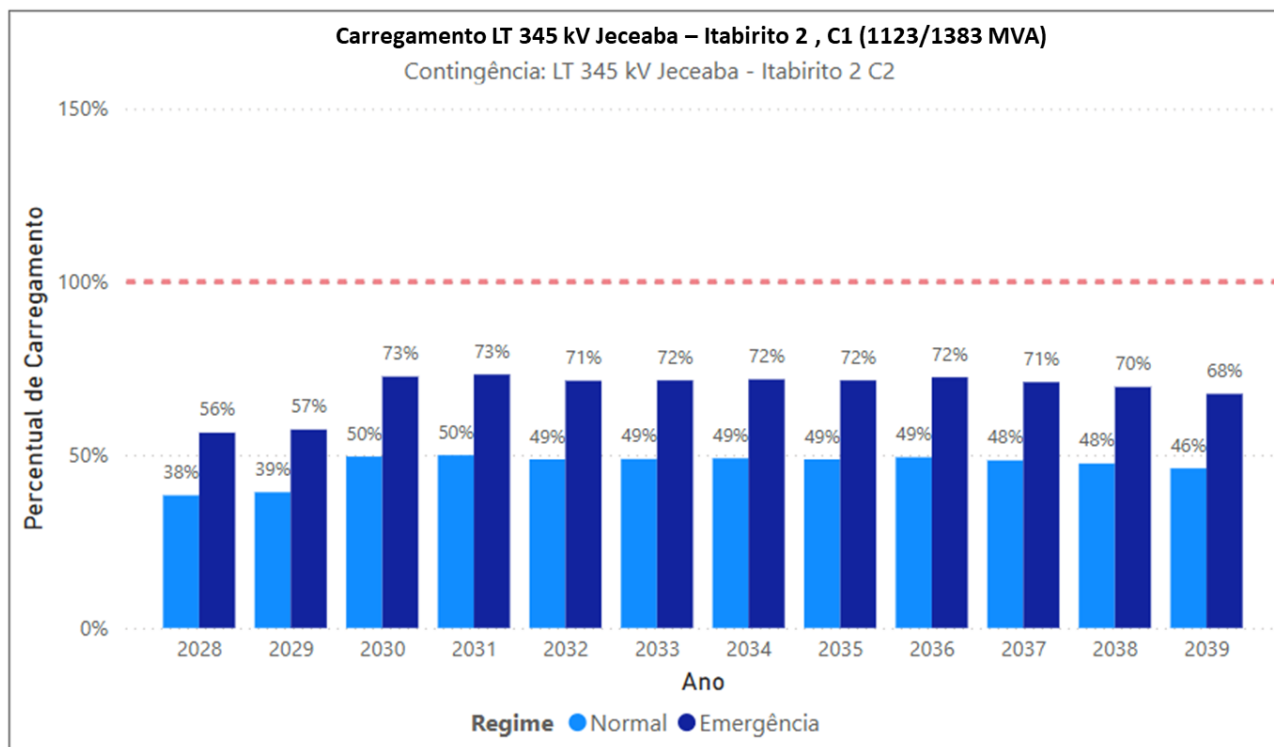


Figura 8-1 - Carregamento da LT 345 kV Jeceaba-Itabirito 2 C1 na contingência da LT 345 kV Jeceaba-Itabirito 2 C2

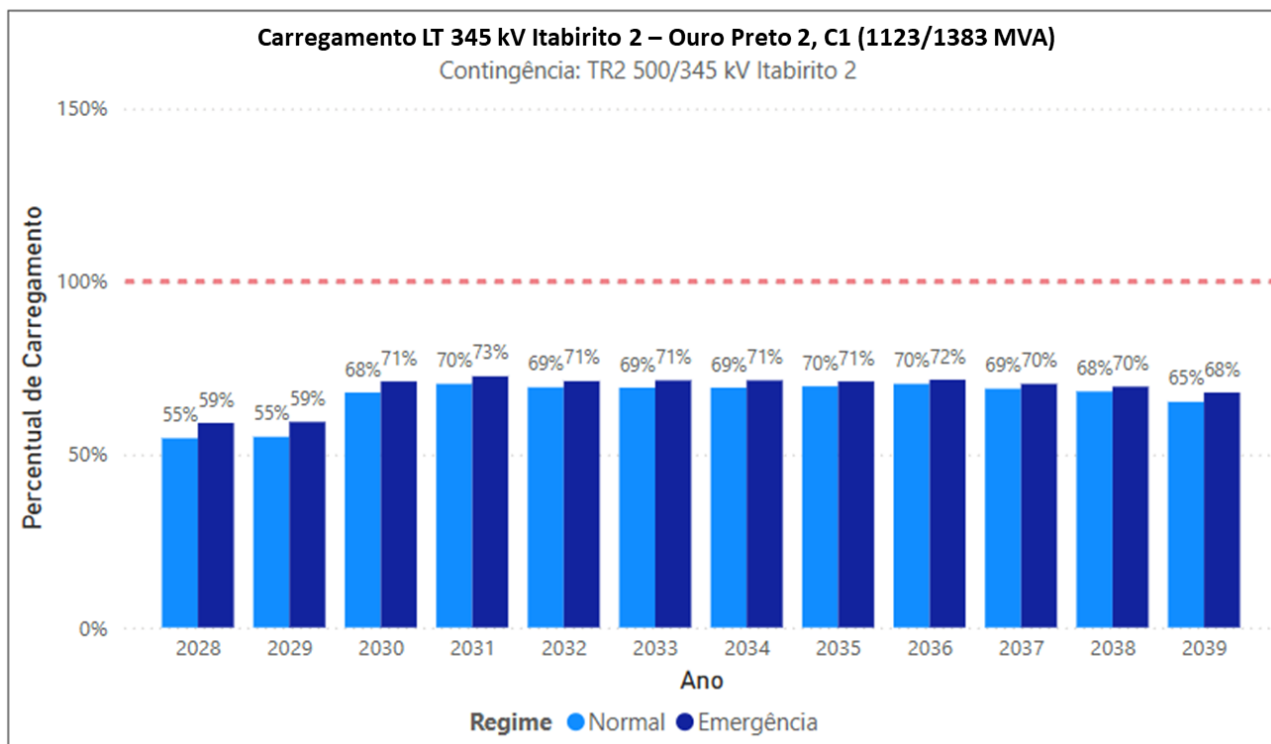


Figura 8-2 - Carregamento da LT 345 kV Itabirito2-Ouro Preto 2 na contingência do TR 500/345 kV da SE Santos Dumont 2

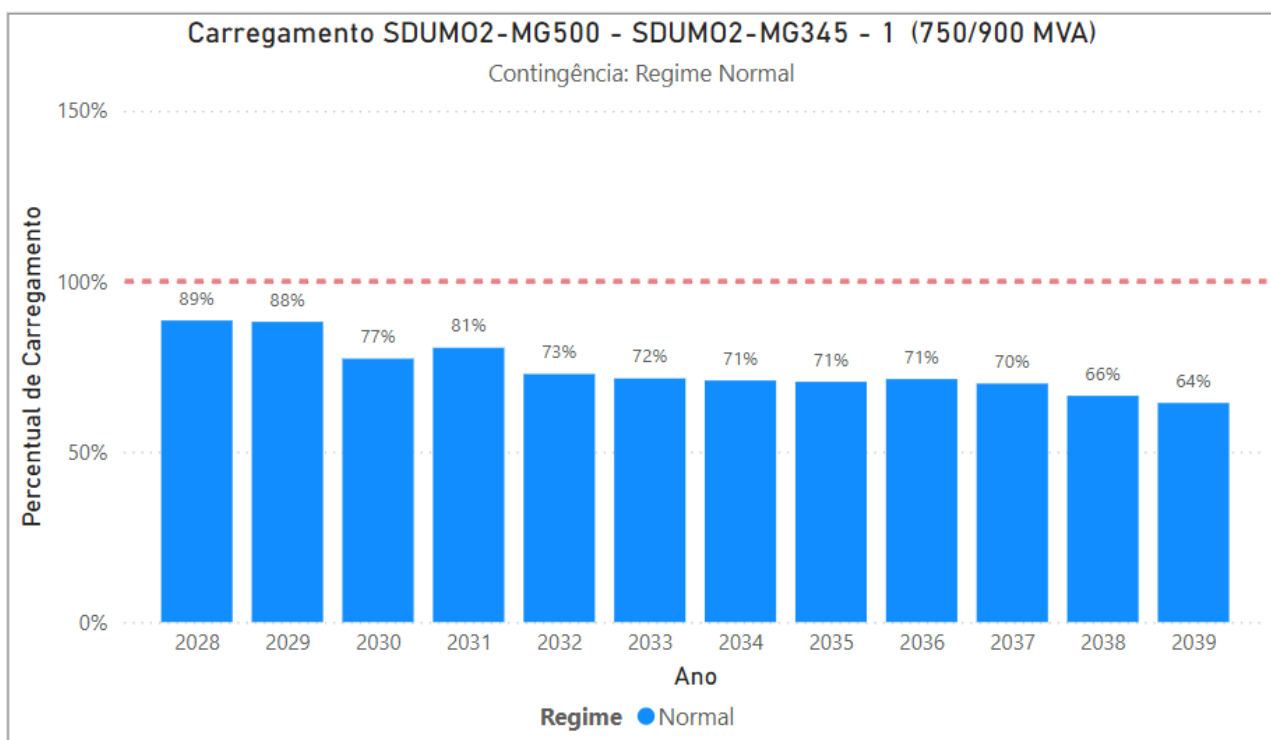
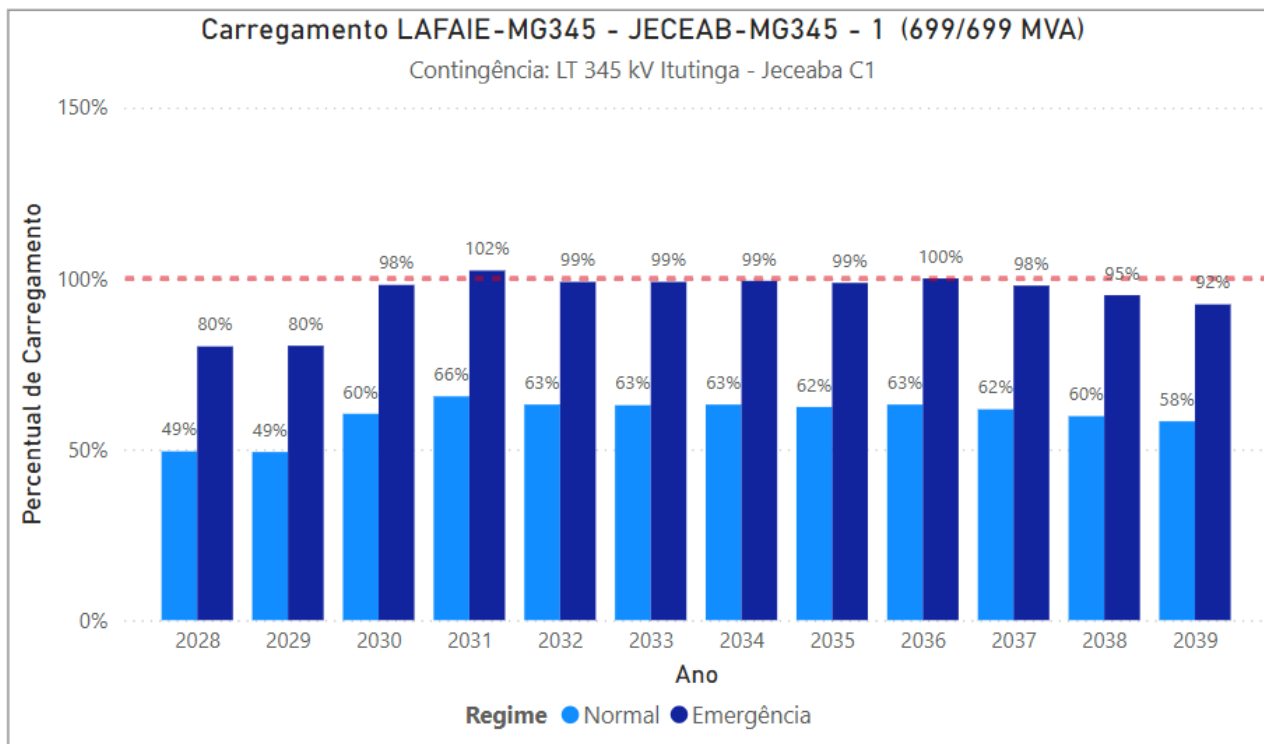


Figura 8-3 - Carregamento da SE 500/345 kV Santos Dumont 2 em condição normal de operação

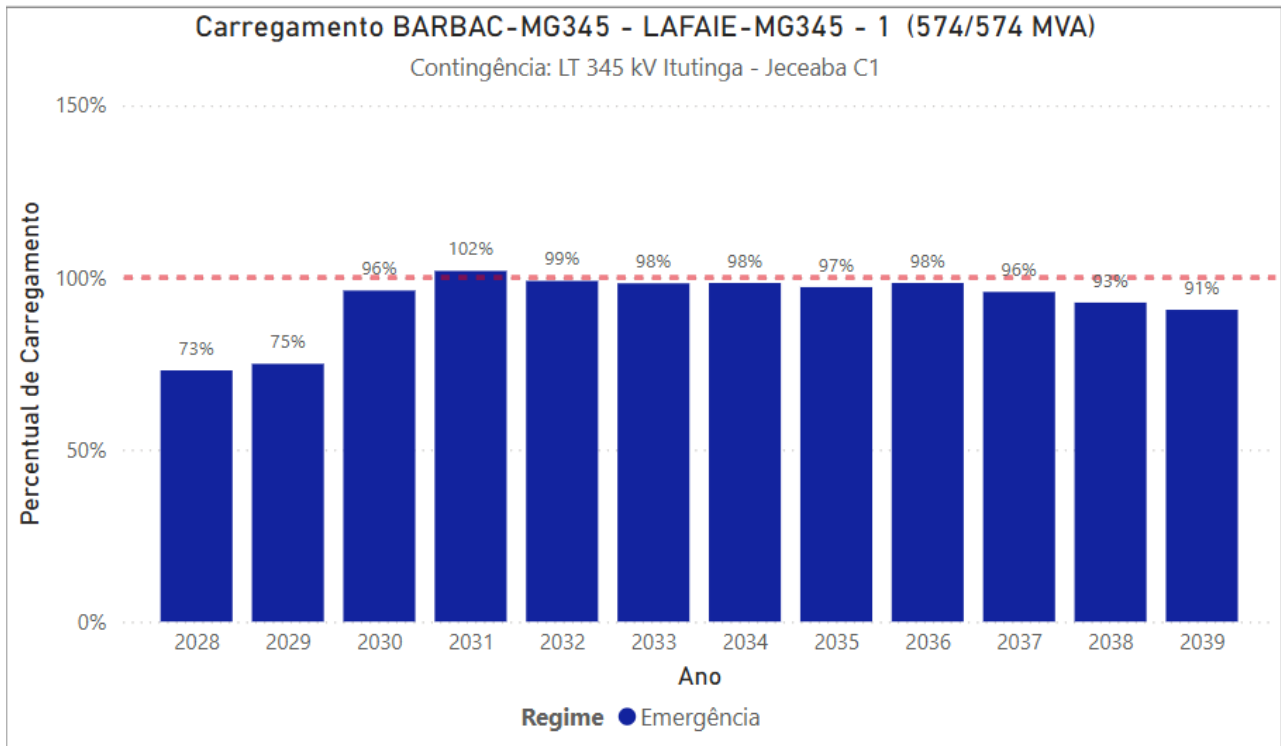
Dos gráficos de carregamento mostrados percebe-se que os problemas de sobrecarga na linha 345 kV Jeceaba-Itabirito 2 C1, na linha 345 kV Itabirito 2 – Ouro Preto 2 e na SE 500/345 kV Santos Dumont ficam eliminados.

No entanto, conforme mostrado na Figura 8-4 e Figura 8-5, a linha 345 kV Lafaiete-Jeceaba e a linha 345 kV Barbacena – Lafaiete, principalmente na contingência da linha 345 kV Itutinga-Jeceaba, apresentam carregamentos próximo aos limites operativos. Desta forma optou-se por considerar a

recapitação dessas linhas como obra indicativas nesta parte 1. Considerando-se a expectativa de baixo tempo de permanência do cenário utilizado como dimensionador, conforme descrito no item 5.2, e considerando a viabilidade técnica e econômica da recapitação dessas linhas, essas recapitações serão reavaliadas na parte 2 desse estudo, juntamente com a área central, conforme explicado no Capítulo 1.



**Figura 8-4 - Carregamento da LT 345 kV Lafaiete-Jeceaba na contingência da linha 345 kV Itutinga-Jeceaba**



**Figura 8-5 - Carregamento da LT 345 kV Barbacena-Lafaiete na contingência da LT 345 kV Itutinga-Jeceaba.**

Após a entrada em operação da nova LT 500 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2, foi verificada a possibilidade de sobrecargas acima da capacidade de emergência no autotransformador 500/345 kV da SE Santos Dumont 2 na perda dupla do circuito 500 kV Leopoldina – Terminal Rio C1 e C2, em cenários de elevada exportação da região Nordeste do País coincidentemente com alta geração fotovoltaica em Minas Gerais. Diante disso, foram avaliadas possíveis medidas operativas que poderiam ser implementadas para mitigar as consequências dessa contingência dupla.

Entre as alternativas consideradas satisfatórias, destacam-se a abertura da LT 500 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2 e/ou da LT 345 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2, o desligamento da transformação 500/345 kV da SE Santos Dumont 2, ou o corte de geração fotovoltaica no norte do estado. Ressalta-se que essas medidas serão avaliadas futuramente pelo ONS, caso a possibilidade dessa sobrecarga se confirme dentro do seu horizonte de análise.

Nesse contexto, a ampliação da SE 500/345 kV, com a instalação de um 2º banco de autotransformadores será considerada como obra indicativa, sujeita a reavaliações futuras. Caso se consolide a necessidade de se resolver o problema descrito, essa ampliação será a alternativa mais econômica, confirmando-se como adequada a estratégia de se considerar esta obra de ampliação como indicativa.

Reforça essa decisão o fato de, conforme já mostrado no Capítulo 7, não haver limitações de espaço físico na subestação para essa ampliação. Além disso, está em andamento na EPE um estudo referente à novas ampliações da interligação Nordeste-Sudeste, com a provável recomendação da implantação de um novo elo de corrente contínua. Esse conjunto de obras irá demandar reforços nos eixos de 500 kV no estado de Minas Gerais, que poderão reduzir os carregamentos no sistema de 345 kV da Mantiqueira. Dessa forma, a recomendação de não consolidação das obras indicativas

neste momento faz-se mais prudente, de modo a evitar investimentos com possibilidades de arrependimentos futuros. Assim, a data de necessidade dessa ampliação poderá ser ratificada na parte 2 deste Relatório. Caso seja confirmada, o 2º banco de autotransformadores 500/345 kV da SE Santos Dumont 2 deverá ser posicionado conforme mostrado na Figura 7-3, com a mesma impedância do 1º banco e demais características técnicas.

Assim, a Tabela 8-1 e a Tabela 8-2 mostram as obras classificadas como indicativas. Desta forma, os respectivos processos de outorga não devem ser iniciados de imediato, conforme explicado no Capítulo 1 e no Capítulo 2.

**Tabela 8-1 – Recapacitações de LTs - Obras indicativas**

Linha de Transmissão	Tensão (kV)	Serviço	Extensão (km)	Prazo de execução(meses)
Jeceaba - Lafaiete	345	Substituição por cabo de liga de alumínio (CAL) - 2 x 1120 993 Kcmil/fase	27,5	28
Lafaiete - Barbacena	345	Substituição por cabo de liga de alumínio (CAL) - 2 x 1120 993 Kcmil/fase	62,4	40

**Tabela 8-2 – Ampliação da SE 500/345 kV Santos Dumont 2 - Obra indicativa**

Subestação	Equipamento
Santos Dumont 2	2º Banco de autotransformadores 500/345/13,8 kV (3 x 250 MVA) c/Terciário e LTC

Para permitir a operação das linhas recapacitadas da Tabela 8-1 será necessária a adequação dos equipamentos relacionados na Tabela 8-3 e Tabela 8-4, uma vez que as capacidades das linhas após os serviços de recapacitação serão de 1.880 (A) longa duração e de 2.315 (A) curta duração, conforme já exposto.

**Tabela 8-3 – Equipamentos terminais com capacidade superada – Obras indicativas – LT 345 kV Jeceaba-Lafaiete**

Subestação	Equipamento	Capacidade atual (A)
Jeceaba	Chave seccionadora (5P3)	2.000
	Chave seccionadora (5P5)	2.000
	Chave seccionadora (6P3)	2.000
	Chave seccionadora (6P5)	2.000
	Chave seccionadora (6P8)	2.000
	Relação de TC (5P)	1.200
	Relação de TC (6P)	1.200
Lafaiete	Chave seccionadora (3P8)	2.000
	Chave seccionadora (4P3)	2.000
	Chave seccionadora (4P5)	2.000
	Relação de TC (3P)	1.200
	Relação de TC (4P)	1.200

**Tabela 8-4 – Equipamentos terminais com capacidade superada – Obras indicativas – LT 345 kV Lafaiete-Barbacena**

Instalação	Denominação do objeto técnico	Capacidade (A)
SE Barbacena 2	Chave seccionadora (3P3)	2000
SE Barbacena 2	Chave seccionadora (3P5)	2000
SE Barbacena 2	Chave seccionadora (3P8)	2000
SE Barbacena 2	Chave seccionadora (4P3)	2000
SE Barbacena 2	Chave seccionadora (4P5)	2000
SE Barbacena 2	Bobina de bloqueio	1200
SE Barbacena 2	Relação de TC (3P)	1200
SE Barbacena 2	Relação de TC (4P)	1200
SE Lafaiete 1	Chave seccionadora (2P3)	2000
SE Lafaiete 1	Chave seccionadora (2P5)	2000
SE Lafaiete 1	Chave seccionadora (2P8)	2000
SE Lafaiete 1	Bobina de bloqueio	1200
SE Lafaiete 1	Transformador de corrente (2P)	2000

Está previsto também a substituição dos cabos para-raios nas linhas 345 kV Jeceaba-Lafaiete e Lafaiete-Jeceaba por conta dessas recapacitações.

Os custos das obras determinativas e das obras indicativas estão mostrados no item 14.3. Os custos das recapacitações foram levantados pela Cemig Geração e Transmissão em [5]. As obras indicativas serão registradas com uma data de necessidade referencial de 2039.

## 8.2 Alternativa 2

A alternativa 2, apesar de eficaz para solucionar a sobrecarga na SE 500/345 kV Santos Dumont 2, foi considerada inferior tecnicamente à alternativa 1. Esta decisão é justificada pelo fato de que, para o cenário energético considerado, conforme item 5.2, a expectativa é de um tempo de permanência muito reduzido da sobrecarga, que ocorreria apenas no período diurno, por volta das 13 horas, quando a insolação atinge seu pico, coincidentemente com os valores máximos de intercâmbio da região do Nordeste do País para o Sudeste. Assim, esse 2º banco de autotransformadores não contribuiria para outros benefícios sistêmicos relevantes, além da redução no carregamento do banco de autotransformadores existentes nessas condições específicas.

A Tabela 8-5 mostra os valores percentuais de carregamento no ano de referência 2030, no banco de autotransformadores 500/345 kV da subestação Santos Dumont 2, em condições normais de operação, em diferentes cenários. A sobrecarga ocorre somente no cenário de carga máxima diurna do período seco, considerando a maximização do fluxo da interligação Nordeste - Sudeste.

**Tabela 8-5 – Carregamento SE 500/345 kV Santos Dumont 2 em diversos cenários**

Cenário	Carregamento (%)
Máximo diurno seco	109,0
Máximo diurno úmido	88,4
Máximo noturno Seco	58,3
Máximo noturno úmido	60,5
Mínimo noturno seco	26,1
Mínimo noturno úmido	27,2

Percebe-se, portanto, que a sobrecarga apontada ocorre em um cenário específico, caracterizado por um período restrito por volta das 13 horas, quando a geração solar está elevada devido aos níveis de insolação deste horário. Numa análise expedita, pode-se estimar o tempo de permanência desta sobrecarga considerando a sua ocorrência por 3 horas diárias (das 11 horas às 14 horas), em 22 dias no mês (nos finais de semana, em especial, o intercâmbio entre as regiões Nordeste e Sudeste não tende a ser maximizado por conta da carga reduzida, que já consegue ser atendida pela geração local) e durante 7 meses por ano (período seco, de maio a novembro). Isso corresponde a aproximadamente apenas 5,34% do tempo total anual.

Deve-se destacar que o cálculo apresentado é conservador, uma vez que se pressupõe que, em todos os dias úteis do período de maio a novembro, o intercâmbio Nordeste – Sudeste será operado em seu valor máximo durante o período diário de maior geração solar, sem eventuais cortes por razões energéticas ou de confiabilidade. Desta forma, considerando-se que não há benefícios sistêmicos relevantes com a ampliação da SE 500/345 kV Santos Dumont 2, além da mitigação da sobrecarga nessa transformação, cuja ocorrência é esperada apenas em um tempo de permanência reduzido, optou-se, apesar de demandar um investimento cerca de 50% superior (conforme Anexo 14.3), pela implantação da nova linha 500 kV proposta na alternativa 1. Ressalta-se que essa nova linha irá agregar benefícios sistêmicos adicionais, como o fechamento de um anel na malha de transmissão 500 kV da região Mantiqueira de Minas Gerais, o que aumentará a confiabilidade, e os níveis de curto-circuito da região que, conforme apresentado no item 11, são consideravelmente

baixos. Com isso, espera-se também uma melhora nos níveis de tensão e no desempenho dinâmico da região frente a contingências.

### 8.3 Alternativa 3

A alternativa 3 não se mostrou eficaz para solução do problema sendo então prontamente descartada pois não permitiu uma redução satisfatória no carregamento da SE 500/345 kV Santos Dumont 2, conforme mostrado na Tabela 8-6.

**Tabela 8-6 – Percentual de carregamento da SE 500/345 kV Santos Dumont 2 – alternativa 3**

Percentual de carregamento normal corrigido pela tensão [%]											
2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
77,6	77,9	110,1	114,6	103,9	104,5	104,4	103,2	104,0	102,4	100,2	97,0

Portanto, conforme o exposto neste Capítulo serão selecionadas as obras da alternativa 1.

## 8.4 Solução através de FACTS

Devido ao fato de as sobrecargas não terem valores elevados e a expectativa de que o cenário determinativo de obras ter um baixo tempo de permanência, foi realizada uma avaliação considerando-se a aplicação de equipamentos de eletrônica de potência, para redução dos fluxos passantes. Desta forma analisou-se uma solução através da utilização de equipamentos com tecnologia SSSC (Static Synchronous Series Compensator) que tem como característica básica a injeção de uma tensão em quadratura com a corrente da linha, simulando desta forma uma reatância indutiva ou uma reatância capacitiva em série com a linha, permitindo um certo controle no carregamento dos respectivos circuitos.

Como resultado de consulta feita a um dos fabricantes desse tipo de equipamento, a Tabela 8-7 mostra os equipamentos necessários, bem como os respectivos custos considerando-se uma taxa cambial de R\$ 5,70 por dólar. A quantidade de equipamentos necessários para a linha 345 kV Itabirito 2 – Jeceaba C1 foi determinada considerando-se como necessária a instalação do equipamento da linha 345 kV Itabirito 2 – Ouro Preto 2. Esses equipamentos resolvem os problemas de sobrecarga citados nas linhas, porém não atendem a questão da sobrecarga da SE 500/345 kV Santos Dumont 2. Desta forma a comparação econômica correta a ser feita é entre os equipamentos deste tipo versus as recapacitações indicadas, uma vez que as recapacitações também não resolvem o problema da subestação.

Linha de transmissão	Equipamentos por fase	Quantidade Total	Custo unitário (U\$ milhões)	Custo total (U\$ milhões)	Custo total (R\$ milhões)
LT 345kV Itabirito2-Ouro Preto 2, C1	1 SV 10-1800	3	1,13	3,39	19,32
LT 345kV Itabirito2-Jeceaba, C1	4 SV 10-1800	12	1,13	13,56	77,30
Total	-	15		16,95	96,62

**Tabela 8-7 – Estimativa de quantitativo e custos para solução com equipamentos FACTS**

Considerando que os custos das recapacitações das linhas citadas totalizam cerca de R\$ 77,2 milhões, as recapacitações mostram-se mais atrativas economicamente, bem como também agregam capacidade ao sistema, o que torna essas obras mais eficientes sob o ponto de vista operacional, neste estudo em particular, com os critérios adotados.

## 9 ENERGIZAÇÃO E REJEIÇÃO

---

Este Capítulo analisa as condições para energização e rejeição da nova linha 500 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2, em regime permanente, de modo a se verificar a necessidade de alguma compensação reativa nessa linha.

### 9.1 Energização

Utilizou-se para essa análise o cenário de carga noturna mínima no período seco, no ano 2030, devido aos baixos carregamentos do sistema de 500 kV da região da Mantiqueira, ocasionando, desta forma, valores de tensão mais elevados. Os valores dos carregamentos percentuais de todos os circuitos de 500 kV localizados no estado de Minas Gerais e dos estados vizinhos que se conectam com alguma subestação do estado estão ilustrados no Anexo 14.5, com destaque para os poucos circuitos que apresentam carregamentos acima de 20%. A média de carregamento é de 18%, o que pode ser considerado satisfatório para análises de energização, por ser um percentual de carregamento de valor bastante reduzido.

A Figura 9-1 mostra diagrama do ANAREDE contemplando a nova linha 500 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2 no cenário citado. Foram consideradas executadas até 2030 todas as obras citadas no Capítulo 4. Assim, a subestação 500 kV Santos Dumont 2 está dotada de um banco de reatores de 100 Mvar e a subestação 500 kV Leopoldina 2 está dotada de dois bancos de reatores de 200 Mvar cada. Há também um compensador estático de reativos no barramento de 345 kV da subestação Santos Dumont 2, de capacidade de -80/100 Mvar, já existente.

Percebe-se no diagrama que os valores de carregamento das linhas de 500 kV: Itabirito 2 – Santos Dumont 2, Governador Valadares 6 – Leopoldina 2 (C1 e C2) e Leopoldina 2 – Terminal Rio (C1 e C2), estão menores do que na os mostrados no Anexo 14.5 devido ao efeito da nova linha, agravando a possibilidade de sobretensões.

Considerou-se um ponto de operação no qual todos os bancos de reatores citados estão ligados, e um ajuste de tensão tal que permitiu que o compensador estático esteja numa posição neutra. Para a análise de energização será considerado o *load tap changer* da subestação 500/345 kV Santos Dumont 2 inoperativo.

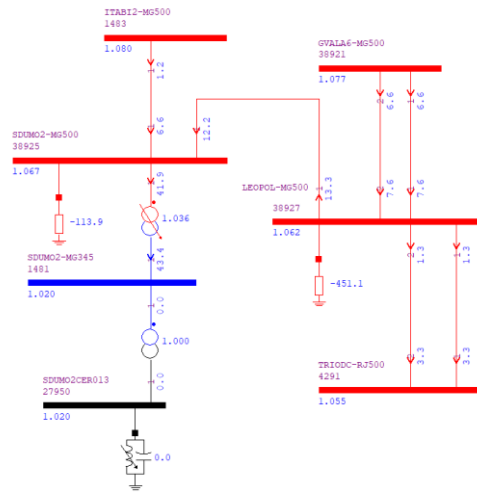


Figura 9-1 - Ponto de operação considerado para a análise de energização da nova LT

A Figura 9-2 e Figura 9-3 mostram os valores de tensão considerando a energização da nova linha pelo lado da subestação Santos Dumont 2 e pelo lado da subestação Leopoldina 2, respectivamente.

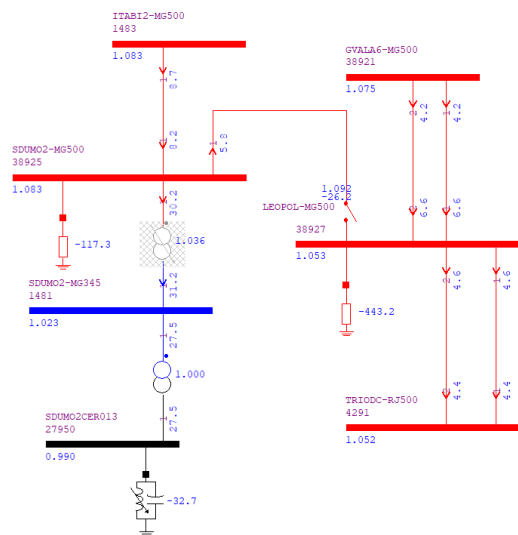
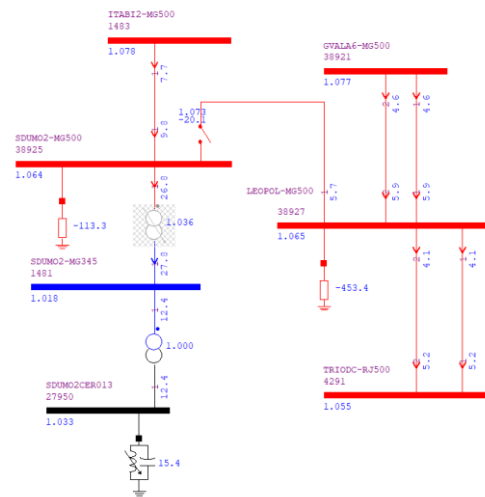


Figura 9-2 – Energização da LT 500 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2 pelo lado da subestação Santos Dumont 2



**Figura 9-3 - Energização da LT 500 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2 pelo lado da subestação Leopoldina 2**

Percebe-se que não há extrapolação dos limites máximos de tensão (1,10 pu) em nenhuma barra de 500 kV, bem como não há extrapolação do limite máximo de terminal aberto (1,20 pu) em nenhuma das situações. A variação de tensão na barra de 500 kV Santos Dumont 2 foi de 1,5% e na subestação Leopoldina 2 foi de 0,3%, bem abaixo dos limites aceitáveis (5%). Percebe-se, também, folga na excursão da faixa do compensador estático de reativos, o que indica que os equipamentos para controle de sobretensões na região analisada estão condizentes com as necessidades sistêmicas com relação a esse quesito. Conclui-se, portanto, que não se vislumbra problemas para energização dessa nova linha, por quaisquer dos lados.

## 9.2 Rejeição

Utilizou-se para essa análise o cenário de carga máxima diurna no período seco, no ano 2030, devido aos maiores carregamentos do sistema de 500 kV da região da Mantiqueira, o que implica que os bancos reatores estejam fora de operação, devido à expectativa de tensões reduzidas neste cenário.

Considerou-se um ponto de operação no qual todos os bancos de reatores citados estão desligados, e um ajuste de tensão tal que permitiu que o compensador estático esteja numa posição neutra. Para a análise de rejeição também será considerado o *load tap changer* da subestação 500/345 kV Santos Dumont 2 inoperativo.

A Figura 9-4 mostra o ponto de operação ajustado para a análise de rejeição.

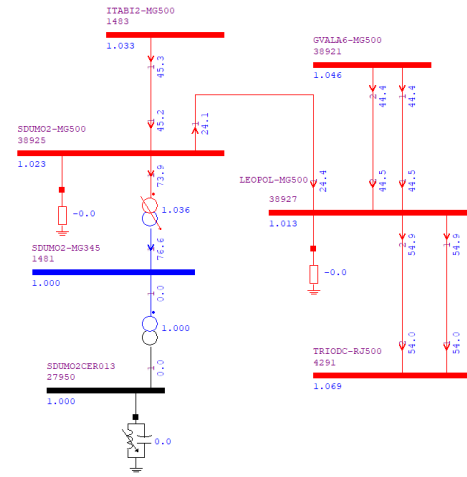


Figura 9-4 - Ponto de operação considerado para análise de rejeição da nova LT

A Figura 9-5 e Figura 9-6 mostram os valores de tensão considerando a rejeição da nova linha pelo lado da subestação Santos Dumont 2 e pelo lado da subestação Leopoldina 2, respectivamente.

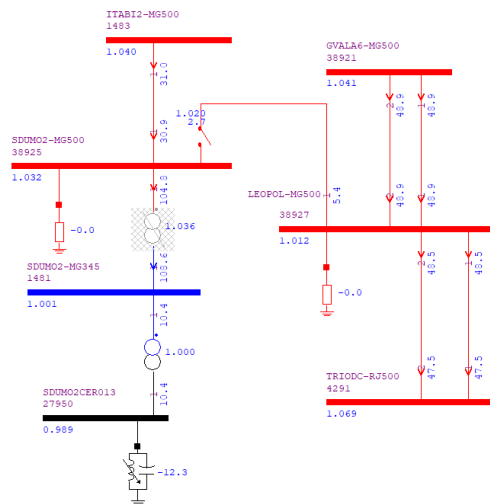


Figura 9-5 - Rejeição da LT 500 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2 pelo lado da subestação Santos Dumont 2.

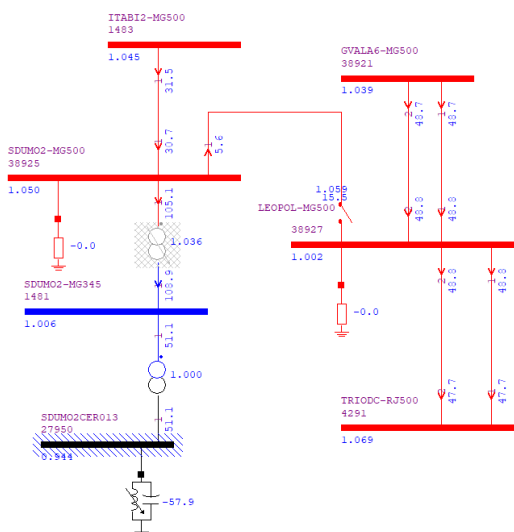


Figura 9-6 - Rejeição da LT 500 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2 pelo lado da subestação Leopoldina 2

Percebe-se que não há extrapolação dos limites máximos de tensão (1,10 pu) em nenhuma barra de 500 kV, bem como não há extrapolação do limite máximo de terminal aberto (1,20 pu) em nenhuma das situações. A variação de tensão na barra de 500 kV Santos Dumont 2 foi de 2,8 % e na subestação Leopoldina 2 foi de 0,99%, bem abaixo dos limites aceitáveis (5%). A pequena redução na tensão da subestação 500 kV Leopoldina 2 deve-se ao fato de que, apesar da expectativa de aumento dos valores de tensão devido ao efeito capacitivo da linha aberta, há um aumento no carregamento dos circuitos de 500 kV Governador Valadares 6 – Leopoldina 2, C1 e C2, por conta desta alteração de topologia, aumentando o consumo de potência reativa nesses circuitos, compensando o reativo gerado pela rejeição da nova linha. Percebe-se, também, folga na excursão da faixa do compensador estático de reativos, o que indica que os equipamentos para controle de sobretensões na região analisada estão condizentes com as necessidades sistêmicas com relação a esse quesito. Conclui-se, portanto, que não se vislumbra problemas no caso de rejeição de quaisquer de um dos lados dessa nova linha.

Das análises dos itens 9.1 e 9.2, conclui-se que a região está robusta em termos de equipamentos para controle de sobretensões, inclusive no quesito referente à energização da nova linha e na questão de rejeição com o desligamento em um dos lados somente.

# 10 AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA DE LINHA DE TRANSMISSÃO AÉREA

Neste capítulo são apresentadas as análises técnicas e de otimização visando definir as especificações básicas da nova Linha de Transmissão (LT) aérea, em Circuito Simples (CS), conforme descrito na Tabela 10-1.

Tabela 10-1 Nova Linha de Transmissão

	Linha	Tensão	Tipo	Comprimento [km]
<b>LT1</b>	LT Santos Dumont 2 – Leopoldina 2, C1	500 kV	CS	97

Os resultados obtidos nas análises foram extraídos diretamente do programa ELEKTRA, desenvolvido pelo CEPEL [16].

## 10.1 Nova LT 500 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2

Os dados ambientais predominantes e preliminares para as análises técnicas e definição das capacidades de corrente estão dispostos na Tabela 10-2. Nota-se que a temperatura do ar corresponde à maior máxima média mensal registrada na estação de medição localizada em Juiz de Fora/MG [17].

Tabela 10-2 Dados do ambiente

	LT1
Temperatura do ar [°C]	28
Vento p/ cálculo de temperatura [m/s]	1
Radiação solar [W/m <sup>2</sup> ]	1000
Altitude média [m]	479
Altitude máxima [m]	925
DRA <sup>1</sup> [p.u.]	0,89
Vento p/ balanço [km/h] (50 anos, 30 s, 10 m)	120

(1) Densidade Relativa do Ar adotada para verificação de efeito corona visual.

Na Tabela 10-3 estão apresentados os parâmetros econômicos considerados na otimização. Os fluxos e fator de perdas utilizados estão apresentados na Tabela 10-4. Já a Tabela 10-5 apresenta os carregamentos máximos verificados nos estudos de fluxo de potência em condição normal de operação e em emergência, decorrente de contingência da linha 500 kV Leopoldina 2 – Terminal Rio C1 ou C2.

Tabela 10-3 Dados para avaliação econômica

Custo das perdas de energia [R\$/MWh]	218,31
Período [anos]	30
Taxa de desconto anual [%]	8
Banco de preços	Ref. ANEEL – 2024/04 <sup>1</sup>

Tabela 10-4 Dados do sistema – Fluxos para cálculo de perdas – LT1

Duração [Anos]	LT1	
	Fluxo <sup>1</sup> [MVA]	Fator de Perdas
1	393,7	0,69
1	419,4	0,65
1	425,9	0,66
1	450,4	0,64
1	498,1	0,59
1	516,8	0,59
1	535,0	0,59
1	539,7	0,67
22	543,1	0,70

<sup>(1)</sup> Fluxos verificados à tensão nominal.

Tabela 10-5 Dados do sistema – Fluxos máximos observados para diferentes condições de operação

LT1	Fluxo <sup>1</sup> [MVA]	
	Normal	Emergência
	620,2	886,1

<sup>(1)</sup> Fluxos verificados à tensão nominal.

Nessas análises, adotou-se estruturas com geometria de fases triangular. Na Seção 10.4 constam as coordenadas finais, após a otimização, dos cabos na torre e flechas para a silhueta típica. Por fim, considerou-se apenas cabos condutores tipo CAA, com diferentes bitolas e formações, e cabos para-raios EAR 3/8” e OPGW 13,3 mm.

## 10.2 Critérios Para Análises Elétricas e Comparações Econômicas

Na definição das capacidades de corrente, os valores a serem especificados devem atender minimamente aos fluxos observados no estudo, em condição normal e emergência. Adicionalmente, para as novas LT, deve-se buscar adotar 65 °C como limite superior de temperatura nos cabos condutores em condição normal de operação e 90 °C em condição de emergência. Com relação aos níveis de emissão eletromagnética, esses devem observar os requisitos mínimos

definidos em [18]. Essas restrições, juntamente com o balanço dos cabos, devem ser observadas de forma a definir uma estimativa inicial para a faixa de segurança e o conjunto de cabos condutores tecnicamente viáveis.

As configurações com custos totais, de instalação e perdas, com diferenças de até 3 % são consideradas economicamente equivalentes. Como critérios de desempate, pode-se considerar, por exemplo, os custos de instalação, a padronização com soluções existentes e a robustez da solução.

### 10.3 Avaliações Econômicas

#### 10.3.1 Seleção dos cabos condutores – LT1: LT 500 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2, C1, CS

Após as análises realizadas pelo programa ELEKTRA, identificou-se que as soluções economicamente equivalentes, dentre as soluções candidatas, são aquelas apresentadas na Tabela 10-6.

Como pode se verificar, a configuração de menor custo total é a configuração 4 x TERN (795 MCM). Desse modo, essa será a configuração recomendada para utilização nesta LT.

Tabela 10-6 Configurações com menor custo total – LT1

Cabo condutor		Custos (1000 x R\$/km)			Relação entre custo total e o menor custo total [%]
Nome	Nº de subcond. por fase	Instalação	Perdas	Total	
<b>TERN</b>	<b>4</b>	<b>1961,8</b>	<b>390,8</b>	<b>2352,6</b>	<b>100,0</b>
GROSBEAK	4	1903,5	492,6	2396,1	101,9
GANNET	4	1947,7	464,8	2412,5	102,5
RUDDY	4	2085,2	336,2	2421,4	102,9

### 10.4 Características Técnicas da Solução de Referência

#### 10.4.1 Características elétricas – LT1: LT 500 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2, C1, CS

Tendo em vista os resultados das análises realizadas, os parâmetros elétricos e capacidades de corrente especificadas para esta LT estão sumarizados na Tabela 10-7.

Tabela 10-7 Características elétricas básicas da LT 500 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2, C1, CS

Tipo	Cabo	Capacidade por circuito [A]		Parâmetros de sequência a 50 °C			
		Normal	Emerg.	seq.	r [ $\Omega$ /km]	x [ $\Omega$ /km]	b [ $\mu$ S/km]
Circuito Simples	CAA 4 x TERN (795 MCM)			+	0,0209	0,3094	5,2924
		3320	4200	0	0,3315	1,1905	3,0064
				mut.0	-	-	-

A Tabela 10-1, extraída do ELEKTRA, apresenta um sumário dos resultados técnicos da nova LT em CS, incluindo o vão médio de 500 m utilizado na análise referencial.

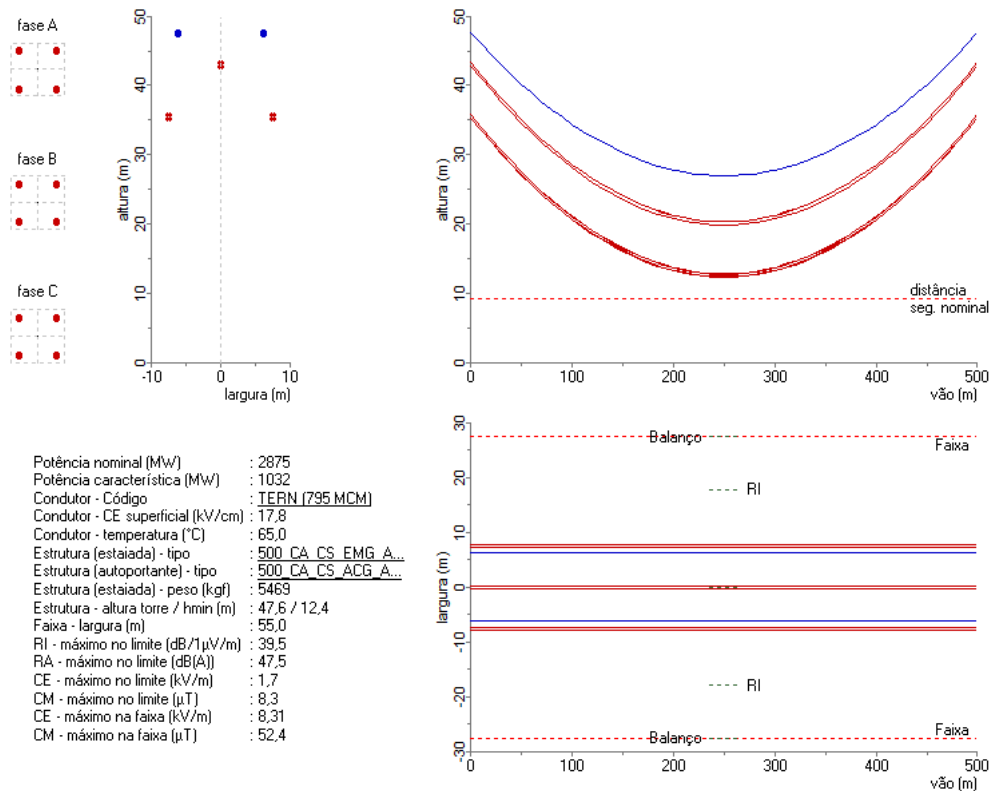


Figura 10-1 - Dados técnicos básicos da LT 500 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2, C1, CS

### 10.4.2 Características construtivas – LT1: LT 500 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2, C1, CS

Considerando os resultados das simulações realizadas, as coordenadas dos centros dos feixes de condutores e dos cabos para-raios da silhueta típica, bem como as respectivas flechas, estão apresentadas na Tabela 10-8. Ressalta-se que o espaçamento entre os subcondutores dos feixes é de 45,72 cm.

Tabela 10-8 Coordenadas da silhueta típica da LT1 500 kV em CS

Elemento	X [m]	Y [m]	Flecha [m]
Feixe A	-7,5	35,55	22,9
Feixe B	0,0	43,05	22,9
Feixe C	7,5	35,55	22,9
Para-raios 1	-6,2	47,59	20,6
Para-raios 2	6,2	47,59	20,6

### 10.4.3 Estimativas iniciais para faixa de segurança

Com relação à faixa de segurança, a Tabela 10-9 apresenta o valor calculado pelo ELEKTRA, juntamente com a restrição técnica que a definiu. Não obstante, tendo em vista as incertezas nas premissas e metodologias de cálculo, foram realizadas análises de sensibilidade, variando-se alguns parâmetros e, por segurança, nesta fase, recomenda-se a adoção referencial do valor conforme coluna “Faixa Adotada”.

Tabela 10-9 Estimativas iniciais para faixa de segurança

	<b>Faixa calculada [m]</b>	<b>Restrição</b>	<b>Faixa Adotada [m]</b>
LT 500 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2, C1	55,0	Balanço de Condutores	58,0

## 11 ANÁLISE DE CURTO-CIRCUITO

O cálculo dos níveis de curto-circuito foi efetuado considerando o sistema com todas as linhas de transmissão representadas na base de dados referente ao PDE 2034, considerando todas as unidades de geração em operação.

A Tabela 11-1 informa a capacidade dos disjuntores das obras recentemente licitadas na região da Mantiqueira.

**Tabela 11-1 – Capacidade de interrupção simétrica dos disjuntores**

Leilão	Lote	Anexo	Ítem	Tensão (kV)	Linha	Subestação	Capacidade de curto-circuito (kA)
01/2023	07	2-07	4.3.b	500	Leopoldina 2 - Governador Valadares 6 C1	Leopoldina 2	50
						Governador Valadares 6	50
					Leopoldina 2 - Governador Valadares 6 C2	Leopoldina 2	50
						Governador Valadares 6	50
					Leopoldina 2 - Terminal Rio	Leopoldina 2	50
Terminal Rio	63						
01/2022	01	2-01	4.3.b	500	Itabirito 2 - Santos Dumont 2	Itabirito 2	50
						Santos Dumont 2	50
				345	linhas 345 kV		50
02/2019	03	2-03	4.3.b	345	Santos Dumont 2 - Leopoldina 2	Santos Dumont 2	31,5
						Leopoldina 2	31,5

A Tabela 11-2 mostra as correntes de curto-circuito máximas nos barramentos próximos, antes e após a implantação das obras propostas.

**Tabela 11-2 – Correntes de Curto-Circuito Máximas pré-implantação e pós-implantação da solução.**

Número	Nome	Tensão (kV)	PD34 - 2028 - Sem as obras			Com as obras - 2030			Com as obras - 2039		
			I 3φ (kA)	I 1φ (kA)	I 2φ (kA)	I 3φ (kA)	I 1φ (kA)	I 2φ (kA)	I 3φ (kA)	I 1φ (kA)	I 2φ (kA)
1483	ITABI2-MG500	500	18,47	16,7	18,15	19,63	17,11	18,99	19,91	17,27	19,24
4291	TRIODC-RJ500	500	37,23	37,69	37,89	43,01	41,55	42,85	44,83	42,69	44,43
38925	SDUMO2-MG500	500	7,49	6	7,08	12,47	8,88	11,59	13,62	10	12,74
38927	LEOPOL-MG500	500	12,43	7,7	11,41	16,44	10,17	15,11	16,88	10,12	15,49
1480	BARBAC-MG345	345	11,43	8,65	10,76	12,14	8,97	11,38	12,76	9,24	11,91
1481	SDUMO2-MG345	345	13,39	11,89	13,05	15,2	13,33	14,76	17,61	14,79	16,95
1484	ITABI2-MG345	345	22,28	22,34	22,76	23,28	22,72	23,48	23,5	22,87	23,67
1489	JFORA1-MG345	345	8,52	7,47	8,18	10,27	8,79	9,82	11,36	9,38	10,8
1491	LAFIAE-MG345	345	12,63	10,87	12,14	13,11	11,11	12,56	13,21	11,15	12,59
1492	NLIMA6-MG345	345	16,45	15,99	16,45	16,83	16,23	16,76	16,95	16,3	16,85
1498	OPRET2-MG345	345	22,43	23,27	23,18	23,39	23,78	23,9	23,62	23,94	24,09
1650	JECEAB-MG345	345	16,02	14,91	15,77	16,66	15,29	16,3	16,81	15,36	16,4
3605	B.BRAN-MG345	345	12,14	8,93	11,5	12,36	8,82	11,66	12,44	8,84	11,73
3807	ITUTIN-MG345	345	15,58	12,33	14,63	16,04	12,55	15,03	16,34	12,89	15,33
39060	LEOPO2-MG345	345	9,19	7,43	8,69	9,46	7,56	8,92	9,72	7,68	9,15
45595	GER-OB-MG345	345	13,92	10,84	13,33	14,27	10,2	13,53	14,36	10,23	13,61
1695	SDUMO2-MG138	138	14,86	13,24	14,45	15,64	13,76	15,11	16,65	14,34	15,95
39061	LEOPO2-MG138	138	16,78	16,18	16,9	16,93	16,28	17,04	17,08	16,37	17,16

Percebe-se que as maiores variações percentuais dos níveis de curto-circuito referem-se aos barramentos de 500 kV das subestações Santos Dumont 2, Leopoldina 2 e do barramento de 345 kV da subestação Santos Dumont 2, porém dentro de limites aceitáveis conforme as respectivas capacidades listadas na Tabela 11-1. A elevação dos níveis de curto-circuito na região das subestações Santos Dumont 2 e Leopoldina 2 é benéfica, uma vez baixos níveis atualmente verificados indicam fragilidade da rede frente a afundamentos de tensão em situações de contingência.

A elevação dos níveis de curto-circuito na SE Terminal Rio (500 kV) também é positiva para a melhoria do desempenho elétrico e do índice de confiabilidade do bipolo Xingu – Terminal Rio. Contudo, tal elevação requer atenção na avaliação e implantação de futuras obras na região, considerando os elevados valores de corrente de curto-circuito já presentes e os possíveis impactos sobre a integridade e a capacidade dos equipamentos do SIN.

Os demais barramentos não apresentaram problemas quanto a questão da capacidade dos disjuntores, uma vez que os valores de curto-circuito após as obras não tiveram uma elevação significativa em relação aos valores encontrados antes da implantação das obras.

## 12 REFERÊNCIAS

---

- [1] EPE, “Nota Técnica 025/2024 rev 0 – “Diagnóstico PD 2033 – Sudeste”,” 2024.
- [2] ONS, “RT-ONS DPL 0523/2024 - PAR/PEL 2024 - CICLO 2025-2029 - TOMO 7 - Área Minas Gerais,” 2024.
- [3] ONS, “NT-ONS DPL 0038/2025 - LEN A-5/2025: Quantitativos da capacidade remanescente do SIN para escoamento de geração pela Rede Básica, DIT e ICG,” 2025.
- [4] ONS, “Mapa de Margem,” [Online]. Available: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiNjkxMWQxMmYtNDlhZS00MzNmLTgzODctMjBhZGM2YTJrjODNlliwidCI6IjNhZGVlNWZjLTkzM2UtNDkxMS1hZTFiLTljMmZlN2I4NDQ0OCIsImMiOjR9>.
- [5] Cemig GT, “Relatório CemigGT 31.103-DP/ET-0129 de dezembro/2024,” 2024.
- [6] EPE, “EPE-DEA-SMA-NT-010/2025,” 2025.
- [7] EPE, “Ofício 0126/2025/DEE/EPE de 13/02/2025,” 2025.
- [8] EPE, “Ofício 0125/2025/DEE/EPE de 13/02/2025,” 2025.
- [9] Verde Transmissão, “Carta VERDE Transmissão CO-065-2025 de 12/05/2025,” 2025.
- [10] ISA Energia, “Carta ISA Energia CT/EP/495/2025 de 21/03/2025,” 2025.  
]
- [11] CCPE/CTET, “Critérios e Procedimentos para o Planejamento da Expansão dos Sistemas de Transmissão - CCPE/CTET - janeiro/2001,” 2001.
- [12] EPE, “Diretrizes para Elaboração dos Relatórios Técnicos Referentes às Novas Instalações da Rede Básica”.
- [13] EPE, “Base de Referência de Preços ANEEL – janeiro/2025,” 2025.  
]
- [14] EPE, “DIAGNÓSTICO REGIONAL - VOLUME IV – GET SUDESTE - EPE-DEE-RE-025/2024-rev0,” 2024.  
]
- [15] EPE, “Ofício 0477/2024/DEE/EPE de 09/07/2024,” 2024.  
]
- [16] CEPEL, [Online]. Available: <https://www.cepel.br/produtos/elektra/>.  
]
- [17] INMET, “Normal Climatológico do Brasil 1991-2020: Temperatura Máxima,” [Online]. Available: <http://www.inmet.gov.br/portal/>.
- [18] ONS, “Procedimentos de Rede – Submódulo 2.7 – Requisitos Mínimos Para Linhas de Transmissão. 2022.,” 2022.  
]

## 13 EQUIPE TÉCNICA

---

### **Empresa de Pesquisa Energética:**

Lucas Simões de Oliveira – STE

Armando Leite Fernandes – STE

Davi José Alvarez Magalhães – STE

Iago Stanciolle Alves da Silva – STE

Fabiano Schmidt – STE

João Alves da Silva Neto – STE

### **Cemig Geração e Transmissão:**

Álvaro Batista Cançado – EI/ET

Cristina de Almeida Dias – EI/ET

Danielle Diniz de Araújo – EI/ET

Felipe Carlos Faccin – EI/ET

Gabriela Rodrigues da Silva Marinho – EI/ET

Gilda Aparecida C. Almeida – EI/ET

Lucas Amaro dos Santos – EI/ET

Ricardo Costa Álvares – EI/ET

Rodrigo Serpa Ferreira Passos – EI/ET

Valter Alves Moreira – EI/ET

Daniel Henrique de V. Lisboa – OP/PL

Rafael Montes Fontoura – OP/PL

Rafael Silva de Oliveira – OP/PL

# 14 ANEXOS

## 14.1 Consultas de viabilidade de expansão às concessionárias

### 14.1.1 SE 500/345 kV Santos Dumont 2



Rio de Janeiro/RJ, 12 de maio de 2025.

CO-065-2025

À  
EPE – Empresa de Pesquisa Energética  
Praça Pio X, nº54 - 5º andar  
Centro - Rio de Janeiro  
20900-003

At.: Sr. Thiago Dourado Martins  
Superintendente de Transmissão de Energia

Ref.: Resposta ao Ofício nº 0126/2025/DEE/EPE

Anexo 1 – Formulário de Consulta - Expansão da SE Santos Dumont 2  
Anexo 2 – Planta de Situação e Localização da SE Santos Dumont 2  
Anexo 3 – Equipamentos e Barramentos – Setor 500kV – Planta Parcial

Prezado Senhor,

A VERDE TRANSMISSÃO DE ENERGIA S.A., pessoa jurídica de direito privado, estabelecida à Avenida Presidente Wilson, nº 231, salas 1703 (parte) e 1704 (parte), inscrita no CNPJ/MF sob o nº. 44.323.802/0001-08 doravante denominada “VERDE”, vem, por meio da presente, informar o que segue:

Em resposta ao Ofício de nº 0126/2025/DEE/EPE, com relação à consulta de viabilidade de expansão da Subestação Santos Dumont 2, de propriedade da VERDE, seguem em anexo as informações solicitadas para atendimento a esta consulta, de acordo com o descrito no ofício, levando-se em consideração apenas as disponibilidades descritas no Formulário de Consulta recebido e as considerações indicadas no campo “Observações do Proprietário”, do anexo supracitado (Anexo 1). Adicionalmente, está sendo encaminhada em anexo a este Ofício a Planta de Situação e Localização da Subestação Santos Dumont 2, para melhor compreensão acerca das considerações expostas (Anexo 2). Em complemento, também estamos enviando a Planta Parcial do setor de 500 kV com as áreas disponíveis para as ampliações destacadas (Anexo 3).

Sem mais para o momento, reiteramos nossos sinceros votos de estima e consideração, bem como nos colocamos à disposição para esclarecimento do que for necessário.

Atenciosamente,

MARCELLO  
NUNES  
MEDEIROS:0  
8130481766

Assinado digitalmente por MARCELLO  
NUNES MEDEIROS:08130481766  
ND: C=BR, O=ICP-Brasil, OU=VicePresidencia, OU=1821388000112,  
OU=Secretaria da Receita Federal do Brasil  
- FISC, OU=RS e CPF, AT: DN=sem branco  
1. CN=MARCELLO NUNES  
MEDEIROS:08130481766  
Razão: Eu sou o autor deste documento  
Localização:  
Data: 2025.05.12 13:50:03-03:00'  
Fórm PDF Reader Versão: 12.1.2

(assinado digitalmente)

**VERDE TRANSMISSÃO DE ENERGIA S.A.**

Marcello Nunes Medeiros  
Gerente de Transmissão



## Formulário de Consulta sobre a Viabilidade de Expansão de Subestações

Data: 13/02/2025

Página: 1 - 4

Revisão:

### INFORMAÇÕES SOLICITADAS (PREENCHIDAS PELA EPE)

ESTUDO: Eliminação de restrições operativas no sistema de 345 kV da região da Mantiqueira no estado de Minas Gerais

#### ALTERNATIVA DE PLANEJAMENTO

Subestação: Santos Dumont 2

Concessionária Proprietária: CYMI Verde Transmissora S.A

#### 1. Módulos de Manobra

- EL Quantidade: 1 Tensão (kV): 500 Arranjo: DJM
- CRL Quantidade: 1 Tensão (kV): 500 Arranjo: DJM
- CT Quantidade: 2 Tensão Prim/Sec/Ter (kV) 500/345 Arranjo Prim.: DJM Sec.: DJM Ter:
- IB Quantidade: Tensão (kV):\_ Arranjo:
- IB Quantidade: Tensão (kV):\_ Arranjo:

#### 2. Módulos de Equipamentos

- Autotransformadores Quantidade: 3 Potência (MVA): 250 Tensão Prim./Sec. (kV) 500/345 Fase: M
- Reator de Linha Quantidade: 3+1R Potência (Mvar): 20 Tensão (kV): 500 Fase: M
- Reator Quantidade: Potência (Mvar): Tensão (kV): Fase:
- Capacitor Shunt Quantidade: Potência (Mvar): Tensão (kV): Fase:
- Capacitor Série Quantidade: Potência (Mvar): Tensão (kV): Fase:
- Compensador Estático Quantidade: Potência (Mvar): Tensão (kV): Fase:

#### Legenda:

**MM:** entrada de linha (EL), conexão de transformador ou autotransformador (CT), conexão de transformador conversor (CTC), interligação de barramentos (IB), conexão de banco de filtros de harmônicas (CFH) ou série (CCS), conexão de reatores de linha (CRL) ou de barra (CRB), conexão de transformador de aterramento (CTA), conexão de compensador (CC). **ARRANJO:** Barra Simples (BS), Barra Principal e Transferência (BPT), Barra Dupla 4 Chaves (BD4), ANEL (AN), Disjuntor e Meio (DJM).



## Formulário de Consulta sobre a Viabilidade de Expansão de Subestações

Data: 13/02/2025

Página: 2 - 4

Revisão:

### 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.

#### 1. Módulos de Manobra

- EL Quantidade: 1 Tensão (kV): 500 Arranjo: DJM
- CRL Quantidade: 1 Tensão (kV): 500 Arranjo: DJM
- CT Quantidade: 1 Tensão Prim/Sec/Ter (kV) 500/345 Arranjo Prim.: DJM Sec.: DJM Ter: \_\_\_\_\_
- IB Quantidade: 1 Tensão (kV): 500 Arranjo: DJM
- IB Quantidade: \_\_\_\_\_ Tensão (kV): \_\_\_\_\_ Arranjo: \_\_\_\_\_

#### 2. Módulos de Equipamentos

- Autotransformadores Quantidade: 3 Potência (MVA): 250 Tensão Pri./Sec.(kV): 500/345 Fase: M
- Reator de Linha Quantidade: 3+1R Potência (MVA): 20 Tensão Pri./Sec.(kV): 500 Fase: M
- Reator Quantidade: \_\_\_\_\_ Potência (MVA): \_\_\_\_\_ Tensão Pri./Sec.(kV): \_\_\_\_\_ Fase: \_\_\_\_\_
- Capacitor Shunt Quantidade: \_\_\_\_\_ Potência (MVA): \_\_\_\_\_ Tensão Pri./Sec.(kV): \_\_\_\_\_ Fase: \_\_\_\_\_
- Capacitor Série Quantidade: \_\_\_\_\_ Potência (MVA): \_\_\_\_\_ Tensão Pri./Sec.(kV): \_\_\_\_\_ Fase: \_\_\_\_\_
- Compensador Estático Quantidade: \_\_\_\_\_ Potência (MVA): \_\_\_\_\_ Tensão Pri./Sec.(kV): \_\_\_\_\_ Fase: \_\_\_\_\_

#### 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 \_\_\_\_\_

Existe a possibilidade de cruzamentos de linhas para o acesso de linhas novas aos bays disponíveis na subestação?  Sim  
 Não

Caso positivo, caracterizar como é o acesso das linhas existentes / já planejadas e especificar como deveria ser o acesso das linhas novas para minimizar e, se possível, evitar o problema.



## Formulário de Consulta sobre a Viabilidade de Expansão de Subestações

Data: 13/02/2025

Página: 3 - 4

Revisão:

### INFORMAÇÕES ADICIONAIS

#### 5. Observações EPE

1 – As obras em análise referentes a SE Santos Dumont 2 são: Ampliação da SE com a instalação de um 2º banco de autotransformadores 500/345 kV e uma nova LT 500 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2 dotada de reator de linha manobrável, com fase reserva;

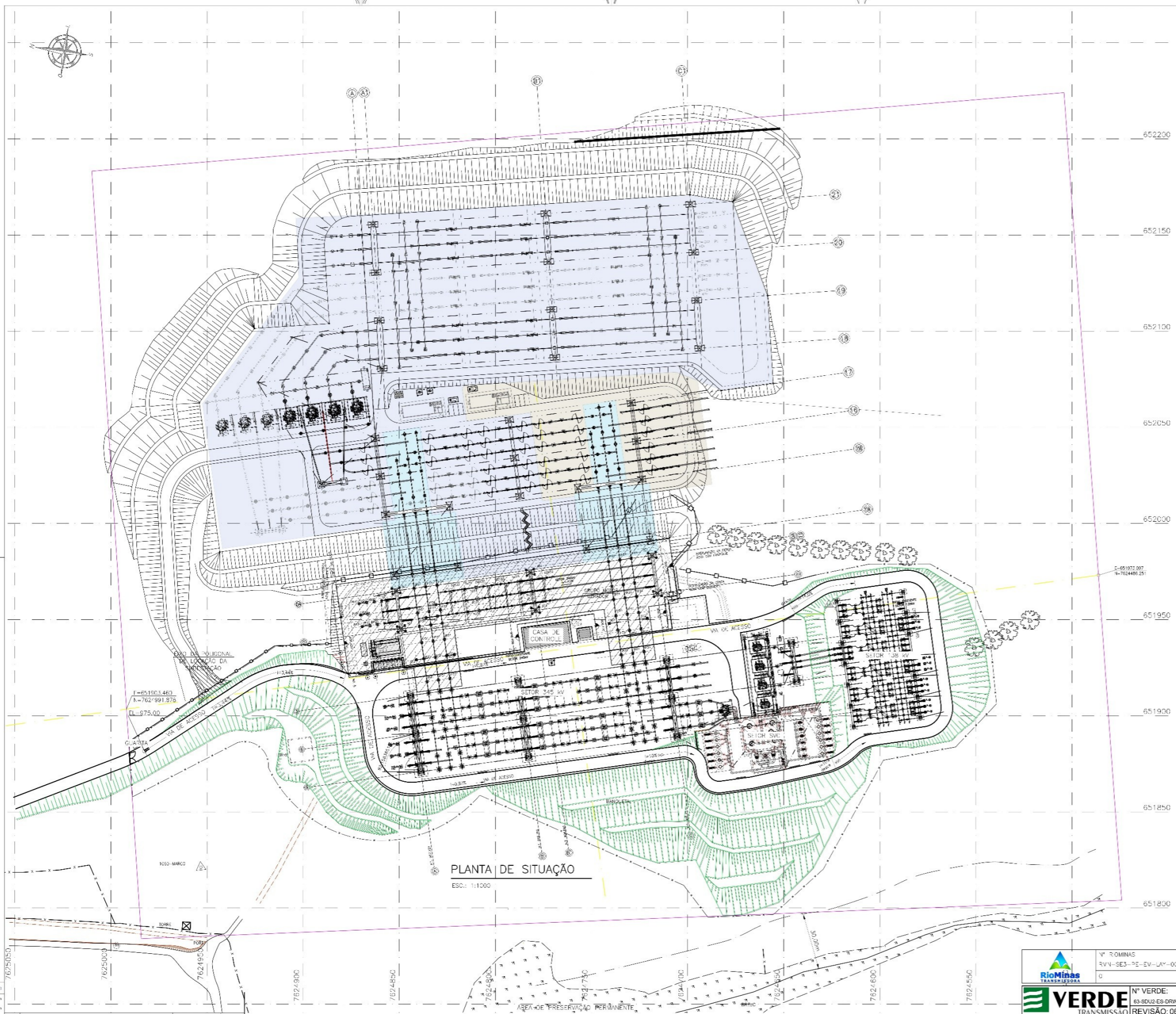
2 – Deverão ser consideradas nas análises a implantação do 1º banco de autotransformadores 500/345 kV de 750 MVA, bem como a LT 500 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2, e o reator de barra de 500 kV;

3 – O novo banco de autotransformadores deverá compartilhar a unidade monofásica reserva com o banco existente;

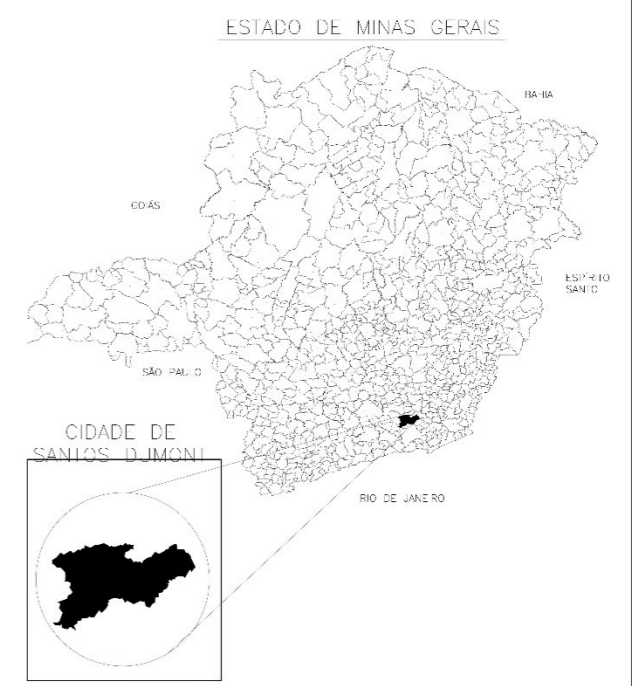
4 – Considerar também contratos de conexão na SE de novos acessantes de geração e/ou consumidores livres, por venturas existentes;

5 – Deverá ser anexada na resposta planta de situação ou diagrama unifilar básico, mostrando, de forma esquemática e simplificada, a sugestão de posicionamento dos equipamentos projetados, bem com a necessidade ou não de novos IBs.

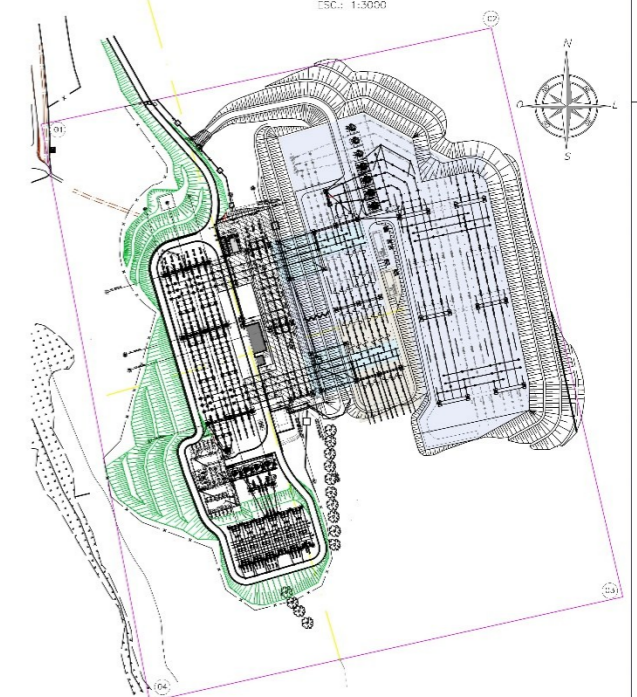




**LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO**  
SEM ESC.



**PLANTA CHAVE**  
ESC.: 1:3000



**COORDENADAS DOS VÉRTICES DO TERRENO**

	X	Y
1	651784,0780	7624984,1780
2	652183,2487	7625009,9226
3	652224,0780	7624504,1780
4	651804,0780	7624474,1780

Ver./Especifica						
Rod	0,13 mm					
Ver. ex.	0,20 mm					
Green	0,30 mm					
Outr	0,40 mm					
Blue	0,50 mm					
Magenta	0,50 mm					
Red	0,50 mm					
Black	0,50 mm					
White	0,50 mm					

REVISÕES	REVISÃO	DESCRIÇÃO	DATA	EXEC.	VERIF.	APROV.
1	01	ELABORAÇÃO DO PROJETO	17/05/2010			
2	02	REVISÃO DE PROJETO	17/05/2010			
3	03	REVISÃO DE PROJETO	17/05/2010			
4	04	REVISÃO DE PROJETO	17/05/2010			
5	05	REVISÃO DE PROJETO	17/05/2010			
6	06	REVISÃO DE PROJETO	17/05/2010			
7	07	REVISÃO DE PROJETO	17/05/2010			
8	08	REVISÃO DE PROJETO	17/05/2010			
9	09	REVISÃO DE PROJETO	17/05/2010			
10	10	REVISÃO DE PROJETO	17/05/2010			
11	11	REVISÃO DE PROJETO	17/05/2010			
12	12	REVISÃO DE PROJETO	17/05/2010			

**NOTAS**

1. COTAS E ELEVÇÕES EM METROS (ELEVÇÕES REFERENTES AO TERRENO ACABADO SEM BRITA).
2. A LOCALIZAÇÃO DA ENTRADA DE ALIMENTAÇÃO DA CONCESSIONÁRIA DE DISTRIBUIÇÃO É APENAS INDICATIVA, A MESMA DEVERÁ SER CONFIRMADA QUANDO DA DEFINIÇÃO/APROVAÇÃO DO PROJETO ESSE-S-1006301 JUNTO A CEMIG-D.

**LEGENDA**

- COORDENADAS DOS VÉRTICES DO TERRENO.
- AMPLIAÇÃO LOTE 3
- AMPLIAÇÃO LOTE 1 LEILÃO 001-2022 - "VERDE TRANSMISSÃO"
- AMPLIAÇÃO LOTE 1 LEILÃO 001-2022 - "VERDE TRANSMISSÃO" TRANSFERÊNCIA PARA TRANSDIST. SEDEONAMENTO LT 345KV JUP DE FORA 1 - ITUPINGA C1
- AMPLIAÇÃO LOTE 1 LEILÃO 001-2022 - "VERDE" TRANSFERÊNCIA PARA ESDE

**DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA**

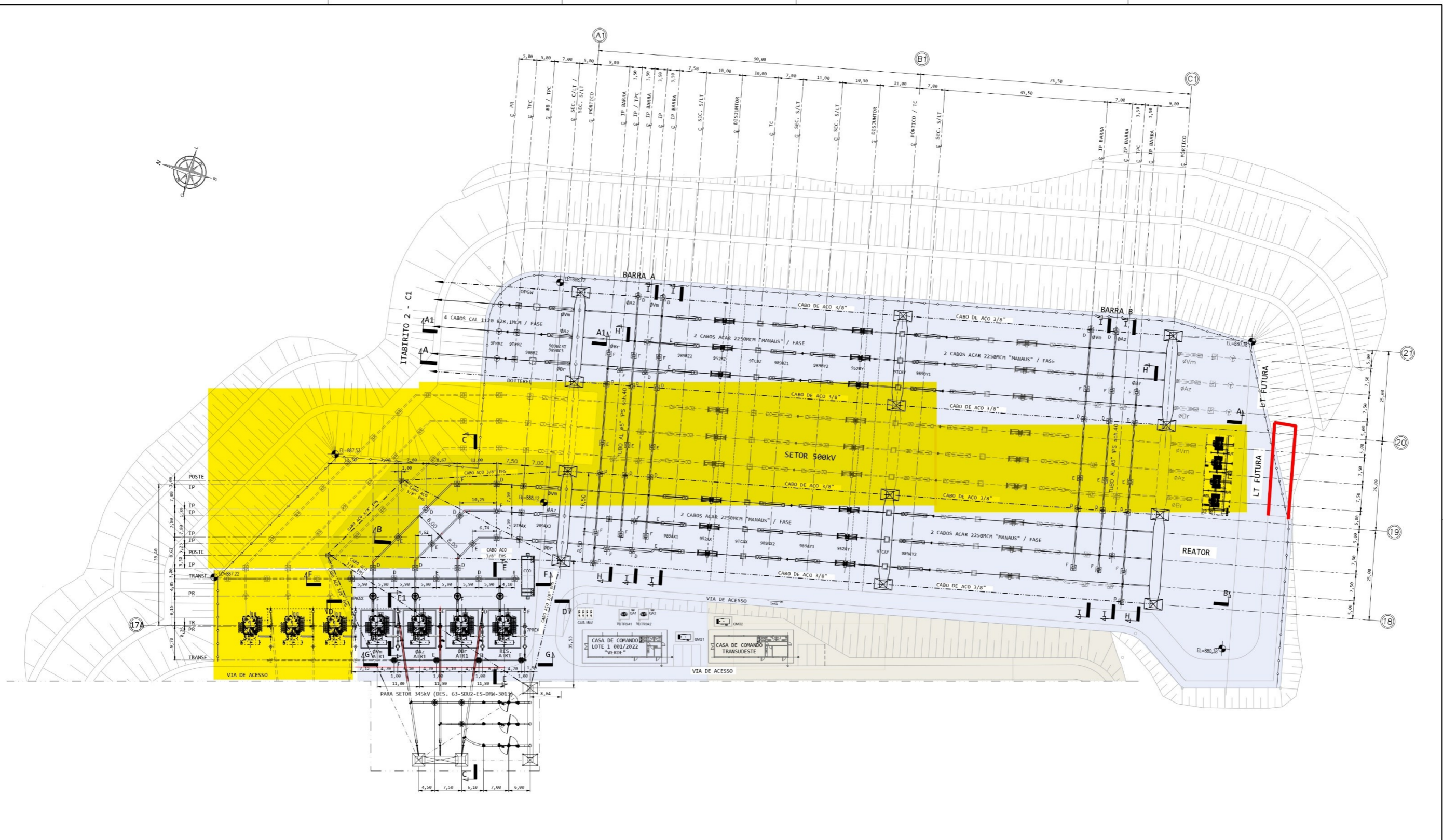
1. 22.668-TOSH-S1-A003-08 - EVANTAMENTO TOPOGRÁFICO
2. 22.669-TOSH-S1-0102 - TERRAPLANAGEM EXECUTIVO - PLANTA GERAL
3. 22.669-TOSH-S1-0302 - ARRANJO GERAL DE EQUIPAMENTOS EXTERNOS - PLANTA GERAL

**PROJETO:** ROBSON V. EVARISTO  
**EXECUTOR:** ROBSON V. EVARISTO  
**REVISÃO:** CLAUDIO F. RUZ  
**APROVAÇÃO:** AN C. FERRAZ/PROJETS  
**ESCALA:** 1:750  
**DATA:** 17/05/2010

**RioMinas**  
**VERDE TRANSMISSÃO**  
**ESDE**  
**TOSHIBA**

**ESDE - EMPRESA SANTOS DUMONT DE ENERGIA**  
**SE SANTOS DUMONT 2**  
**SUBESTAÇÃO 345/138 kV**  
**PROJETO EXECUTIVO**  
**SITUAÇÃO E LOCALIZAÇÃO**  
**PLANTA GERAL**

SESENHO Nº: ESDE-S1-3000000-001-RAA (22.669-TOSHBA-0301)  
 DATA: 01 de 01  
 REVISÃO: 4-3



**LEGENDA**

(N) - COORDENADAS DOS VÉRTICES DO TERRENO.

— APPLICAÇÃO LOTE 1 LEILÃO 001-2022 - "VERDE"

— AMPLIAÇÃO LOTE 1 LEILÃO 001-2022 - "VERDE"

TRANSFERÊNCIA PARA TRANSDESTE, SECCIONAMENTO LT 345KV DUTZ DE FORA 1 - ITUITINGA C1

**NOTAS:**

1- COTAS EM METRO.

2- ESTRUTURAS, BARRAMENTOS E EQUIPAMENTOS REPRESENTADOS TRACEJADOS SÃO DE INSTALAÇÃO FUTURA.

- DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA:**
- 63-SDU2-ES-LIS-3000 EQUIPAMENTOS E BARRAMENTOS - LISTA DE MATERIAL
  - TRANSDESTE-53-3013601 (63-SDU2-ES-LIS-3001) EQUIPAMENTOS E BARRAMENTOS - LISTA DE MATERIAL (TRANSDESTE)
  - ESDE-S1-3013605-001 (63-SDU2-ES-LIS-3003) EQUIPAMENTOS E BARRAMENTOS - LISTA DE MATERIAL (ESDE)
  - 63-SDU2-ES-DRW-3010 (ESDE-S1-3000000-001) PLANTA DE SITUAÇÃO E LOCALIZAÇÃO - PLANTA DE SITUAÇÃO E LOCALIZAÇÃO
  - 63-SDU2-ES-DRW-3011 (ESDE-S1-3000001-001) EQUIPAMENTOS E BARRAMENTOS - SETORES 500/345 KV - PLANTA GERAL
  - 63-SDU2-ES-DRW-3012 (ESDE-S1-3000001-001) EQUIPAMENTOS E BARRAMENTOS - SETOR 500 KV - PLANTA PARCIAL
  - 63-SDU2-ES-DRW-3013 (ESDE-S1-3000002-001) EQUIPAMENTOS E BARRAMENTOS - SETOR 345 KV - PLANTA PARCIAL
  - 63-SDU2-ES-DRW-3014 EQUIPAMENTOS E BARRAMENTOS - SETOR 500 KV - CORTES - FL. 1
  - 63-SDU2-ES-DRW-3015 EQUIPAMENTOS E BARRAMENTOS - SETOR 500 KV - CORTES - FL. 2
  - 63-SDU2-ES-DRW-3016 EQUIPAMENTOS E BARRAMENTOS - SETOR 500 KV - CORTES - FL. 3
  - 63-SDU2-ES-DRW-3017 (TRANSDESTE-53-3012601) EQUIPAMENTOS E BARRAMENTOS - SETOR 345 KV - CORTES 3-3, 31-31, K-K E K1-K1
  - 63-SDU2-ES-DRW-3018 (ESDE-S1-3012601) EQUIPAMENTOS E BARRAMENTOS - SETOR 345 KV - CORTES M-M E L-L
  - 63-SDU2-ES-DRW-3040 TABELA DE LANÇAMENTO DE CABOS CONDUTORES E PARA-RAIOS - SETOR 500 KV - PLANTA
  - 63-SDU2-ES-DRW-3041 (ESDE-S1-3010000-001) TABELA DE LANÇAMENTO DE CABOS CONDUTORES E PARA-RAIOS - SETOR 345 KV - PLANTA

Nº	DESCRIÇÃO	FEITO	VISTO	APROV	DATA
06	CORRIGIDO INDICAÇÃO DOS CORTES, EMAIL DIA 28/04/25	FLUXO	VB	VB	28/04/25
05	APROVADO TBE	FLUXO	RFP	VB	17/02/25
04	CONFORME COMENTÁRIOS DA TBE	FLUXO	RFP	VB	17/02/25
03	CONFORME COMENTÁRIOS DA TBE, ATUALIZAÇÃO GERAL, REVISÃO DEVIDO A ÁREA DE REPOSIÇÃO AMBIENTAL DA ESDE, COMENTÁRIOS DA TBE	FLUXO	RFP	VB	27/01/25
02	CONFORME COMENTÁRIOS DA TBE	PB	VB	VB	17/09/24
01	CONFORME COMENTÁRIOS DA TBE	PB	VB	VB	21/08/24

**FLUXO engenharia** **CYMI** **VERDE TRANSMISSÃO**

VERDE TRANSMISSÃO  
LEILÃO ANEEL 001-2022 - LOTE 1  
PROJETO EXECUTIVO

ESCALA: 1:500

Nº FLUXO	ELAB.	FLUXO	VERIF.	RFP	Nº	63-SDU2-ES-DRW-3012
SUBESTAÇÃO SANTOS DUMONT 2 500/345/138KV					FOLHA	
EQUIPAMENTOS E BARRAMENTOS					REV. 06	
SETOR 500KV - PLANTA PARCIAL						

RESP. TEC. RSD Nº CREA 2088154176 DATA 28/05/24

**ESDE** Empresa Santos Dumont de Energia S.A.

Nº ESDE: ESDE-S1-3000701-001  
REVISÃO: 0

1	0,00
2	0,00
3	0,00
4	0,00
5	0,00
6	0,00
7	0,00
8	0,00
9	0,00
10	0,00
11	0,00
12	0,00
13	0,00
14	0,00
15	0,00
16	0,00
17	0,00
18	0,00
19	0,00
20	0,00
21	0,00
22	0,00
23	0,00
24	0,00
25	0,00
26	0,00
27	0,00
28	0,00
29	0,00
30	0,00
31	0,00
32	0,00
33	0,00
34	0,00
35	0,00
36	0,00
37	0,00
38	0,00
39	0,00
40	0,00
41	0,00
42	0,00
43	0,00
44	0,00
45	0,00
46	0,00
47	0,00
48	0,00
49	0,00
50	0,00

## 14.1.2 SE 500/345 kV Leopoldina 2

DocuSign Envelope ID: 59B7E86A-9606-48B1-90CA-EC35A77622FC



São Paulo, 21 de março de 2025

CT/EP/495/2025

Ao Senhor.

Thiago de Faria Rocha Dourado Martins

Superintendente de Transmissão de Energia Empresa de Pesquisa Energética - EPE

Rio de Janeiro – RJ

**Assunto:** Consulta sobre a viabilidade de expansão da Subestação 500 kV Leopoldina 2

Senhor Superintendente,

Em atenção ao Ofício nº 0125/2025/DEE/EPE, de 13 de fevereiro de 2025 foi avaliada a viabilidade de expansão da subestação Leopoldina 2 com as alternativas de implantação estudadas pela EPE de ampliações para setor 500 kV.

Apresentamos no formulário de consulta sobre a viabilidade de expansão da subestação o detalhamento das alternativas de ampliação.

Sem mais para o momento, reforçamos nossos votos de estima e considerações.

Atenciosamente,

*Yeewan Joshi Otero*

Yeewan Joshi Otero

Gerente Executivo Estruturação e Execução de R&M

ISA ENERGIA BRASIL  
CNPJ: 02.998.611/0001-04

Av. das Nações Unidas, 14.171 – 7º andar – Vila Gertrudes, Ed. Rochaverá Torre Crystal,  
CEP: 04794-000, São Paulo – SP – Brasil  
Tel: +55 11 3138-7000



[www.isaenergiabrasil.com.br](http://www.isaenergiabrasil.com.br)

27 de março de 2025



## Formulário de Consulta sobre a Viabilidade de Expansão de Subestações

Data: 13/02/2025

Página: 1 - 4

Revisão:

### INFORMAÇÕES SOLICITADAS (PREENCHIDAS PELA EPE)

**ESTUDO: Eliminação de restrições operativas no sistema de 345 kV da região da Mantiqueira no estado de Minas Gerais**

#### ALTERNATIVA DE PLANEJAMENTO

**Subestação:** Leopoldina 2

**Concessionária Proprietária:** Isa Energia

#### 1. Módulos de Manobra

- EL Quantidade: 1 Tensão (kV): 500 Arranjo: DJM
- CRL Quantidade: 1 Tensão (kV): 500 Arranjo: DJM
- CT Quantidade: 2 Tensão Prim./Sec./Ter (kV) 500/345 Arranjo Prim.: DJM Sec.: DJM Ter:
- IB Quantidade: Tensão (kV):\_ Arranjo:
- IB Quantidade: Tensão (kV):\_ Arranjo:

#### 2. Módulos de Equipamentos

- Autotransformadores Quantidade: 3+1R Potência (MVA): 250 Tensão Prim./Sec. (kV) 500/345 Fase: 1
- Reator de Linha Quantidade: 4 Potência (Mvar): 20 Tensão (kV): 500 Fase: 1
- Reator Quantidade: Potência (Mvar): Tensão (kV): Fase:
- Capacitor Shunt Quantidade: Potência (Mvar): Tensão (kV): Fase:
- Capacitor Série Quantidade: Potência (Mvar): Tensão (kV): Fase:
- Compensador Estático Quantidade: Potência (Mvar): Tensão (kV): Fase:

#### **Legenda:**

**MM:** entrada de linha (EL), conexão de transformador ou autotransformador (CT), conexão de transformador conversor (CTC), interligação de barramentos (IB), conexão de banco de filtros de harmônicas (CFH) ou série (CCS), conexão de reatores de linha (CRL) ou de barra (CRB), conexão de transformador de aterramento (CTA), conexão de compensador (CC). **ARRANJO:** Barra Simples (BS), Barra Principal e Transferência (BPT), Barra Dupla 4 Chaves (BD4), ANEL (AN), Disjuntor e Meio (DJM).



## Formulário de Consulta sobre a Viabilidade de Expansão de Subestações

Data: 13/02/2025

Página: 2 - 4

Revisão:

### 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.

#### 1. Módulos de Manobra

- EL Quantidade: 1 Tensão (kV): 500 Arranjo: DJM
- CRL Quantidade: 1 Tensão (kV): 500 Arranjo: DJM
- CT Quantidade: 2 Tensão Prim/Sec/Ter (kV) 500/345 Arranjo Prim.: DJM Sec.: DJM Ter: \_\_\_\_\_
- IB Quantidade: 1 Tensão (kV): 500 Arranjo: DJM
- IB Quantidade: 1 Tensão (kV): 345 Arranjo: DJM

#### 2. Módulos de Equipamentos

- Autotransformadores Quantidade: 3+1R Potência (MVA): 250 Tensão Pri./Sec.(kV): 500/345 Fase: 1
- Reator de Linha Quantidade: 3+1R Potência (MVA): 20 Tensão Pri./Sec.(kV): 500 Fase: 1
- Reator Quantidade: \_\_\_\_\_ Potência (MVA): \_\_\_\_\_ Tensão Pri./Sec.(kV): \_\_\_\_\_ Fase: \_\_\_\_\_
- Capacitor Shunt Quantidade: \_\_\_\_\_ Potência (MVA): \_\_\_\_\_ Tensão Pri./Sec.(kV): \_\_\_\_\_ Fase: \_\_\_\_\_
- Capacitor Série Quantidade: \_\_\_\_\_ Potência (MVA): \_\_\_\_\_ Tensão Pri./Sec.(kV): \_\_\_\_\_ Fase: \_\_\_\_\_
- Compensador Estático Quantidade: \_\_\_\_\_ Potência (MVA): \_\_\_\_\_ Tensão Pri./Sec.(kV): \_\_\_\_\_ Fase: \_\_\_\_\_

#### 3. Módulo de Infraestrutura Geral

Há necessidade de aquisição de terreno?  Sim Área Prevista: 6000 m<sup>2</sup>  
 Não

#### 4. Outros

Há necessidade de adequação do arranjo?  Sim Equipamentos Necessários: \_\_\_\_\_  
 Não \_\_\_\_\_

Existe a possibilidade de cruzamentos de linhas para o acesso de linhas novas aos bays disponíveis na subestação?  Sim  
 Não

Caso positivo, caracterizar como é o acesso das linhas existentes / já planejadas e especificar como deveria ser o acesso das linhas novas para minimizar e, se possível, evitar o problema.



## Formulário de Consulta sobre a Viabilidade de Expansão de Subestações

Data: 13/02/2025

Página: 3 - 4

Revisão:

### INFORMAÇÕES ADICIONAIS

#### 5. Observações EPE

1 – As obras em análise referentes a SE Leopoldina 2 são: Ampliação da SE com a instalação do 1º banco de autotransformadores 500/345 kV, com fase reserva, e uma nova LT 500 kV Santos Dumont 2 – Leopoldina 2 dotada de reator de linha manobrável;

2 – Deverão ser consideradas nas análises a implantação das LTs 500 kV Governador Valadares – Leopoldina 2 C1 e C2, as LTs 500 kV Leopoldina 2 – Terminal Rio C1 e C2 e os 2 reatores de barra de 500 kV além do pátio de 345 kV ;

3 – Considerar também contratos de conexão na SE de novos acessantes de geração e/ou consumidores livres, por venturas existentes;

4 – Deverá ser anexada na resposta planta de situação ou diagrama unifilar básico, mostrando, de forma esquemática e simplificada, a sugestão de posicionamento dos equipamentos projetados, bem com a necessidade ou não de novos IBs.



## Formulário de Consulta sobre a Viabilidade de Expansão de Subestações

Data: 13/02/2025

Página: 4 - 4

Revisão:

### 6. Observações Transmissora

- PARA A IMPLANTAÇÃO DE 1x EL + 1xCRL COM O CIRCUITO DESTINADO À SE SANTOS DUMONT 2, SERÁ NECESSÁRIA AQUISIÇÃO DE ÁREA DE APROXIMADAMENTE 6000 m<sup>2</sup>; ( POLIGONO VERMELHO ARQUIVO ANEXO).ESTA AQUISIÇÃO SE FAZ NECESSÁRIA DEVIDO A IMPLANTAÇÃO DOS REATORES DE LINHA QUE NÃO TINHA SIDO PREVISTA NA ETAPA FUTURA DO EDITAL.

- PARA A IMPLANTAÇÃO DE 2xCT's + (3+1R) TF 500/345KV, SERÁ NECESSÁRIO A PREVISIBILIDADE DE 1xIB 345KV DJM PARA ACOMODAÇÃO DA FUNÇÃO DE TRANSMISSÃO CT DO SETOR 345KV; ( POLIGONO AZUL ARQUIVO ANEXO).

- CASO AS FUNÇÕES DE TRANSMISSÃO PREVISTAS, EL E CRL, SEJAM LOCALIZADAS IMEDIAMENTE ADJACENTES À PROJEÇÃO DA INSTALAÇÃO DOS REATORES DE BARRAS, OBJETO DO LEILÃO ANEEL 001/2023 - LOTE 07, HAVERÁ CRUZAMENTO DE LINHAS NAS PROXIMIDADES DA SE LEOPOLDINA 2, APARENTEMENTE COM CIRCUITO 138KV QUE TEM SEU CIRCUITO TERMINADO NO SETOR 138KV DA PRÓPRIA SE LEOPOLDINA 2;

- CASO AS FUNÇÕES DE TRANSMISSÃO PREVISTAS, EL E CRL, SEJAM LOCALIZADAS IMEDIAMENTE ADJACENTES À PROJEÇÃO DA INSTALAÇÃO DAS ENTRADAS DE LINHAS, SENTIDO GOVERNADOR VALADARES 6, OBJETO DO LEILÃO ANEEL 001/2023 - LOTE 07, HAVERÁ CRUZAMENTO DE LINHAS NAS PROXIMIDADES DA SE LEOPOLDINA 2, COM O REFERIDO CIRCUITO DE 500KV;

13/02/2025

Thiago de Faria Rocha  
Dourado Martins

Assinado de forma digital por  
Thiago de Faria Rocha Dourado  
Martins  
Dados: 2025.02.14 17:45:26 -03'00'

Thiago Dourado Martins

Superintendente de Transmissão de Energia

STE/DEE/EPE

21 / 03 / 2025

Assinatura do Responsável

Nome: ADRIANO RAMOS CAMPOS  
Cargo: ENGENHEIRO EXPANSÃO E ESTUDOS



## 14.2 Fichas PET/PELP

### INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO DE REDE BÁSICA

#### Sistema Interligado da Região SUDESTE

<b>Empreendimento:</b>  <b>LT 345 kV ITABIRITO 2 - OURO PRETO 2, C1 (Ampliação/Adequação)</b>	<b>UF: MG</b>
	<b>DATA DE NECESSIDADE: Jan/2028</b>
	<b>PRAZO DE EXECUÇÃO: 28 meses</b>

#### Justificativa:

Eliminar sobrecargas

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

Recapacitação através de alteamento dos cabos	3.611,00
---	----------

---

<b>Total de Investimentos Previstos:</b>	<b>3.611,00</b>
--	-----------------

**Situação atual:**

#### Observações:

Valores informados pela CEMIG-GT

#### Documentos de referência:

[1] Custos Modulares da ANEEL – Janeiro de 2025.

## INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO DE REDE BÁSICA

### Sistema Interligado da Região SUDESTE

<b>Empreendimento:</b>  <b>LT 345 kV ITABIRITO 2 - JECEABA, C1 (Ampliação/Adequação)</b>	<b>UF: MG</b>
	<b>DATA DE NECESSIDADE: Jan/2028</b>
	<b>PRAZO DE EXECUÇÃO: 36 meses</b>

#### Justificativa:

Eliminar sobrecargas

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

Recapitação com troca dos condutores	73.320,00
--------------------------------------	-----------

**Total de Investimentos Previstos:** **73.320,00**

#### Situação atual:

#### Observações:

Valores informados pela CEMIG-GT

#### Documentos de referência:

[1] Custos Modulares da ANEEL – Janeiro de 2025.

## INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO DE REDE BÁSICA

### Sistema Interligado da Região SUDESTE

<b>Empreendimento:</b>	<b>UF: MG</b>
<b>LT 500 kV SANTOS DUMONT 2 - LEOPOLDINA 2, C1 (Nova)</b>	<b>DATA DE NECESSIDADE: Jan/2030</b>
	<b>PRAZO DE EXECUÇÃO: 48 meses</b>

#### Justificativa:

Eliminar sobrecargas na SE 500/345 kV Santos Dumont 2

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

Circuito Simples 500 kV, 4 x 795 MCM (TERN), 97 km	244.113,11
1 EL (Entrada de Linha) 500 kV, Arranjo DJM // Santos Dumont 2	13.847,90
1 EL (Entrada de Linha) 500 kV, Arranjo DJM // Leopoldina 2	13.847,90
1 IB (Interligação de Barras) 500 kV, Arranjo DJM // Leopoldina 2	14.917,50
MIG-A // Santos Dumont 2	3.413,36
MIG-A // Leopoldina 2	3.413,36

**Total de Investimentos Previstos:**

**293.553,13**

**Situação atual:**

**Observações:**

**Documentos de referência:**

[1] Custos Modulares da ANEEL – Janeiro de 2025.

## INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO DE REDE BÁSICA

### Sistema Interligado da Região SUDESTE

<b>Empreendimento:</b>  <b>LT 345 kV JECEABA - LAFAIETE, C1 (Ampliação/Adequação)</b>	<b>UF:</b> <b>MG</b>
	<b>DATA DE NECESSIDADE:</b> <b>Jan/2039</b>
	<b>PRAZO DE EXECUÇÃO:</b> <b>28 meses</b>

#### Justificativa:

Eliminar sobrecargas

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

Recapitação com troca de condutores	38.900,13
-------------------------------------	-----------

<b>Total de Investimentos Previstos:</b>	<b>38.900,13</b>
--	------------------

#### Situação atual:

#### Observações:

Valores informados pela CEMIG-GT

#### Documentos de referência:

[1] Custos Modulares da ANEEL – Janeiro de 2025.

## INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO DE REDE BÁSICA

### Sistema Interligado da Região SUDESTE

<b>Empreendimento:</b> <b>LT 345 kV LAFAIETE - BARBACENA, C1 (Ampliação/Adequação)</b>	<b>UF: MG</b>
	<b>DATA DE NECESSIDADE: Jan/2039</b>
	<b>PRAZO DE EXECUÇÃO: 40 meses</b>

#### Justificativa:

Eliminar sobrecargas

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

Recapitação com troca de condutores	110.499,79
-------------------------------------	------------

**Total de Investimentos Previstos:** **110.499,79**

#### Situação atual:

#### Observações:

Valores informados pela CEMIG-GT

#### Documentos de referência:

[1] Custos Modulares da ANEEL – Janeiro de 2025.

**Sistema Interligado da Região SUDESTE**

<b>Empreendimento:</b>  <b>SE 500/345 kV SANTOS DUMONT 2</b> <b>(Ampliação/Adequação)</b>	UF: <b>MG</b>
	DATA DE NECESSIDADE: <b>Jan/2039</b>
	PRAZO DE EXECUÇÃO: <b>48 meses</b>

**Justificativa:**

Eliminar sobrecargas na SE 500/345 kV Santos Dumont 2

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

2° ATF 500/345 kV, 3 x 250 MVA 1Φ	48.636,51
1 CT (Conexão de Transformador) 500 kV, Arranjo DJM	15.922,86
1 CT (Conexão de Transformador) 345 kV, Arranjo DJM	12.892,77
1 IB (Interligação de Barras) 500 kV, Arranjo DJM	15.210,65
1 IB (Interligação de Barras) 345 kV, Arranjo DJM	12.396,85
MIM - 500 kV	4.617,52
MIM - 345 kV	3.429,51

**Total de Investimentos Previstos:** **113.106,67**

**Situação atual:**

**Observações:**

**Documentos de referência:**

[1] Custos Modulares da ANEEL – Janeiro de 2025.

## 14.3 Custos das alternativas

### 14.3.1 Alternativa 1

Descrição	Terminal	Ano	Qtde.	Fator	Custo da Alternativa ( R\$ x 1000 )				
					Custo Unitário (sem fator)	Custo Total	VP	Parcela Anual	RN
					<b>632.990,72</b>	<b>350.230,90</b>	<b>56.226,94</b>	<b>167.312,94</b>	
<b>LT 345 kV ITABIRITO 2 - OURO PRETO 2, C1 (Ampliação/Adequação)</b>						<b>3.611,00</b>	<b>2.866,53</b>	<b>320,76</b>	<b>1.918,88</b>
Recapacitação através de alteamento dos cabos		2028	4,6	1,00	785,00	3.611,00	2.866,53	320,76	1.918,88
<b>LT 345 kV ITABIRITO 2 - JECEABA, C1 (Ampliação/Adequação)</b>						<b>73.320,00</b>	<b>58.203,78</b>	<b>6.512,83</b>	<b>38.962,22</b>
Recapacitação com troca dos condutores		2028	56,40	1,00	1.300,00	73.320,00	58.203,78	6.512,83	38.962,22
<b>LT 500 kV SANTOS DUMONT 2 - LEOPOLDINA 2, C1 (Nova)</b>						<b>293.553,13</b>	<b>199.787,33</b>	<b>26.075,57</b>	<b>119.081,10</b>
Circuito Simples 500 kV, 4 x 795 MCM (TERN), 97 km		2030	97,00	1,00	2.516,63	244.113,11	166.139,28	21.683,94	99.025,54
EL (Entrada de Linha) 500 kV, Arranjo DJM	Santos Dumont 2	2030	1,00	1,00	13.847,90	13.847,90	9.424,65	1.230,07	5.617,46
EL (Entrada de Linha) 500 kV, Arranjo DJM	Leopoldina 2	2030	1,00	1,00	13.847,90	13.847,90	9.424,65	1.230,07	5.617,46
IB (Interligação de Barras) 500 kV, Arranjo DJM	Leopoldina 2	2030	1,00	1,00	14.917,50	14.917,50	10.152,60	1.325,08	6.051,35
MIG-A	Santos Dumont 2	2030	1,00	1,00	3.413,36	3.413,36	2.323,08	303,20	1.384,64
MIG-A	Leopoldina 2	2030	1,00	1,00	3.413,36	3.413,36	2.323,08	303,20	1.384,64
<b>LT 345 kV JECEABA - LAFAIETE, C1 (Ampliação/Adequação)</b>						<b>38.900,13</b>	<b>13.243,98</b>	<b>3.455,40</b>	<b>1.089,29</b>
Recapacitação com troca de condutores		2039	27,50	1,00	1.414,55	38.900,13	13.243,98	3.455,40	1.089,29
<b>LT 345 kV LAFAIETE - BARBACENA, C1 (Ampliação/Adequação)</b>						<b>110.499,79</b>	<b>37.620,87</b>	<b>9.815,41</b>	<b>3.094,23</b>
Recapacitação com troca de condutores		2039	62,40	1,00	1.770,83	110.499,79	37.620,87	9.815,41	3.094,23
<b>SE 500/345 kV SANTOS DUMONT 2 (Ampliação/Adequação)</b>						<b>113.106,67</b>	<b>38.508,41</b>	<b>10.046,98</b>	<b>3.167,23</b>
2° ATF 500/345 kV, 3 x 250 MVA 1Φ		2039	3,00	1,00	16.212,17	48.636,51	16.558,84	4.320,26	1.361,92
CT (Conexão de Transformador) 500 kV, Arranjo DJM		2039	1,00	1,00	15.922,86	15.922,86	5.421,11	1.414,39	445,87
CT (Conexão de Transformador) 345 kV, Arranjo DJM		2039	1,00	1,00	12.892,77	12.892,77	4.389,49	1.145,23	361,02
IB (Interligação de Barras) 500 kV, Arranjo DJM		2039	1,00	1,00	15.210,65	15.210,65	5.178,63	1.351,12	425,93
IB (Interligação de Barras) 345 kV, Arranjo DJM		2039	1,00	1,00	12.396,85	12.396,85	4.220,64	1.101,18	347,14
MIM - 500 kV		2039	1,00	1,00	4.617,52	4.617,52	1.572,09	410,16	129,30
MIM - 345 kV		2039	1,00	1,00	3.429,51	3.429,51	1.167,61	304,63	96,03

### 14.3.2 Alternativa 2

Descrição	Terminal	Ano	Qtde.	Fator	Custo da Alternativa ( R\$ x 1000 )				
					Custo Unitário (sem fator)	Custo Total	VP	Parcela Anual	RN
						<b>339.437,59</b>	<b>201.722,88</b>	<b>30.151,37</b>	<b>105.169,46</b>
<b>LT 345 kV ITABIRITO 2 - OURO PRETO 2, C1 (Ampliação/Adequação)</b>						<b>3.611,00</b>	<b>2.866,53</b>	<b>320,76</b>	<b>1.918,88</b>
Recapacitação através de alteamento dos cabos		2028	4,60	1,00	785,00	3.611,00	2.866,53	320,76	1.918,88
<b>LT 345 kV ITABIRITO 2 - JECEABA, C1 (Ampliação/Adequação)</b>						<b>73.320,00</b>	<b>58.203,78</b>	<b>6.512,83</b>	<b>38.962,22</b>
Recapacitação com troca dos condutores		2028	56,40	1,00	1.300,00	73.320,00	58.203,78	6.512,83	38.962,22
<b>LT 345 kV JECEABA - LAFAIETE, C1 (Ampliação/Adequação)</b>						<b>38.900,13</b>	<b>13.243,98</b>	<b>3.455,40</b>	<b>1.089,29</b>
Recapacitação com troca de condutores		2039	27,50	1,00	1.414,55	38.900,13	13.243,98	3.455,40	1.089,29
<b>LT 345 kV LAFAIETE - BARBACENA, C1 (Ampliação/Adequação)</b>						<b>110.499,79</b>	<b>37.620,87</b>	<b>9.815,41</b>	<b>3.094,23</b>
Recapacitação com troca de condutores		2039	62,40	1,00	1.770,83	110.499,79	37.620,87	9.815,41	3.094,23
<b>SE 500/345 kV SANTOS DUMONT 2 (Ampliação/Adequação)</b>						<b>113.106,67</b>	<b>89.787,72</b>	<b>10.046,98</b>	<b>60.104,84</b>
2° ATF 500/345 kV, 3 x 250 MVA 1Φ		2028	3,00	1,00	16.212,17	48.636,51	38.609,23	4.320,26	25.845,42
CT (Conexão de Transformador) 500 kV, Arranjo DJM		2028	1,00	1,00	15.922,86	15.922,86	12.640,08	1.414,39	8.461,40
CT (Conexão de Transformador) 345 kV, Arranjo DJM		2028	1,00	1,00	12.892,77	12.892,77	10.234,70	1.145,23	6.851,21
IB (Interligação de Barras) 500 kV, Arranjo DJM		2028	1,00	1,00	15.210,65	15.210,65	12.074,70	1.351,12	8.082,93
IB (Interligação de Barras) 345 kV, Arranjo DJM		2028	1,00	1,00	12.396,85	12.396,85	9.841,02	1.101,18	6.587,68
MIM - 500 kV		2028	1,00	1,00	4.617,52	4.617,52	3.665,54	410,16	2.453,75
MIM - 345 kV		2028	1,00	1,00	3.429,51	3.429,51	2.722,46	304,63	1.822,44

## 14.4 Lista de equipamentos terminais das subestações

Tabela 14-1 - Estado atual dos equipamentos terminais da LT 345 kV Itabirito 2 – Ouro Preto

Instalação	Denominação do objeto técnico	Ano de construção	Entrada em serviço	Vida útil restante
SE Itabirito 2	Disjuntor (8111)	2011	abr/2014	23
SE Itabirito 2	Para-raios (AZ, BR, VM)	2011	abr/2014	14
SE Itabirito 2	TP Capacitivo (AZ, BR, VM)	2010	abr/2014	20
SE Itabirito 2	Transformador de Corrente (AZ, BR, VM)	2010	abr/2014	20
SE Itabirito 2	Chave seccionadora (8112)	2011	abr/2014	20
SE Itabirito 2	Chave seccionadora (8114_4T)	2011	abr/2014	20
SE Itabirito 2	Chave seccionadora (8115)	2011	abr/2014	20
SE Ouro Preto 2	Chave seccionadora (2P8_8T)	1987	nov/1988	Expirada
SE Ouro Preto 2	Chave seccionadora (2P3)	1987	out/1989	Expirada
SE Ouro Preto 2	Chave seccionadora (2P5)	1987	out/1989	Expirada
SE Ouro Preto 2	Chave seccionadora (3P3)	1987	out/1989	Expirada
SE Ouro Preto 2	Chave seccionadora (3P5)	1987	out/1989	Expirada
SE Ouro Preto 2	Disjuntor (2P4)	1986	out/1989	Expirada
SE Ouro Preto 2	Disjuntor (3P4)	1987	out/1989	Expirada
SE Ouro Preto 2	Para-raios (AZ, BR, VM)	1988	nov/1988	Expirada
SE Ouro Preto 2	TP Capacitivo (AZ, BR, VM)	1987	nov/1988	Expirada
SE Ouro Preto 2	Transformador de Corrente (2P4 – AZ, BR, VM)	2022	nov/2022	2
SE Ouro Preto 2	Transformador de Corrente (3P4 – AZ, BR, VM)	2022	nov/2022	2

Tabela 14-2 - Estado atual dos equipamentos terminais da LT 345 kV Itabirito 2 – Jeceaba C1

Instalação	Denominação do objeto técnico	Ano de construção	Entrada em serviço	Vida útil restante
SE Jeceaba	Chave Seccionadora (9P3)	2009	ago/2010	16
SE Jeceaba	Chave Seccionadora (9P5)	2009	ago/2010	16
SE Jeceaba	Chave Seccionadora (9P8_8T)	2009	ago/2010	16
SE Jeceaba	Disjuntor (9P4)	2009	ago/2010	19
SE Jeceaba	Para-raios (AZ, BR, VM)	2009	ago/2010	10
SE Jeceaba	Transformador de Corrente (AZ, BR, VM)	2009	ago/2010	16
SE Jeceaba	TP Capacitivo (AZ, BR, VM)	2009	ago/2010	16
SE Jeceaba	Chave Seccionadora (8P3)	2009	ago/2010	16
SE Jeceaba	Chave Seccionadora (8P5)	2009	ago/2010	16
SE Jeceaba	Disjuntor (8P4)	2009	ago/2010	19
SE Jeceaba	Transformador de Corrente (AZ, BR, VM)	2009	ago/2010	16
SE Itabirito 2	Disjuntor (8121)	2011	abr/2014	23
SE Itabirito 2	Para-raios (AZ, BR, VM)	2011	abr/2014	14
SE Itabirito 2	Transformador de Corrente (AZ, BR, VM)	2010	abr/2014	20
SE Itabirito 2	TP Capacitivo (AZ, BR, VM)	2010	abr/2014	20
SE Itabirito 2	Chave seccionadora (8112)	2011	abr/2014	20
SE Itabirito 2	Chave seccionadora (8124_4T)	2011	abr/2014	20
SE Itabirito 2	Chave seccionadora (8125)	2011	abr/2014	20

## 14.5 Carregamentos das LTs de Minas Gerais – Controle de Tensão

Barra DE	Barra Para	Nc	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
BJLAP2-BA500	JANAU3-MG500	1	16,6	19,4	17,9	18,5	17,9	17,5	16,3	17,7	18,1	19,9
BJLAP2-BA500	JAIBA--MG500	1	12,9	15,2	14,3	14,6	14,0	13,6	12,6	14,0	14,2	15,8
BJLAP2-BA500	JAIBA--MG500	2	12,9	15,2	14,3	14,6	14,0	13,6	12,6	14,0	14,2	15,8
R.EGUA-BA500	ARINO2-MG500	1	4,6	6,1	6,4	4,5	3,9	3,8	5,5	5,0	4,2	4,1
LSILVE-MG500	BURIT3-MG500	1	1,7	1,7	1,6	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,7	1,7
ITABI2-MG500	OPRET2-MG500	1	21,4	8,9	13,1	22,7	24,4	16,3	13,0	13,3	16,9	17,1
ITABI2-MG500	SDUMO2-MG500	1	8,6	9,6	9,0	9,6	9,0	9,8	7,9	8,3	8,5	8,9
BDESPA-MG500	NEVES1-MG500	1	8,7	7,3	7,0	7,6	8,3	8,9	9,7	8,9	9,4	8,6
BDESPA-MG500	NEVES1-MG500	2	8,7	7,3	7,0	7,6	8,3	8,9	9,7	8,8	9,4	8,6
BDESPA-MG500	SGPARA-MG500	1	9,7	8,3	8,8	9,4	10,2	11,0	11,6	10,9	11,5	10,7
BDESPA-MG500	SGPARA-MG500	2	9,5	8,1	8,6	9,2	9,9	10,7	11,3	10,6	11,2	10,5
JAGUAR-MG500	BDESPA-MG500	1	10,7	9,2	10,8	10,6	11,5	12,6	13,6	12,7	13,3	11,8
JAGUAR-MG500	BDESPA-MG500	2	10,7	9,2	10,8	10,6	11,5	12,6	13,6	12,7	13,2	11,8
JAGUAR-MG500	NPONTE-MG500	1	10,0	10,9	10,0	9,4	8,6	8,4	7,7	7,6	7,7	8,7
JAGUAR-MG500	SSIMAO-MG500	1	12,5	11,1	12,5	12,3	12,8	13,7	14,0	12,8	14,4	13,6
JAGUAR-MG500	ESTREI-MG500	1	8,0	8,3	9,4	10,0	10,3	9,9	11,8	11,2	10,2	9,6
JAGUAR-MG500	ESTREI-MG500	2	7,0	7,2	8,2	8,7	8,9	8,6	10,3	9,7	8,9	8,4
MESQUI-MG500	ITABI5-MG500	1	2,5	3,7	4,2	3,9	3,5	4,4	4,2	4,1	4,4	4,7
MESQUI-MG500	ITABI5-MG500	2	2,3	3,6	4,1	3,7	3,3	4,3	4,0	4,0	4,3	4,6
MESQUI-MG500	MUTUM--MG500	1	11,8	12,4	12,1	12,2	12,4	12,7	12,9	12,9	12,8	12,6
MESQUI-MG500	JNEIV2-ES500	1	6,5	7,9	6,9	6,5	6,2	6,0	5,8	6,1	5,9	6,3
NEVES1-MG500	ITABI5-MG500	1	9,9	8,8	9,4	11,1	9,2	8,2	8,0	9,1	10,5	11,0
SGOTA2-MG500	BDESPA-MG500	1	9,2	8,9	9,2	9,1	9,3	9,5	9,7	9,2	9,2	9,8
SGOTA2-MG500	BDESPA-MG500	2	8,1	7,8	8,1	8,0	8,2	8,4	8,5	8,1	8,1	8,6
SGOTA2-MG500	NPONTE-MG500	1	9,8	7,8	9,7	9,2	10,3	11,1	12,5	11,7	12,1	10,1
SGPARA-MG500	ITABI2-MG500	1	13,1	13,2	13,1	13,2	13,3	14,3	13,3	13,3	13,5	13,7
SGPARA-MG500	OPRET2-MG500	1	12,5	12,4	12,8	12,6	12,7	13,1	13,0	13,0	13,0	13,2
EMBORC-MG500	SGOTA2-MG500	1	11,1	9,9	11,4	10,7	11,2	11,7	12,6	12,3	12,0	10,9
EMBORC-MG500	NPONTE-MG500	1	7,5	8,7	8,0	7,0	6,2	5,4	4,8	5,4	4,7	5,5
EMBORC-MG500	NPONTE-MG500	2	7,2	8,4	7,7	6,8	6,0	5,2	4,6	5,2	4,6	5,3
SSIMAO-MG500	AVERME-SP500	1	4,3	4,1	5,8	4,8	6,5	9,1	9,8	6,9	11,6	9,7
SSIMAO-MG500	MARIM2-MG500	1	14,3	14,2	15,1	14,2	13,5	13,6	12,9	12,5	13,2	13,6
VESPA2-MG500	ITABI2-MG500	1	18,1	20,5	17,5	17,6	17,2	18,6	15,4	16,8	16,8	17,9
VESPA2-MG500	NEVES1-MG500	1	4,7	9,1	10,4	7,2	8,6	5,3	7,3	7,5	5,4	7,0
VESPA2-MG500	ITABI5-MG500	1	10,6	9,1	10,8	12,6	10,8	8,9	9,5	10,1	11,6	12,0
PARACA-MG500	EMBORC-MG500	1	7,2	5,7	6,4	6,9	8,0	8,7	8,8	7,4	9,2	7,6
PARACA-MG500	NPONT3-MG500	1	7,4	7,1	7,4	6,9	8,1	8,6	8,8	7,5	9,3	7,9
PARACA-MG500	NPONT3-MG500	2	7,4	7,1	7,4	6,9	8,1	8,6	8,8	7,5	9,3	7,9
PARACA-MG500	KINROS-MG500	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PARACA-MG500	CBSRT--MG500	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PIRAP2-MG500	PARACA-MG500	1	5,7	5,0	4,9	5,1	5,2	5,4	6,4	6,2	5,5	4,7
PIRAP2-MG500	JUSCEL-MG500	1	4,0	4,5	6,9	3,8	4,4	4,0	7,2	7,2	4,1	4,2
PIRAP2-MG500	JUSCEL-MG500	2	4,0	4,5	6,9	3,8	4,4	4,1	7,3	7,2	4,1	4,2
PIRAP2-MG500	BURIT3-MG500	1	6,9	8,7	7,4	2,2	4,9	4,3	8,0	5,4	4,5	4,2
PIRAP2-MG500	BURIT3-MG500	2	6,9	8,7	7,4	2,2	4,9	4,3	8,0	5,4	4,5	4,2
C.PAUL-SP500	ITAJU3-MG500	1	2,3	2,6	2,3	3,1	2,8	4,2	4,0	3,6	4,9	6,7
POCOS--MG500	ITAJU3-MG500	1	10,1	9,4	9,9	9,3	10,7	9,1	9,3	9,7	9,0	7,6
ARARAQ-SP500	POCOS--MG500	1	13,4	12,6	13,5	14,3	15,1	16,0	16,8	15,5	17,2	16,4
MARIMB-MG500	AVERME-SP500	1	19,5	16,2	21,5	19,3	20,5	22,5	21,8	19,0	24,0	22,9
MARIMB-MG500	MARIM2-MG500	1	12,5	13,1	13,6	11,8	11,3	10,0	8,7	9,3	9,7	10,2
MARIMB-MG500	MARIM2-MG500	2	12,5	13,1	13,6	11,8	11,3	10,0	8,7	9,3	9,7	10,2
MARIMB-MG500	MARIM2-MG500	3	11,4	12,0	12,4	10,8	10,3	9,2	8,0	8,5	8,8	9,3
MARIMB-MG500	MRAGUD-SP500	1	11,3	9,6	9,3	9,8	10,9	11,0	11,0	10,6	11,6	11,4
ITUMBI-MG500	EMBORC-MG500	1	14,4	12,9	14,3	14,2	15,2	15,5	16,0	14,6	16,1	14,3
ITUMBI-MG500	SSIMAO-MG500	1	10,2	8,3	9,6	11,0	12,4	15,2	16,3	13,9	17,5	15,6
ITUMBI-MG500	MARIMB-MG500	1	11,4	13,4	11,2	9,6	8,7	7,1	6,4	7,1	6,9	6,8
ITUMBI-MG500	NPONT3-MG500	1	10,7	10,9	11,1	10,8	10,6	10,4	10,1	9,8	10,2	9,9
RVERDN-GO500	ITUMBI-MG500	1	2,5	2,2	4,1	3,5	2,5	3,0	3,6	3,8	2,7	3,1
RVERDN-GO500	MARIM2-MG500	1	6,5	7,3	7,0	5,8	4,7	4,1	4,0	4,5	3,7	3,7
RVERDN-GO500	MARIM2-MG500	2	6,5	7,3	7,0	5,8	4,7	4,1	4,0	4,5	3,7	3,7
ITAGUA-GO500	SSIMAO-MG500	1	11,6	11,6	11,3	11,3	11,4	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2
LUZIAN-GO500	PARACA-MG500	1	7,1	6,2	7,5	7,7	8,6	10,1	10,7	9,0	11,7	9,4
LUZIAN-GO500	PIRAP2-MG500	1	3,6	3,7	5,0	3,0	2,7	2,5	4,8	5,0	2,4	2,4
ESTREI-MG500	NPONTE-MG500	1	6,7	7,8	6,9	5,9	5,1	4,9	4,1	4,1	4,5	5,3
ESTREI-MG500	C.PAUL-SP500	1	13,1	13,8	13,9	12,7	12,4	11,8	10,9	11,1	11,1	12,1
ESTREI-MG500	C.PAUL-SP500	2	13,1	13,8	13,9	12,7	12,4	11,8	10,9	11,1	11,1	12,1
ESTREI-MG500	RIBEIR-SP500	1	9,1	8,9	7,7	8,3	7,5	9,7	9,1	7,0	9,4	9,7
ESTREI-MG500	F.DIAS-SP500	1	10,5	11,6	11,1	10,3	10,0	8,8	8,4	9,2	8,5	9,2
ESTREI-MG500	F.DIAS-SP500	2	10,5	11,6	11,1	10,3	10,0	8,8	8,4	9,2	8,5	9,2
ESTREI-MG500	EST-XI-MG500	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
RIBEIR-SP500	POCOS--MG500	1	23,0	22,5	22,2	20,5	21,3	19,7	18,5	18,5	18,1	18,9



<b>Barra DE</b>	<b>Barra Para</b>	<b>Nc</b>	<b>2030</b>	<b>2031</b>	<b>2032</b>	<b>2033</b>	<b>2034</b>	<b>2035</b>	<b>2036</b>	<b>2037</b>	<b>2038</b>	<b>2039</b>
ARINO2-MG500	CACENA-MG500	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
BRXJAN-MG500	JANAU3-MG500	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SOLIDA-MG500	JANAU3-MG500	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SKYARI-MG500	ARINO2-MG500	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
C.PJUS-MG500	JUSCEL-MG500	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ITABI2-MG500	CSN----MG500	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
JUSSIA-BA500	SJPARA-MG500	1	14,5	17,3	16,8	16,0	15,5	14,8	14,1	16,0	15,4	17,7
JUSSIA-BA500	SJPARA-MG500	2	14,5	17,3	16,8	16,0	15,5	14,8	14,1	16,0	15,4	17,7
SJPARA-MG500	CAPEL3-MG500	1	12,9	15,5	14,5	14,1	13,5	12,9	12,2	13,8	13,4	15,3
SJPARA-MG500	PPARA2-MG500	1	10,8	12,4	12,3	11,9	11,6	11,4	11,0	11,9	11,6	13,0