

ESTUDOS PARA A LICITAÇÃO DA EXPANSÃO DA TRANSMISSÃO

**DETALHAMENTO DA ALTERNATIVA DE
REFERÊNCIA: RELATÓRIO R2**

*Expansão do sistema de transmissão para escoamento do
potencial termelétrico dos estados do Rio de Janeiro e
Espírito Santo*



Empresa de Pesquisa Energética

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



GOVERNO FEDERAL
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministério de Minas e Energia

Ministro

Wellington Moreira Franco

Secretário-Executivo do MME

Márcio Félix Carvalho Bezerra

Secretário de Planejamento e Desenvolvimento Energético

Eduardo Azevedo Rodrigues

Secretário de Energia Elétrica

Ildo Wilson Grudtner

Secretário de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis

João Vicente de Carvalho Vieira

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Vicente Humberto Lôbo Cruz

ESTUDOS PARA A LICITAÇÃO DA EXPANSÃO DA TRANSMISSÃO

DETALHAMENTO DA ALTERNATIVA DE REFERÊNCIA: RELATÓRIO R2

*Expansão do sistema de
transmissão para escoamento do
potencial termelétrico dos estados
do Rio de Janeiro e Espírito Santo*



Empresa de Pesquisa Energética

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

Presidente

Reive Barros dos Santos

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais

Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

Diretor de Estudos de Energia Elétrica

Amílcar Gonçalves Guerreiro

Diretor de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustíveis

José Mauro Ferreira Coelho

Diretor de Gestão Corporativa

Álvaro Henrique Matias Pereira

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

Sede

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

Escritório Central

Av. Rio Branco, 01 – 11º Andar
20090-003 - Rio de Janeiro – RJ

Coordenação Geral

Amílcar Gonçalves Guerreiro

Coordenação Executiva

José Marcos Bressane

Equipe Técnica

Dourival de Souza Carvalho Junior
João Henrique Magalhães Almeida
Sérgio Felipe Falcão Lima
Fabiano Schmidt
Paulo Fernando S. Dias de Carvalho

Nº EPE-DEE-RE-050/2018-rev0

Data: 18 de julho de 2018

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

 Empresa de Pesquisa Energética	Contrato Data de assinatura	
<i>Projeto</i>	ESTUDOS PARA A LICITAÇÃO DA EXPANSÃO DA TRANSMISSÃO	
<i>Área de estudo</i>	Estudos do Sistema de Transmissão	
<i>Sub-área de estudo</i>	Detalhamento da Alternativa de Referência: Relatório R2	
<i>Produto (Nota Técnica ou Relatório)</i> EPE-DEE-RE-050/2018	Expansão do sistema de transmissão para escoamento do potencial termelétrico dos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo	
<i>Revisões</i>	<i>Data</i>	<i>Descrição sucinta</i>
rev0	18.07.2018	Emissão Original

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	OBJETIVO	10
3	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	10
3.1	OTIMIZAÇÃO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO	11
3.2	RESSONÂNCIA EM CIRCUITOS PARALELOS.....	11
3.3	RELIGAMENTO MONOPOLAR.....	12
3.4	ENERGIZAÇÃO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO	12
3.5	RELIGAMENTO TRIPOLAR DE LINHAS DE TRANSMISSÃO	13
3.6	REJEIÇÃO DE CARGA	13
4	OTIMIZAÇÃO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO	15
4.1	INTRODUÇÃO.....	15
4.2	CARACTERÍSTICAS DAS LINHAS EM 500 kV, CIRCUITO DUPLO.....	15
4.3	OTIMIZAÇÃO DAS LINHAS EM 500 kV, CIRCUITO DUPLO	16
5	CRITÉRIOS PARA TRANSITÓRIOS ELETROMAGNÉTICOS	18
5.1	CONDIÇÕES PRÉ-MANOBRA	18
5.2	MODELAGEM DA REDE	18
5.3	PROCEDIMENTOS PARA RELIGAMENTO MONOPOLAR	23
5.4	PROCEDIMENTOS PARA ENERGIZAÇÃO DE LINHAS	25
5.5	PROCEDIMENTOS PARA RELIGAMENTO TRIPOLAR	25
5.6	PROCEDIMENTOS PARA REJEIÇÃO DE CARGA.....	26
6	REDE REPRESENTADA NOS ESTUDOS DE TRANSITÓRIOS	28
6.1	CENÁRIOS DE FLUXO DE POTÊNCIA DE REFERÊNCIA.....	28
6.2	CONFIGURAÇÃO PARA MANOBRAS DE ENERGIZAÇÃO E RELIGAMENTO	28
6.3	CONFIGURAÇÃO PARA MANOBRAS DE REJEIÇÃO DE CARGA E EXTINÇÃO DE ARCO SECUNDÁRIO	29
7	ANÁLISE DE RESSONÂNCIA EM CIRCUITOS PARALELOS.....	30
7.1	PRINCIPAIS RESULTADOS.....	30
7.2	LT 500 kV TERMINAL RIO - LAGOS, EM CIRCUITO DUPLO, C1 E C2	31
7.3	LT 500 kV CAMPOS 2 - MUTUM, EM CIRCUITO DUPLO, C1 E C2	33
8	RELIGAMENTO MONOPOLAR	35
8.1	PRINCIPAIS RESULTADOS	35
8.2	LT 500 kV TERMINAL RIO - LAGOS, EM CIRCUITO DUPLO, C1 E C2	35
8.3	LT 500 kV LAGOS - CAMPOS 2, EM CIRCUITO DUPLO, C1 E C2	38
8.4	LT 500 kV CAMPOS 2 - MUTUM, EM CIRCUITO DUPLO, C1 E C2	40
9	ENERGIZAÇÃO DE LINHAS	42
9.1	PRINCIPAIS RESULTADOS	42
9.2	LT 500 kV TERMINAL RIO - LAGOS, C1 E C2	42
9.3	LT 500 kV LAGOS - CAMPOS 2, C1 E C2	48
9.4	LT 500 kV CAMPOS 2 - MUTUM, C1 E C2	52
10	RELIGAMENTO TRIPOLAR.....	58
10.1	PRINCIPAIS RESULTADOS	58

10.2	LT 500 kV TERMINAL RIO - LAGOS, C1 E C2	58
10.3	LT 500 kV LAGOS - CAMPOS 2 , C1 E C2	64
10.4	LT 500 kV CAMPOS 2 - MUTUM , C1 E C2	70
11	REJEIÇÃO DE CARGA.....	77
11.1	PRINCIPAIS RESULTADOS	77
11.2	LT 500 kV TERMINAL RIO - LAGOS, EM CIRCUITO DUPLO, C1 E C2	78
11.3	LT 500 kV LAGOS - CAMPOS 2, EM CIRCUITO DUPLO, C1 E C2	82
11.4	LT 500 kV CAMPOS 2 - MUTUM, EM CIRCUITO DUPLO, C1 E C2	85
11.5	REJEIÇÃO COM INDISPONIBILIDADE DE GERAÇÃO	87
11.5.1	<i>LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, em circuito duplo, C1 e C2</i>	<i>87</i>
11.5.2	<i>LT 500 kV Campos 2 - Mutum, em circuito duplo, C1 e C2</i>	<i>90</i>
12	REFERÊNCIAS.....	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Diagrama ilustrativo da rota da alternativa selecionada.....	9
Figura 1-2 Diagrama simplificado da alternativa selecionada	10
Figura 4-1 Disposição geométrica dos condutores em estrutura típica em 500 kV, circuito duplo.	15
Figura 4-2 Custos unitários resultantes, por unidade de comprimento, em função da bitola do condutor, ponderando os comprimentos das três linhas avaliadas.	17
Figura 5-1 Rede retida representada no programa ATP.....	22
Figura 5-2 Curva indicativa [5] para análise da extinção da corrente de arco secundário, para tempo morto de até 500 ms.....	24
Figura 5-3 Curva indicativa [7] de tempo morto para extinção de arco secundário <i>versus</i> valor eficaz da corrente de arco secundário, para tensões até 765 kV	24
Figura 7-1 Tensão x frequência na LT 500 kV Terminal Rio – Lagos, em circuito duplo, C1, comp. 90 Mvar	31
Figura 7-2 Corrente de arco secundário e tensões de fase aberta em C2, com C1 aberto e não aterrado - LT 500 kV Terminal Rio – Lagos, em circuito duplo, C1 e C2, comp. de 90 Mvar	32
Figura 7-3 Tensão x frequência na LT 500 kV Terminal Rio – Lagos, em circuito duplo, C1, comp. 50 Mvar	32
Figura 7-4 Tensão x frequência na LT 500 kV Campos 2 - Mutum, em circuito duplo, C1, comp. 100 Mvar.....	33
Figura 7-5 Corrente de arco secundário e tensões de fase aberta em C2, com C1 aberto e não aterrado - LT 500 kV Campos 2 - Mutum, em circuito duplo, C1 e C2, comp. de 100 Mvar.....	34
Figura 7-6 Tensão x frequência na LT 500 kV Campos 2 - Mutum, em circuito duplo, C1, comp. 60 Mvar	34
Figura 8-1 LT 500 kV Terminal Rio – Lagos, em circuito duplo, C1 e C2 - Prospecção dos valores eficazes das tensões induzidas na fase aberta de C1, na extremidade Lagos, com neutro dos reatores solidamente aterrados.....	36
Figura 8-2 LT 500 kV Terminal Rio – Lagos, em circuito duplo, C1 e C2 - Prospecção do valor eficaz da corrente de arco secundário, falta na extremidade Terminal Rio com neutro dos reatores solidamente aterrados, e com um dos circuitos desconectado e não aterrado nas extremidades	37
Figura 8-3 LT 500 kV Terminal Rio – Lagos, em circuito duplo, C1 e C2 - Prospecção do valor eficaz da corrente de arco secundário, falta na extremidade Terminal Rio com reator de neutro de 800 Ω , e com um dos circuitos desconectado e não aterrado nas extremidades	37
Figura 8-4 LT 500 kV Lagos – Campos 2, em circuito duplo, C1 e C2 - Prospecção dos valores eficazes das tensões induzidas na fase aberta de C1, na extremidade Campos 2, com neutro dos reatores solidamente aterrados.....	38
Figura 8-5 LT 500 kV Lagos – Campos 2, em circuito duplo, C1 e C2 - Prospecção dos valores eficazes das tensões induzidas na fase aberta de um circuito, na extremidade Campos 2, com neutro dos reatores solidamente aterrados, e com o outro desconectado e não aterrado nas extremidades.....	39
Figura 8-6 LT 500 kV Campos 2 - Mutum, em circuito duplo, C1 e C2 - Prospecção dos valores eficazes das tensões induzidas na fase aberta de C1, na extremidade Campos 2, com neutro dos reatores solidamente aterrados.....	40
Figura 8-7 LT 500 kV Campos 2 – Mutum, em circuito duplo, C1 e C2 - Prospecção do valor eficaz da corrente de arco secundário, falta na extremidade Campos 2 com neutro dos reatores solidamente aterrados, e com um dos circuitos desconectado e não aterrado nas extremidades	41
Figura 8-8 LT 500 kV Campos 2 – Mutum, em circuito duplo, C1 e C2 - Prospecção do valor eficaz da corrente de arco secundário, falta na extremidade Campos 2 com reator de neutro de 800 Ω , e com um dos circuitos desconectado e não aterrado nas extremidades	41
Figura 9-1 Energização da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, por Terminal Rio, falta em 1/2 da linha, situação de maior sobretensão – tensões fase –terra em 1/2 da linha	44
Figura 9-2 Energização da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, por Terminal Rio, falta no terminal de Lagos, situação de maior energia dissipada nos para-raios – tensão fase-terra em Lagos	44
Figura 9-3 Energização da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, por Terminal Rio, falta no terminal de Lagos, situação de maior energia dissipada nos PR – energia nos PR no terminal de Lagos 500 kV	45
Figura 9-4 Energização da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, por Lagos, falta em 1/2 da linha, situação de maior sobretensão – tensões fase –terra em 1/2 da linha	46

Figura 9-5 Energização da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, por Lagos, falta no Terminal Rio, situação de maior energia dissipada nos para-raios – tensão fase-terra em Terminal Rio	47
Figura 9-6 Energização da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, por Lagos, falta no ½ da linha, situação de maior energia dissipada nos PR – energia nos PR no terminal de Terminal Rio 500 kV	47
Figura 9-7 Energização da LT 500 kV Lagos – Campos 2, por Campos 2, falta em ½ da linha, situação de maior sobretensão – tensões fase – terra em ½ da linha.	49
Figura 9-8 Energização da LT 500 kV Lagos – Campos 2, por Campos 2, falta em ½ da linha, situação de maior energia dissipada nos para-raios – tensão fase-terra em Lagos.	49
Figura 9-9 Energização da LT 500 kV Lagos – Campos 2, por Campos 2, falta em ½ da linha, situação de maior energia dissipada nos PR – energia nos PR no terminal de Lagos 500 kV	50
Figura 9-10 Energização da LT 500 kV Lagos – Campos 2, por Lagos, falta em ½ da linha, situação de maior sobretensão – tensões fase –terra em ½ da linha.	51
Figura 9-11 Energização da LT 500 kV Lagos – Campos 2, por Lagos, falta em ½ da linha, situação de maior energia dissipada nos para-raios – tensão fase-terra em Campos 2.	51
Figura 9-12 Energização da LT 500 kV Lagos – Campos 2, por Lagos, falta em ½ da linha, situação de maior energia dissipada nos PR – energia nos PR no terminal de Campos 2 500 kV.....	52
Figura 9-13 Energização da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, por Campos 2, falta em ½ da linha, situação de maior sobretensão – tensões fase –terra em ½ da linha.	54
Figura 9-14 Energização da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, por Campos 2, falta no terminal de Mutum, situação de maior energia dissipada nos para-raios – tensão fase-terra em Mutum.....	54
Figura 9-15 Energização da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, por Campos 2, falta no terminal de Mutum, situação de maior energia dissipada nos PR – energia nos PR no terminal de Mutum.....	55
Figura 9-16 Energização da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, por Mutum, falta em ½ da linha, situação de maior sobretensão – tensões fase –terra em ½ da linha.	56
Figura 9-17 Energização da LT 500 kV Campos 2 – Mutum, por Mutum, falta no terminal de Mutum, situação de maior energia dissipada nos para-raios – tensão fase-terra em Mutum.....	57
Figura 9-18 Energização da LT 500 kV Campos 2 – Mutum, por Mutum, falta no terminal de Mutum, situação de maior energia dissipada nos PR – energia nos PR no terminal de Mutum.	57
Figura 10-1 Religamento tripolar da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, C1, por Terminal Rio, falta no ½ da linha, maior sobretensão, tensão fase – terra em ½ da linha.	60
Figura 10-2 Religamento tripolar da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, C1, por Terminal Rio, falta no fim da linha, sobretensão para maior energia dissipada nos para-raios, terminal Lagos.....	60
Figura 10-3 Religamento tripolar da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, C1, por Terminal Rio, falta no fim da linha, maior energia nos para-raios, terminal Lagos.	61
Figura 10-4 Religamento tripolar da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, C1, por Lagos, falta no ½ da linha, maior sobretensão, tensão fase – terra em ½ da linha.	63
Figura 10-5 Religamento tripolar da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, C1, por Lagos, falta no fim da linha, sobretensão para maior energia dissipada nos para-raios, terminal Rio.....	63
Figura 10-6 Religamento tripolar da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, C1, por Lagos, falta no fim da linha, maior energia nos para-raios, Terminal Rio.	64
Figura 10-7 Religamento tripolar da LT 500 kV Lagos – Campos 2, C1, por Lagos, falta no ½ da linha, maior sobretensão, tensão fase – terra em ½ da linha.	66
Figura 10-8 Religamento tripolar da LT 500 kV Lagos – Campos 2, C1, por Lagos, falta no fim da linha, sobretensão para maior energia dissipada nos para-raios, terminal Campos 2.....	66
Figura 10-9 Religamento tripolar da LT 500 kV Lagos – Campos 2, C1, por Lagos, falta no fim da linha, maior energia nos para-raios, terminal Campos 2.	67

Figura 10-10 Religamento tripolar da LT 500 kV Lagos – Campos 2, C1, por Campos 2, falta no fim da linha, maior sobretensão, tensão fase – terra em ½ da linha.	69
Figura 10-11 Religamento tripolar da LT 500 kV Lagos – Campos 2, C1, por Campos 2, falta no fim da linha, sobretensão para maior energia dissipada nos para-raios, terminal Lagos.	69
Figura 10-12 Religamento tripolar da LT 500 kV Lagos – Campos 2, C1, por Campos 2, falta no fim da linha, maior energia nos para-raios, terminal Lagos.	70
Figura 10-13 Religamento tripolar da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, C1, por Campos 2, falta no meio da linha, maior sobretensão, tensão fase – terra no meio da linha.	72
Figura 10-14 Religamento tripolar da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, C1, por Campos 2, falta no fim da linha, sobretensão para maior energia dissipada nos para-raios, terminal Campos 2.	72
Figura 10-15 Religamento tripolar da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, C1, por Campos 2, falta no fim da linha, maior energia nos para-raios, terminal Campos 2.	73
Figura 10-16 Religamento tripolar da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, C1, por Mutum, falta no meio da linha, maior sobretensão, tensão fase – terra no meio da linha.	75
Figura 10-17 Religamento tripolar da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, C1, por Mutum, falta no fim da linha, sobretensão para maior energia dissipada nos para-raios, terminal Campos 2.	75
Figura 10-18 Religamento tripolar da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, C1, por Mutum, falta no fim da linha, maior energia nos para-raios, Campos 2.	76
Figura 11-1 Rejeição dupla da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, em circuito duplo, C1 e C2, cenário inicial, a partir de Terminal Rio, com falta, situação de maior energia nos PR - Tensões fase-terra em Terminal Rio	80
Figura 11-2 Rejeição dupla da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, em circuito duplo, C1 e C2, cenário inicial, a partir de Terminal Rio, com falta - Energia nos PR no extremo de Terminal Rio	80
Figura 11-3 Rejeição tripla da LT 500 kV Terminal Rio – Lagos, cenário final, a partir de Terminal Rio, com falta, situação de maior energia nos PR - Tensões fase-terra em Terminal Rio	82
Figura 11-4 Rejeição tripla da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, cenário final, a partir de Terminal Rio, com falta - Energia nos PR no extremo de Terminal Rio	82
Figura 11-5 Rejeição dupla da LT 500 kV Lagos – Campos 2, em circuito duplo, C1 e C2, cenário inicial, a partir de Campos 2, com falta, situação de maior energia nos PR - Tensões fase-terra em Campos 2	84
Figura 11-6 Rejeição dupla da LT 500 kV Lagos – Campos 2, em circuito duplo, C1 e C2, cenário inicial, a partir de Campos 2, com falta - Energia nos PR no extremo de Campos 2	84
Figura 11-7 Rejeição dupla da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, em circuito duplo, C1 e C2, cenário intermediário, a partir de Campos 2, com falta, situação de maior energia nos PR - Tensões fase-terra em Campos 2	86
Figura 11-8 Rejeição dupla da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, em circuito duplo, C1 e C2, cenário intermediário, a partir de Campos 2, com falta - Energia nos PR no extremo de Campos 2.	86
Figura 11-9 Rejeição dupla da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, em circuito duplo, C1 e C2, sem termelétricas em Lagos e Campos 2, a partir de Terminal Rio, configuração I, com falta - Energia nos PR no extremo de Terminal Rio.	88
Figura 11-10 Rejeição dupla da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, em circuito duplo, C1 e C2, sem termelétricas em Lagos e Campos 2, a partir de Terminal Rio, configuração I, com falta, situação de maior energia nos PR - Tensões fase-terra em Terminal Rio.	88
Figura 11-11 Rejeição dupla da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, em circuito duplo, C1 e C2, sem termelétricas em Lagos e Campos 2, a partir de Terminal Rio, configuração II, com falta - Energia nos PR no extremo de Terminal Rio	89
Figura 11-12 Rejeição dupla da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, em circuito duplo, C1 e C2, sem termelétricas em Lagos e Campos 2, a partir de Terminal Rio, configuração II, com falta, situação de maior energia nos PR - Tensões fase-terra em Terminal Rio.	89
Figura 11-13 Rejeição dupla da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, em circuito duplo, C1 e C2, sem termelétricas em Lagos e Campos 2, a partir de Mutum, configuração I, com falta - Energia nos PR no extremo de Mutum	90
Figura 11-14 Rejeição dupla da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, em circuito duplo, C1 e C2, sem termelétricas em Lagos e Campos 2, a partir de Mutum, configuração I, com falta, situação de maior energia nos PR - Tensões fase-terra em Mutum.	91

Figura 11-15 Rejeição dupla da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, em circuito duplo, C1 e C2, sem termelétricas em Lagos e Campos 2, a partir de Mutum, configuração II, com falta - Energia nos PR no extremo de Mutum 92

Figura 11-16 Rejeição dupla da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, em circuito duplo, C1 e C2, sem termelétricas em Lagos e Campos 2, a partir de Mutum, configuração II, com falta, situação de maior energia nos PR - Tensões fase-terra em Mutum. 92

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3-1 Resumo dos resultados de sobretensões na energização de linhas.....	12
Tabela 3-2 Resumo dos resultados de sobretensões no religamento tripolar	13
Tabela 3-3 Resumo dos resultados de sobretensões na rejeição de carga	13
Tabela 4-1 Coordenadas do centro do feixe da estrutura típica, em 500 kV, circuito duplo	16
Tabela 4-2 Parâmetros elétricos da linha de transmissão em 500 kV, circuito duplo	16
Tabela 5-1 Cenários utilizados nos estudos de transitórios de manobra.....	20
Tabela 5-2 Comparação entre os níveis de curto-circuito obtidos no ATP e no ANAFAS, carga leve, 2023	21
Tabela 6-1 Síntese das configurações de referência para os estudos de transitórios de manobra	28
Tabela 8-1 Valores eficazes das correntes de arco secundário (A), para religamento monopolar na LT Terminal Rio – Lagos, em circuito duplo, C1 e C2 - Falta nas extremidades e 1/2 da LT com o neutro dos reatores solidamente aterrados	36
Tabela 8-2 Valores eficazes das correntes de arco secundário (A), para religamento monopolar na LT Lagos – Campos 2, em circuito duplo, C1 e C2 - Falta nas extremidades e 1/2 da LT com o neutro dos reatores solidamente aterrados	38
Tabela 8-3 Valores eficazes das correntes de arco secundário (A), para religamento monopolar na LT Lagos – Campos 2, circuito duplo, C1 e C2 - Falta nas extremidades e 1/2 da LT com o neutro dos reatores solidamente aterrados, e com um dos circuitos desligado e não aterrado nas extremidades.....	39
Tabela 8-4 Valores eficazes das correntes de arco secundário (A), para religamento monopolar na LT Campos 2 - Mutum, em circuito duplo, C1 e C2 - Falta nas extremidades e 1/2 da LT com o neutro dos reatores solidamente aterrados	40
Tabela 9-1 Energização da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, por Terminal Rio	43
Tabela 9-2 Energização da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, por Terminal Rio	43
Tabela 9-3 Energização da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, por Lagos	45
Tabela 9-4 Energização da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, por Lagos	46
Tabela 9-5 Energização da LT 500 kV Lagos – Campos 2, por Campos 2.....	48
Tabela 9-6 Energização da LT 500 kV Lagos - Campos 2, por Campos 2	48
Tabela 9-7 Energização da LT 500 kV Lagos – Campos 2, por Lagos	50
Tabela 9-8 Energização da LT 500 kV Lagos- Campos 2, por Lagos	51
Tabela 9-9 Energização da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, por Campos 2.....	53
Tabela 9-10 Energização da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, por Campos 2.....	53
Tabela 9-11 Energização da LT 500 kV Campos 2 – Mutum, por Mutum	55
Tabela 9-12 Energização da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, por Mutum.....	56
Tabela 10-1 Religamento tripolar da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, C1, por Terminal Rio	59
Tabela 10-2 Religamento tripolar da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, C1, por Terminal Rio (tensões fase – fase)	59
Tabela 10-3 Religamento tripolar da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, C1, por Lagos (tensões fase – terra e energia nos para-raios)	62
Tabela 10-4 Religamento tripolar da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, C1, por Lagos (tensões fase – fase)	62
Tabela 10-5 Religamento tripolar da LT 500 kV Lagos – Campos 2, C1, por Lagos (tensões fase – terra e energia nos para-raios).....	65
Tabela 10-6 Religamento tripolar da LT 500 kV Lagos – Campos 2, C1, por Lagos (tensões fase – fase).....	65
Tabela 10-7 Religamento tripolar da LT 500 kV Lagos – Campos 2, C1, por Campos 2 (tensões fase – terra e energia nos para-raios).....	68
Tabela 10-8 Religamento tripolar da LT 500 kV Lagos – Campos 2, C1, por Campos 2 (tensões fase – fase).....	68
Tabela 10-9 Religamento tripolar da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, C1, por Campos 2 (tensões fase – terra e energia nos para-raios).....	71
Tabela 10-10 Religamento tripolar da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, C1, por Campos 2 (tensões fase – fase).....	71
Tabela 10-11 Religamento tripolar da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, C1, por Mutum (tensões fase – terra e energia nos para-raios).....	74

Tabela 10-12 Religamento tripolar da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, C1, por Mutum	(tensões fase – fase)	74
Tabela 11-1 Rejeição da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, em circuito duplo, C1 e C2, cenário inicial	(valores eficazes das maiores sobretensões e energia nos para-raios).....	79
Tabela 11-2 Rejeição tripla da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, cenário final	(valores eficazes das maiores sobretensões e energia nos para-raios).....	81
Tabela 11-3 Rejeição dupla da LT 500 kV Lagos – Campos 2, em circuito duplo, C1 e C2, cenário inicial	(valores eficazes das maiores sobretensões e energia nos para-raios).....	83
Tabela 11-4 Rejeição dupla da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, em circuito duplo, C1 e C2, cenário intermediário	(valores eficazes das maiores sobretensões e energia nos para-raios).....	85

1 INTRODUÇÃO

Os estudos para escoamento do potencial termelétrico dos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, apresentados no relatório R1, nº EPE-DEE-RE-029/2018-rev1, de julho de 2018 [1], indicam uma alternativa correspondente a um tronco de transmissão em 500 kV, em circuito duplo, ligando a SE Terminal Rio até a SE Mutum, com extensão total de aproximadamente 545 km. Posteriormente, em função da ampliação do parque gerador, esse tronco poderá ser ampliado a partir da SE Terminal Rio, com a inclusão de um terceiro circuito, e ligação em circuito duplo entre a SE Lagos e a SE Resende, como ilustrado na Figura 1-1.

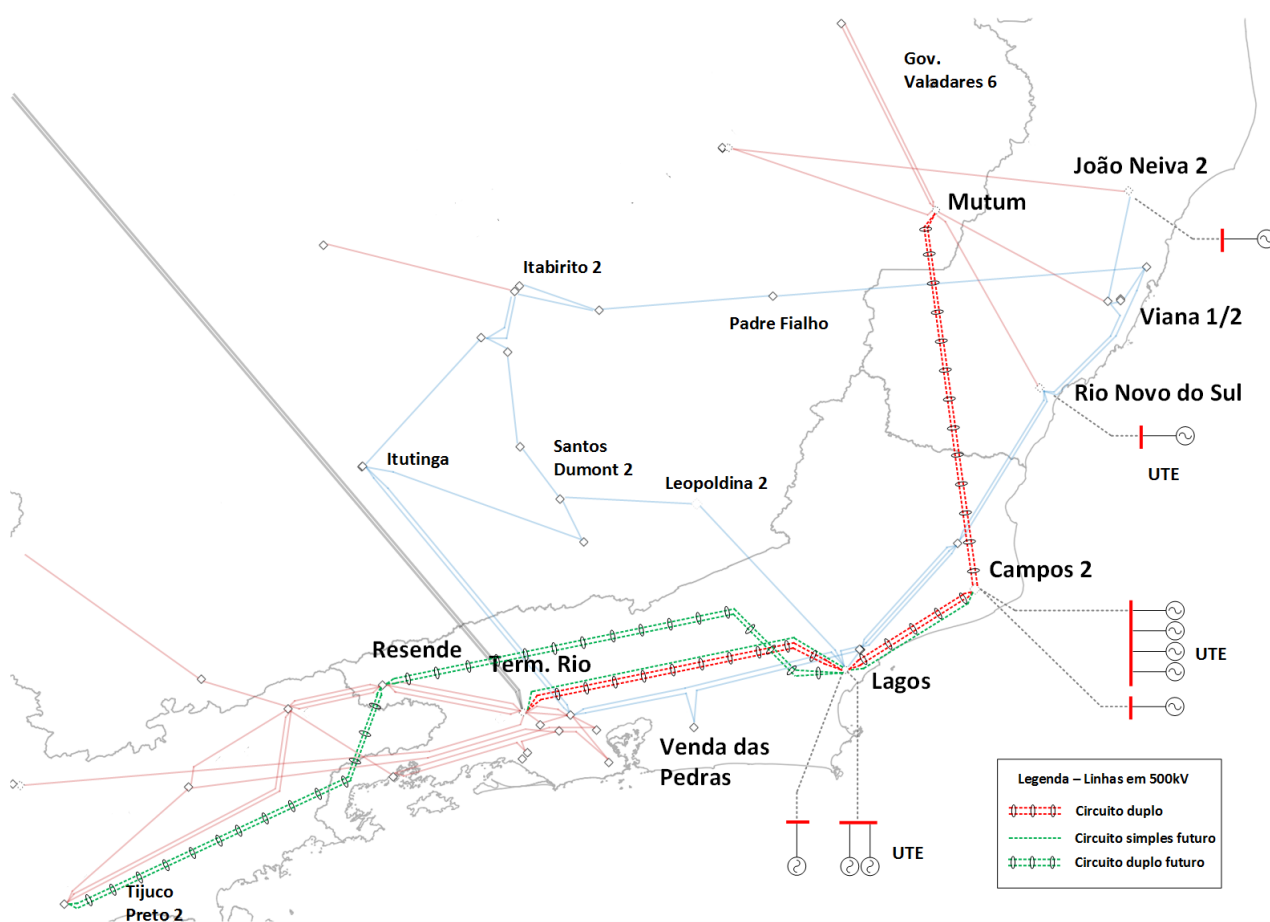


Figura 1-1 Diagrama ilustrativo da rota da alternativa selecionada

O diagrama unifilar simplificado, apresentado na Figura 1-2, indica a configuração da alternativa, cujas linhas de transmissão em 500 kV são previstas com 4 subcondutores tipo CAA, de bitola 1113 MCM (Bluejay) por fase.

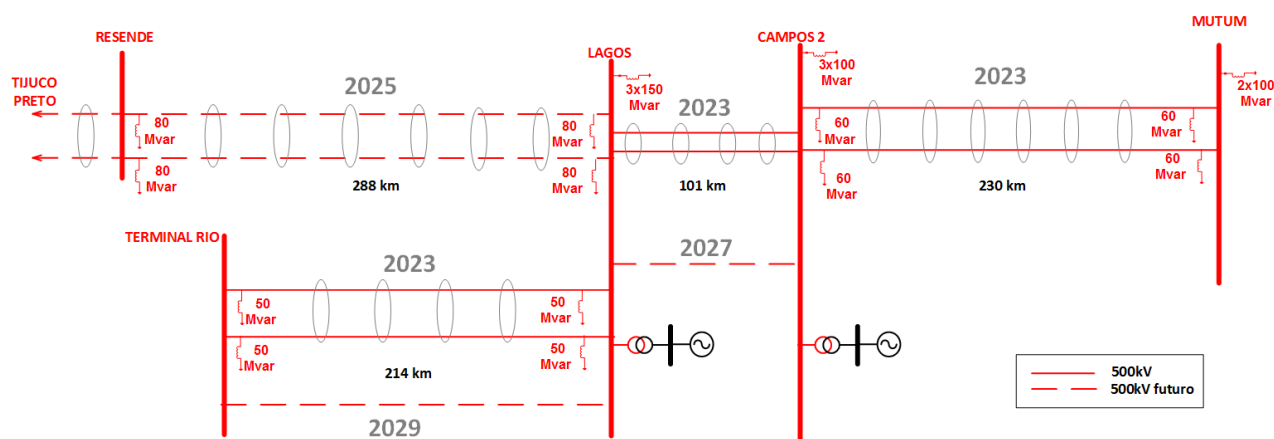


Figura 1-2 Diagrama simplificado da alternativa selecionada

Com o objetivo de dar continuidade às análises para o dimensionamento deste sistema de transmissão e subsidiar o seu processo de licitação, foram desenvolvidos e apresentados neste relatório resultados de estudos específicos com as linhas de transmissão e de transitórios eletromagnéticos de manobra com o sistema tronco de transmissão em 500 kV.

2 OBJETIVO

O objetivo deste relatório é apresentar os resultados dos estudos de detalhamento, otimização das linhas de transmissão e transitórios eletromagnéticos de manobra, da expansão do sistema de transmissão para escoamento do potencial termelétrico dos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, como indicado no Relatório R1, nº EPE-DEE-RE-029/2018-rev1 de julho de 2018 [1].

Esse sistema de transmissão é composto por um tronco de transmissão em 500 kV, em circuito duplo, com cerca de 545 km de extensão, desde a subestação Terminal Rio, passando pelas subestações de Lagos e Campos 2, até a subestação de Mutum.

3 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os estudos de detalhamento desenvolvidos neste relatório indicam que o sistema de transmissão em 500 kV, recomendado para expansão da rede elétrica para escoamento do potencial termelétrico dos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo é viável de ser implantado.

A análise de otimização das linhas de transmissão recomenda o aumento da bitola do condutor originalmente considerado nos estudos do Relatório R1 e a análise de ressonância entre os circuitos paralelos dessa solução em circuito duplo recomenda uma alteração na compensação em derivação das linhas de transmissão. Essas alterações na compensação das linhas acarretaram também na alteração da compensação manobrável das subestações em 500 kV de Lagos e Campos 2.

É importante destacar que possíveis variações no comprimento das linhas compensadas, assim como dos seus parâmetros elétricos, exigirão novas avaliações da ressonância entre circuitos paralelos.

Com relação à viabilidade do religamento monopolar, para as linhas com compensação em derivação, LT 500 kV Terminal Rio – Lagos, C1 e C2, e LT 500 kV Campos 2 – Mutum, C1 e C2, foi identificada a restrição do religamento quando um dos circuitos estiver fora de operação, entretanto, para a LT 500 kV Lagos – Campos 2, sem compensação, ficou evidenciada uma alta probabilidade de extinção do arco secundário.

Para as três linhas de transmissão avaliadas, os estudos de transitórios de manobra, referentes a energização de linha, religamento tripolar e rejeição de carga, resultaram em solicitações dentro de limites admissíveis, no que se refere a sobretensões e energia dissipada nos para-raios de ZnO.

As principais conclusões e recomendações são apresentadas a seguir, por estudo realizado, assim como um sumário de requisitos por linha de transmissão.

3.1 Otimização de linhas de transmissão

A otimização resultou em uma solução única para as três linhas de transmissão, composta por um circuito duplo vertical, com feixes de 4 condutores tipo CAA de bitola 1113 MCM, “Bluejay” espaçados de 0,90 metros, com potência natural da ordem de 1200 MW.

Esta solução aumenta a bitola do condutor considerado originalmente no Relatório R1 (rev0) que consistia em condutores de bitola 954 MCM, “Rail”, e com isto, provoca uma redução na faixa de passagem das linhas que foi reduzida de uma estimativa em 85 metros para cerca de 60 metros.

Quanto à capacidade de transmissão das linhas, tendo em conta as dificuldades de expansão futura do sistema de transmissão na região, com destaque para as questões socioambientais e fundiárias, foi recomendado se estabelecer a capacidade, por circuito, em condição normal de 2800 MVA e de uma correspondente capacidade em emergência de 3400 MVA.

3.2 Ressonância em circuitos paralelos

Foram identificadas ressonâncias entre linhas paralelas nas linhas de transmissão com compensação em derivação, objeto deste relatório.

Para a LT 500 kV Terminal Rio – Lagos, C1 e C2, com as características elétricas da concepção de linha utilizada, e comprimento estimado de 214 km, foi necessário reduzir a compensação reativa dos dois circuitos, de 90 Mvar para 50 Mvar, em ambas extremidades, solução que evita a ressonância paralela na faixa de frequências entre 56 Hz e 66 Hz.

Para a LT 500 kV Campos 2 – Mutum, C1 e C2, com as características elétricas da concepção de linha utilizada, e comprimento estimado de 230 km, foi necessário reduzir a compensação reativa dos dois circuitos, de 100 Mvar para 60 Mvar em ambas extremidades, solução que evita a ressonância paralela na faixa de frequências entre 56 Hz e 66 Hz.

Conforme indicado no Relatório R1, as alterações nas compensações em derivação dessas linhas de transmissão resultantes desta análise do Relatório R2, levaram às alterações das compensações manobráveis das subestações Lagos 500 kV e Campos 2 500 kV.

3.3 Religamento monopolar

Para as LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, C1 e C2, e LT 500 kV Campos 2 – Mutum, C1 e C2, as análises corroboram as investigações de ressonância em circuitos paralelos anteriormente apresentadas, indicando que o religamento monopolar só deverá estar habilitado quando os dois circuitos estiverem em operação, inclusive com um tempo morto superior a 500 ms. A utilização de reator de neutro não se mostrou eficaz na redução das correntes de arco secundário na condição em que um dos circuitos encontra-se fora de operação, não se justificando a recomendação desse tipo de equipamento.

Já para a LT 500 kV Lagos – Campos 2, C1 e C2, para todas as condições consideradas ficou evidenciada uma alta probabilidade de extinção do arco secundário, de modo que é recomendada a habilitação do religamento monopolar para essa linha, em um tempo morto de 500 ms.

3.4 Energização de linhas de transmissão

Para as três linhas de transmissão consideradas, os resultados dos estudos de energização mostraram sobretensões impostas aos terminais e ao longo da linha com valores compatíveis com os usualmente considerados na concepção de linhas dessa classe de tensão, como sumarizado na Tabela 3-1, e com as energias dissipadas nos para-raios de ZnO com valores compatíveis com uma coluna.

Os estudos foram conduzidos com a utilização de resistor de pré-inserção nos disjuntores de manobra igual a 400 Ω .

Tabela 3-1 Resumo dos resultados de sobretensões na energização de linhas

Linha de Transmissão	Sobretensão Máxima (pu)	
	Terminal	Ao longo da LT
LT 500kV Terminal Rio – Lagos, C1 e C2	1,99	2,46
LT 500kV Lagos – Campos 2, C1 e C2	2,00	2,13
LT 500kV Campos 2 – Mutum, C1 e C2	2,01	2,29

3.5 Religamento tripolar de linhas de transmissão

Para as linhas de transmissão consideradas, os resultados dos estudos de religamento tripolar mostraram sobretensões impostas aos terminais e ao longo da linha com valores compatíveis com os usualmente considerados na concepção de linhas dessa classe de tensão, como indicado na Tabela 3-2, com as energias dissipadas nos para-raios de ZnO com valores compatíveis com uma coluna de para-raios.

Os estudos foram conduzidos com a utilização de resistor de pré-inserção nos disjuntores de manobra igual a 400 Ω .

Tabela 3-2 Resumo dos resultados de sobretensões no religamento tripolar

Linha de Transmissão	Sobretensão Máxima (pu)	
	Terminal	Ao longo da LT
LT 500kV Terminal Rio – Lagos, C1 e C2	2,03	2,50
LT 500kV Lagos – Campos 2, C1 e C2	2,02	2,18
LT 500kV Campos 2 – Mutum, C1 e C2	2,02	2,48

3.6 Rejeição de carga

A análise de rejeição de carga, para os cenários de referência extraídos do Relatório R1, mostraram que o sistema estudado suporta adequadamente rejeições duplas e triplas (quando aplicáveis) por quaisquer dos terminais das linhas de transmissão. As sobretensões nos terminais ou ao longo das linhas, como sumarizado na Tabela 3-3, mantiveram-se em níveis compatíveis com os suportáveis para os tipos e classe de tensão das linhas em referência, com energia dissipada nos para-raios de ZnO não chegando ao limite de suportabilidade de uma coluna de para-raios.

Tabela 3-3 Resumo dos resultados de sobretensões na rejeição de carga

Linha de Transmissão	Sobretensão Máxima (pu)	
	Terminal	Ao longo da LT
LT 500kV Terminal Rio – Lagos CD	2,07	2,24
LT 500kV Lagos – Campos 2 CD	2,04	2,14
LT 500kV Campos 2 - Mutum CD	2,08	2,55

Além das análises com os cenários de referência extraídos do Relatório R1, foi investigada uma condição de despacho nulo nas máquinas inseridas nas SEs 500 kV Lagos e Campos 2, situação potencialmente mais severa para o tronco de transmissão em análise, no que se refere à rejeição de carga.

Mesmo nessa condição extrema, a energia dissipada nos para-raios de ZnO continuou dentro dos limites admissíveis, bastando como medida mitigatória a conexão de pelo menos um reator manobrável das barras centrais do tronco de transmissão em 500 kV, Lagos e Campos 2.

4 OTIMIZAÇÃO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO

4.1 Introdução

As linhas de transmissão do tronco em 500 kV Terminal Rio – Lagos – Campos 2 - Mutum, integrantes da alternativa indicada no Relatório R1 [1], foram otimizadas através do modelo computacional ELEKTRA [2] do CEPEL, que considera, dentre outros parâmetros de otimização, as condições previstas de utilização das linhas e o ambiente em que se inserem, assim como condicionantes técnicos, tais como as temperaturas e os campos elétricos na superfície dos condutores.

Para o atendimento às premissas do estudo, como indicado no Relatório R1, ficou caracterizada a necessidade da utilização de uma solução em 500 kV em circuito duplo, com expansão futura em circuito simples.

4.2 Características das linhas em 500 kV, circuito duplo

Dentre as alternativas em circuito duplo em referência [3], foi selecionada uma solução com estruturas auto-portantes, como ilustrado na Figura 4-1, extraída do programa ELEKTRA.

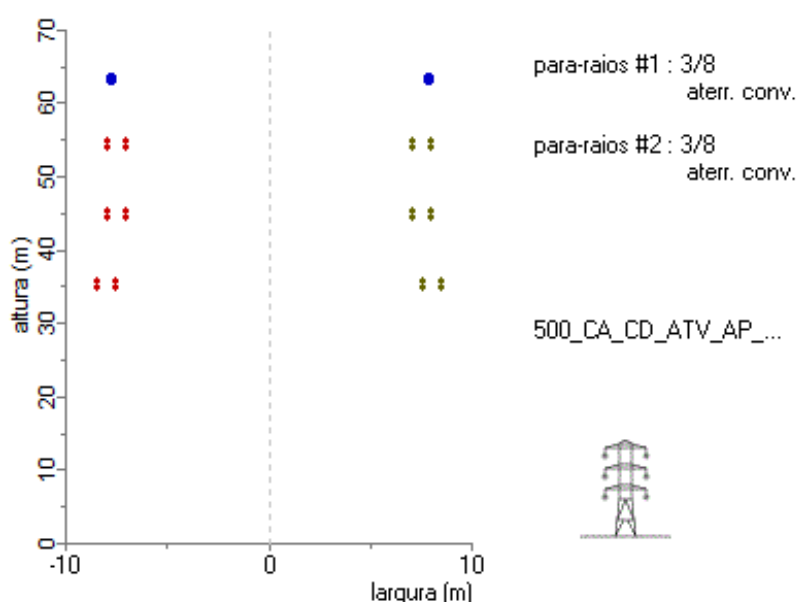


Figura 4-1 Disposição geométrica dos condutores em estrutura típica em 500 kV, circuito duplo.

Para essa configuração selecionada, a Tabela 4-1 apresenta as coordenadas do centro do feixe de 4 condutores por fase e dos cabos para-raios. Nessa configuração o espaçamento entre condutores no feixe é igual a 0,90 metros que resulta com uma potência natural da linha de transmissão da ordem de 1200 MW.

Tabela 4-1 Coordenadas do centro do feixe da estrutura típica, em 500 kV, circuito duplo

	Circuito 1		Circuito 2	
	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)
Feixe A	-8,50	35,63	8,50	35,63
Feixe B	-7,50	45,13	7,50	45,13
Feixe C	-7,50	54,63	7,50	54,63
Pára-raios	-7,80	63,50	7,80	63,50

A otimização das linhas de transmissão, como apresentado no item que se segue deste relatório, indicou uma solução composta por contutores tipo CAA de bitola 1113 MCM, “Bluejay”, cujos parâmetros elétricos unitários são apresentados, na Tabela 4-2.

Tabela 4-2 Parâmetros elétricos da linha de transmissão em 500 kV, circuito duplo

Config.	Nome	Bitola (MCM)	Formação	R+ (Ω/km)	X+ (Ω/km)	B+ ($\mu\text{S}/\text{km}$)	R0 (Ω/km)	X0 (Ω/km)	B0 ($\mu\text{S}/\text{km}$)	RM0 (Ω/km)	XM0 (Ω/km)
4sub	BLUEJAY	1113	45/ 7	0,0151	0,2686	6,2355	0,3110	1,3992	3,3316	0,2999	1,0289

4.3 Otimização das linhas em 500 kV, circuito duplo

Na otimização das linhas de transmissão integrantes do tronco em 500 kV Terminal Rio – Lagos – Campos 2 – Mutum foram utilizadas as seguintes premissas:

- resistividade do solo igual a 1000 $\Omega\cdot\text{m}$;
- custo marginal de expansão (CME): R\$ 217,00/MWh;
- taxa de desconto anual: 8%;
- banco de Custos ANEEL/2017;
- fluxos de potência para cenários de carga leve, média e pesada e suas respectivas permanências.

Além dos critérios listados, foram observadas as restrições relativas aos campos magnético e elétrico bem como níveis de ruído audível, radio interferência e balanço máximo dos condutores, de forma a definir a faixa de passagem.

Através do programa ELEKTRA, para cada bitola de condutor de um conjunto de condutores tipo CAA, são calculados os custos unitários, por quilômetro, da instalação e das perdas elétricas, para as soluções que atendem aos requisitos técnicos.

Como os fluxos de potência nas linhas de transmissão resultaram diferentes para os cenários considerados, buscando-se uma solução única para todas as linhas do tronco de transmissão, foi

feita a otimização de cada linha e esses resultados foram ponderados com o comprimento de cada linha de transmissão. Os resultados estão apresentados na Figura 4-2, que mostra que a solução mais econômica foi obtida com feixes de condutores de bitola 1113 MCM, “Bluejay”.

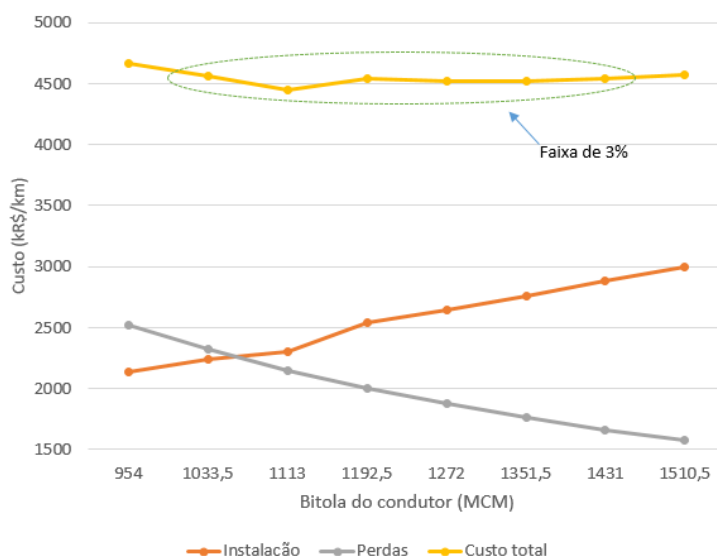


Figura 4-2 Custos unitários resultantes, por unidade de comprimento, em função da bitola do condutor, ponderando os comprimentos das três linhas avaliadas.

Observe-se que, a despeito essa solução mais econômica, um conjunto de condutores de bitolas desde 1033,5 MCM até 1431 MCM resultaram com valores totais de custos situados numa faixa de variação de até 3% com relação à solução mais econômica, indicando a tendência de soluções com condutores de maior bitola com o aumento do custo marginal de expansão.

Essa solução com um condutor de bitola superior à solução originalmente considerada no Relatório R1 (rev0) apresenta uma vantagem adicional por reduzir a faixa de passagem da linha de transmissão de 85 metros (requisito de Radio Interferência) para cerca de 60 metros (requisito de balanço dos cabos), como calculado através do programa ELEKTRA.

Com relação à capacidade de transmissão das linhas, embora os estudos de fluxo de potência realizados no Relatório R1 terem resultado em fluxos máximos em regime normal não superiores a 2100 MVA, recomenda-se que se estabeleça uma capacidade superior, igual a 2800 MVA, tendo em conta as dificuldades de expansão futura do sistema de transmissão na região, com destaque para as questões socioambientais e fundiárias. A despeito dessas linhas, equipadas com feixes de 4 sub condutores de 1113 MCM, “Bluejay”, apresentarem em regime normal capacidade máxima superior, da ordem de 3000 MVA, estabelecer a capacidade normal em 2800 MVA e de uma correspondente capacidade em emergência de 3400 MVA (fator de 1,2 entre normal e emergência) permite a implantação das linhas com disjuntores sem requisitos especiais, com capacidade de corrente nominal igual a 4,0 kA, valor eficaz.

5 CRITÉRIOS PARA TRANSITÓRIOS ELETROMAGNÉTICOS

Neste capítulo são apresentados os principais critérios adotados para a realização dos estudos de transitórios eletromagnéticos de manobra, considerados neste relatório, por religamento monopolar (extinção de arco secundário), energização de linhas de transmissão, religamento tripolar de linhas de transmissão e rejeição de carga.

Destaca-se que também foram realizadas análises de ressonância paralela, cujos critérios e procedimentos adotados estão descritos no Capítulo 7.

5.1 Condições pré-manobra

Em regime permanente o sistema opera em condição normal, respeitando os seguintes critérios de tensão:

- tensões nas barras em 500 kV, vizinhas às de estudo, dentro da faixa de 1,0 pu a 1,1 pu da tensão nominal;
- tensões nas demais barras representadas dentro da faixa de 0,95 a 1,05 pu, excetuando-se as de 440 kV, cujo limite superior da faixa é 1,046 pu, conforme [4].

Em algumas situações, conforme indicado ao longo da apresentação dos resultados, foi considerada a rede completa, com todos os seus elementos. Por outro lado, para os casos justificáveis, realizou-se simulações com a rede degradada em regime permanente. Nestes casos, buscou-se as mesmas condições operativas supracitadas.

Para a obtenção das condições de tensão pré-manobra necessárias às simulações de transitórios eletromagnéticos, assumiu-se as seguintes premissas:

- os elementos em derivação conectados às barras envolvidas nas manobras foram considerados indisponíveis;
- para efeito de controle da tensão pré-manobra, todos os demais elementos manobráveis de compensação em derivação foram considerados disponíveis.

5.2 Modelagem da Rede

➤ Representação de usinas

As usinas, incluindo máquinas síncronas, foram representadas pelo seu modelo clássico de fonte de tensão constante atrás de reatância subtransitória de eixo direto. Não foi considerada a ação dos reguladores de tensão e de velocidade.

➤ Representação das estações conversoras dos elos de transmissão em corrente contínua

As pontes inversoras foram representadas como fontes de corrente constante, de forma que as potências injetadas na rede fossem compatíveis com os despachos dos cenários de fluxo de potência analisados em [1]. Também foram modelados transformadores, conversores, filtros de harmônicos, bancos de capacitores e compensadores síncronos, quando aplicável.

➤ Representação de disjuntores

Foram representados por chaves ideais, acopladas a resistores de pré-inserção de 400 ohms, com tempo médio de permanência de 10 ms.

➤ Representação de para-raios ZnO

Foram modelados por sua característica não linear $V \times I$, para surtos de manobra, adotando-se a tensão nominal de 420 kV. Considerou-se para-raios de classe 5 (serviço pesado), com uma capacidade de dissipação de energia igual a 13,0 kJ/kV rating, correspondendo a uma dissipação máxima de energia de 5,46 MJ.

Todos os casos foram processados, inicialmente, com a característica de curva máxima dos para-raios para verificar os níveis de tensão. Posteriormente, os mesmos casos foram processados com a característica de curva mínima com o intuito de avaliar as energias dissipadas nos para-raios.

➤ Representação de reatores em derivação

Foram representados como impedância fixa, com fator de qualidade igual a 300, sem considerar as suas características de magnetização.

➤ Representação de transformadores

Para os transformadores existentes os dados foram extraídos dos arquivos disponíveis na EPE, no ONS e informações obtidas junto a agentes de transmissão. Em caso de falta de informação, foi considerada uma característica de saturação típica, com joelho de 1,2 pu, X_{ac} de 30 % e corrente de magnetização de 0,7 %. As reatâncias dos enrolamentos foram obtidas dos arquivos disponíveis na EPE.

➤ Representação das redes receptoras

No presente estudo, com a finalidade de minimizar alterações na resposta em frequência da rede vista pelas barras envolvidas nas manobradas, adotou-se uma metodologia que preserva a rede nessas adjacências, representando, sempre que possível, os elementos até à segunda vizinhança dessas barras. Ressalta-se que barras conectadas por linhas de transmissão curtas foram consideradas como pertencentes ao mesmo nível de vizinhança. Às barras que fazem a interface entre as redes retida e não retida, denominadas *barras de fronteira*, foram conectadas impedâncias equivalentes, próprias e de transferência, calculadas na frequência fundamental, através do programa ANAFAS do Cepel. Note que o equivalente da rede não retida foi calculado preservando-se as potências de curto-circuito na região de interesse.

Com o objetivo de obter resultados mais conservativos do ponto de vista de transitórios de manobra, foi utilizado somente o equivalente da rede não retida calculado a partir do cenário de carga leve, em 2023, definido nos estudos de fluxo de potência [1]. De fato, neste cenário se verificam os menores níveis de curto-circuito, situação onde são esperadas as maiores sobretensões. Com a rede retida e o equivalente acoplado, o ponto de operação do sistema foi ajustado, conforme o relatório R1 [1], resultando em quatro pontos de operação com as seguintes características e objetivos de estudo:

- patamar de carga leve, com baixa geração local, para as simulações de energização e religamento tripolar;
- fluxo elevado nas linhas, para simulações de rejeição de carga e religamento monopolar.

A Tabela 5-1 apresenta, de forma sucinta, os cenários utilizados para cada linha de transmissão em análise. Maiores discussões sobre estes cenários, que foram utilizados como ponto de partida para os estudos de transitórios, podem ser encontradas no Capítulo 6.

Tabela 5-1 Cenários utilizados nos estudos de transitórios de manobra

Linha\Cenário-Ano	4-2023	2-2024 ⁽¹⁾	1-2027	2-2029
LT 500 kV Terminal Rio – Lagos, em circuito duplo, C1 e C2	carga leve	fluxo elevado	-	fluxo elevado
LT 500 kV Lagos - Campos 2, em circuito duplo, C1 e C2	carga leve	fluxo elevado	-	-
LT 500 kV Campos 2 - Mutum C1 e C2, em circuito duplo, C1 e C2	carga leve	-	fluxo elevado	-

⁽¹⁾ As análises foram realizadas em um período imediatamente anterior a 2025.

As informações utilizadas para a representação da rede estão apresentadas no Anexo A. A Figura 5-1 apresenta o diagrama unifilar ilustrativo da rede retida para o cenário de carga leve em 2023.

Com o objetivo de validar a rede modelada no ATP (*Alternative Transient Program*), fez-se uma comparação entre os níveis de curto-circuito obtidos por esse programa e pelo ANAFAS. Isto é, foram calculadas as correntes de curto-circuito nas barras da rede retida considerando o equivalente obtido pelo ANAFAS. Em princípio, níveis de curto-circuito compatíveis indicam que a rede foi modelada no ATP de forma suficientemente adequada. A Tabela 5-2 apresenta os resultados obtidos. Ressalta-se que as correntes obtidas pelo ANAFAS foram compensadas de modo a contabilizar os efeitos de elementos em derivação, como reatores e susceptâncias transversais de linhas, em todas as redes de sequência: positiva, negativa e zero.

Tabela 5-2 Comparação entre os níveis de curto-circuito obtidos no ATP e no ANAFAS, carga leve, 2023

Barra	Tensão (kV)	CC 3F ATP (kA)	CC 3F Anafas (kA)	Erro 3F (%)	CC 1F ATP (kA)	CC 1F Anafas (kA)	Erro 1F (kA)
ITAJUBA 3	500	14,2	14,4	-1,2%	10,4	10,5	-1,0%
MESQUITA	500	14,4	14,7	-2,3%	14,3	14,4	-0,7%
TAUBATE	500	21,2	21,6	-1,8%	16,2	16,9	-4,1%
TIJUCO PRETO	500	26,2	26,5	-1,4%	28,5	28,8	-1,3%
CAMPINAS	500	21,0	21,3	-1,6%	21,4	21,7	-1,6%
LORENA	500	21,2	21,7	-2,2%	14,4	14,6	-1,6%
CACHOEIRA PAULISTA	500	29,6	30,5	-2,9%	23,5	24,1	-2,8%
ADRIANOPOLIS	500	25,9	27,3	-5,1%	24,2	26,2	-7,5%
ANGRA	500	16,2	16,8	-3,5%	12,2	13,1	-6,9%
SAO JOSE	500	21,8	22,9	-4,8%	18,6	20,0	-7,0%
GRAJAU	500	18,3	18,9	-2,8%	17,6	18,3	-3,9%
ZONA OESTE	500	17,6	18,3	-3,7%	12,3	12,8	-4,1%
RESENDE	500	15,4	15,6	-1,4%	9,9	10,0	-1,9%
VIANA	500	9,0	9,2	-2,1%	8,7	9,0	-3,8%
BAIXADA FLUMINENSE	500	21,0	21,9	-4,1%	18,2	19,6	-6,9%
TERMINAL RIO	500	26,9	28,5	-5,6%	24,0	25,8	-7,0%
ESTREITO	500	26,3	26,6	-1,3%	20,3	20,5	-1,1%
FERNAO DIAS	500	24,6	25,1	-2,0%	17,7	17,9	-1,1%
NOVA IGUACU	500	26,8	28,0	-4,3%	24,8	26,3	-5,9%
CSA	500	16,9	17,6	-3,7%	11,5	12,0	-4,0%
ARARAQUARA 2	500	28,6	29,6	-3,4%	22,3	23,0	-3,4%
ITABIRA 5	500	16,7	17,0	-1,5%	16,3	16,4	-0,7%
GOVERNADOR VALADARES 6	500	11,7	12,2	-3,8%	11,1	11,3	-1,7%
LAGOS	500	11,7	12,4	-5,5%	4,7	4,4	5,4%
CAMPOS 2	500	10,8	11,4	-5,6%	4,4	4,2	4,8%
MUTUM	500	14,3	14,8	-3,3%	11,5	11,7	-2,0%
PADRE PARAISO 2	500	9,7	9,9	-1,8%	9,4	9,5	-0,8%
JOAO NEIVA II	500	6,3	6,4	-1,5%	5,5	5,7	-3,2%
RIO NOVO DO SUL	500	9,3	9,5	-2,2%	7,7	7,8	-1,8%
GERDAU	500	16,8	17,5	-3,6%	11,4	11,8	-3,9%

(*)CC – curto-circuito; (**)3F – trifásico-terra; (***)1F – monofásico-terra.

As diferenças observadas podem ser atribuídas, principalmente, às modelagens distintas dos elementos da rede nos dois programas. Entende-se que uma possível fonte de distorção seria a não representação, no ANAFAS, do defasamento de transformadores com conexão estrela/triângulo, por exemplo. Não obstante, ressalta-se que foi tomado um cuidado especial com a modelagem das linhas sob estudo.

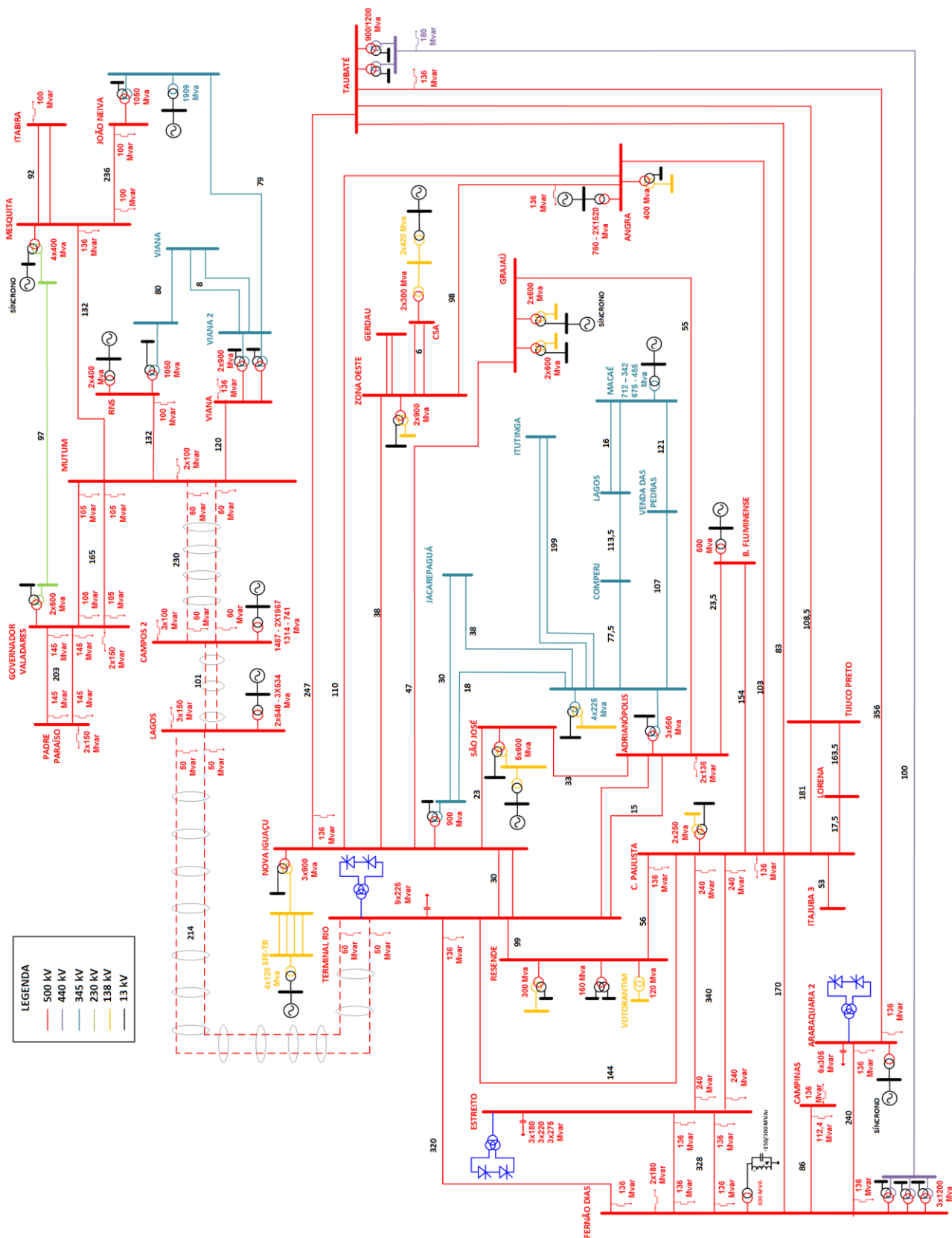


Figura 5-1 Rede retida representada no programa ATP

5.3 Procedimentos para religamento monopolar

As análises para viabilidade de implantação do religamento monopolar (extinção de arco secundário) nas linhas de transmissão consideradas neste relatório são conduzidas através dos seguintes tipos de estudos:

- estudo em regime permanente;
- estudo de transitórios de manobra.

O estudo em regime permanente tem o objetivo de investigar as correntes de arco secundário e a tensão sustentada na fase aberta, sob abertura monopolar, para a faixa de frequência operativa do SIN (Sistema Interligado Nacional), entre 55 Hz e 66 Hz, visando verificar possíveis condições de ressonância. Ressalta-se que no Capítulo 7 também foi avaliada a ressonância paralela entre circuitos eletromagneticamente acoplados.

Para maximizar as correntes induzidas, o fluxo de potência na linha em investigação é ajustado para a condição de maior fluxo. As tensões nas barras adjacentes foram ajustadas para valores próximos aos limites máximos de operação.

Nessa investigação, deve-se adotar os seguintes limites para os parâmetros avaliados:

- corrente de arco secundário não superior a 50 A, valor eficaz;
- tensão induzida na fase aberta não superior à tensão máxima operativa do SIN, na classe de tensão da linha de transmissão em investigação.

No estudo de transitórios de manobra é realizada a análise de extinção de arco secundário, com base em metodologia expedita e largamente difundida em [5], que consiste em verificar o valor eficaz da corrente de falta interrompida, considerando uma resistência de arco secundário de até 50 Ohms, e o primeiro pico da TRT (Tensão de Restabelecimento Transitória), medida no ponto onde foi aplicado o defeito, considerando a extinção do arco secundário.

De acordo com essa metodologia, reproduzida em [6], para o tempo morto de até 500 ms, o sucesso da extinção do arco secundário no religamento monopolar é caracterizado pelo último pico da corrente do arco secundário (I_a) e pelo valor do primeiro pico da tensão de restabelecimento transitória (V_p) através do canal do extinto arco. Caso este par de valores (V_p , I_a) esteja localizado no interior de uma curva que caracterize a zona de alta probabilidade de extinção do arco secundário, como indicado na Figura 5-2, considera-se que o arco secundário foi extinto com sucesso.

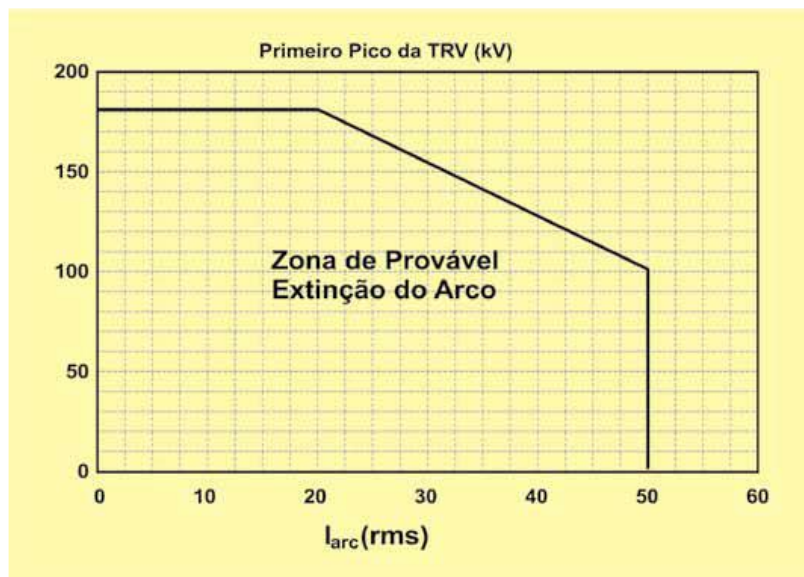


Figura 5-2 Curva indicativa [5] para análise da extinção da corrente de arco secundário, para tempo morto de até 500 ms

Caso não se consiga evidências da extinção do arco secundário em 500 ms, é considerada, para tempos superiores, a curva reproduzida na Figura 5-3 [7], que relaciona o tempo morto necessário à extinção do arco secundário com o valor do último pico da corrente de arco. Deve ser viabilizado, através de medidas mitigatórias, o menor tempo possível relacionado ao valor eficaz da corrente obtida nas simulações.

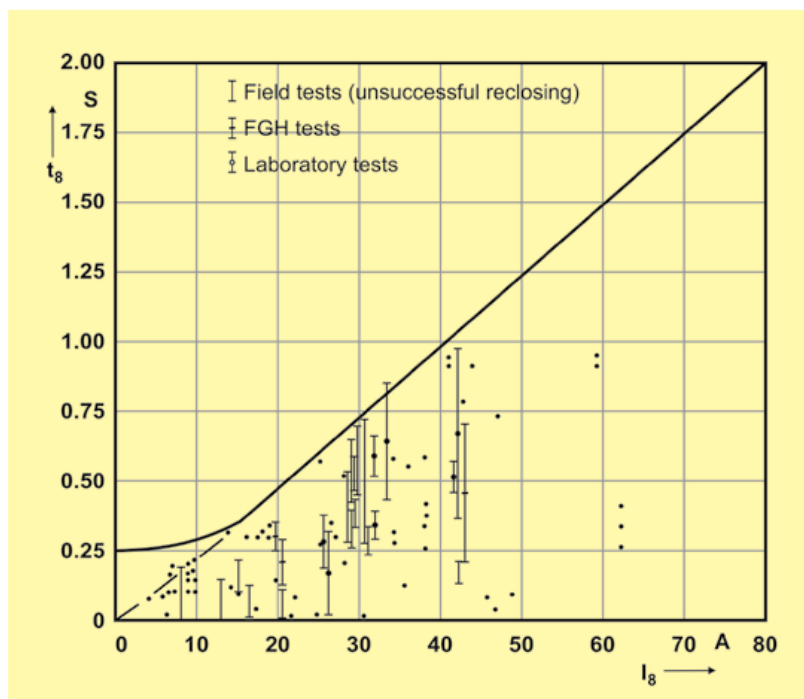


Figura 5-3 Curva indicativa [7] de tempo morto para extinção de arco secundário *versus* valor eficaz da corrente de arco secundário, para tensões até 765 kV

5.4 Procedimentos para energização de linhas

Para as simulações de energização das linhas de transmissão em 500 kV, o sistema foi ajustado procurando-se estabelecer a tensão no ponto a montante da manobra próxima a 1,10 pu. Eventuais reatores manobráveis no terminal onde foi aplicada a manobra foram considerados desligados visando uma condição mais favorável à ocorrência de sobretensões.

Foram monitorados os valores médios e máximos das tensões fase-fase e fase-terra, bem como a energia dissipada nos para-raios de óxido de zinco situados nas extremidades das linhas manobradas.

Todas as energizações foram realizadas com resistores de pre-inserção de 400 Ω , com tempo médio de permanência igual a 10 ms.

As manobras foram simuladas através do modelo de chave estatística do programa ATP, considerando um conjunto de 200 chaveamentos numa janela de tempo de um ciclo de duração. Cada simulação teve duração de 300 ms.

Com esse modelo de chaveamento estatístico considerou-se distribuições normais de probabilidade independentes para os instantes de fechamento de cada um dos três polos, truncadas em $\pm 2 \sigma$, sendo:

- desvio padrão para contato principal do disjuntor: $\sigma = 0,8125$ ms;
- desvio padrão para contato auxiliar do disjuntor: $\sigma = 1,375$ ms.

Admite-se, assim, uma dispersão máxima dos instantes de fechamento dos três polos do resistor de pré-inserção (*pole spread*) igual a 5,5 ms (4σ).

As simulações estatísticas que levaram às sobretensões mais elevadas ao longo da linha, bem como nos terminais remotos, foram reproduzidas de forma determinística, durante 300 ms, com o intuito de observar as energias dissipadas nos para-raios.

Foram consideradas condições de energização sem falta, com falta no terminal remoto e no meio da linha de transmissão. Essas manobras de energização complementam as avaliações a 60 Hz, no que diz respeito às sobretensões temporárias na extremidade aberta da linha ao final da simulação, em função da suportabilidade dos equipamentos terminais. No entanto, como mecanismos de controle de tensão como reguladores de tensão das máquinas não estão representados, os valores obtidos são, via de regra, muito conservativos.

5.5 Procedimentos para religamento tripolar

O religamento corresponde a uma energização na presença de carga residual na linha manobrada. Geralmente, as sobretensões resultantes são mais elevadas que aquelas encontradas durante as energizações. As consequências de um religamento tripolar podem ser classificadas como de dois

tipos principais:

- com sucesso, com aplicação de falta e sua extinção, ou sem aplicação de falta;
- sem sucesso, com aplicação e permanência da falta.

Em todos os tipos são avaliadas a dissipação de energia nos para-raios das linhas de transmissão e a suportabilidade dos equipamentos. Nas simulações foram ajustadas as tensões pré-manobra a montante próximas aos valores máximos de operação. Eventuais reatores manobráveis nas barras terminais foram considerados desligados visando uma condição mais favorável à ocorrência de sobretensões.

As simulações estatísticas que levaram às sobretensões mais elevadas ao longo da linha, bem como nos terminais remotos, foram reproduzidas de forma determinística com o intuito de observar as energias dissipadas nos para-raios.

As manobras de religamento tripolar foram processadas de acordo a seguinte sequência de eventos, onde o tempo total de simulação foi de até 900 ms:

- a) aplicação de defeito monofásico, em $t = 20$ ms, no ponto de falta onde foram observadas as maiores sobretensões no estudo de energização;
- b) aberturas tripolares dos terminais, a ser manobrado e remoto, 100 ms e 120 ms após a incidência da falta, respectivamente;
- c) nos casos com sucesso, eliminação do defeito 4 ciclos após a abertura da última extremidade. Já nos casos sem sucesso a falta é mantida até o final da simulação;
- d) tempo morto de 500 ms, contados a partir da abertura do primeiro terminal;
- e) religamento estatístico da linha pelo terminal que abriu em primeiro lugar, com a simulação de 200 casos, para cada manobra analisada, com as mesmas premissas de distribuição estatística utilizadas no estudo de energização.

Todos os religamentos foram realizados com resistores de pre-inserção de $400\ \Omega$, com tempo médio de permanência igual a 10 ms.

5.6 Procedimentos para rejeição de carga

Os estudos de rejeição de carga, realizados de forma determinística, visam calcular as sobretensões transitórias que ocorrem nos primeiros ciclos após a manobra e as sobretensões temporárias que se desenvolvem nos ciclos subsequentes, assim como as energias absorvidas pelos para-raios.

A rejeição foi considerada, em todas as situações, como sendo total. Por exemplo, nos trechos estudados com a presença de dois circuitos considerou-se a rejeição dupla. De forma similar, em situações com três circuitos paralelos, rejeição tripla.

As manobras foram simuladas contemplando os seguintes eventos:

- rejeição sem curto-circuito nas linhas de transmissão;
- rejeição, após 20 ms de simulação, seguida de curto-circuito monofásico, no instante e na fase em que foi registrada a maior sobretensão no terminal da abertura ou no instante do primeiro pico após a rejeição, sendo escolhida a situação mais estressante para o sistema.

Eventuais reatores manobráveis nas barras terminais foram considerados desligados visando uma condição mais favorável à ocorrência de sobretensões.

Ressalta-se que, em todas as rejeições de carga sem falta avaliadas neste estudo, não foi considerada a atuação do *transfer trip*. Esta premissa tem o objetivo de obter resultados conservativos.

Entretanto, quando em falta, foi simulada a abertura do circuito pela extremidade remota, 100 ms após o instante de incidência da falta. Essa abertura deve ser atribuída a uma ação de proteção contra faltas.

6 REDE REPRESENTADA NOS ESTUDOS DE TRANSITÓRIOS

6.1 Cenários de fluxo de potência de referência

A partir dos estudos de fluxo de potência descritos no relatório R1 [1], é possível notar que as linhas de transmissão recomendadas têm baixo carregamento no cenário de carga leve em 2023. Por outro lado, os maiores carregamentos são verificados em anos e cenários de intercâmbio distintos. Além disso, apesar de, em geral, os carregamentos aumentarem conforme o cronograma de entrada de geração térmica, a própria evolução da topologia da rede e do número de máquinas despachadas torna o sistema menos suscetível à sobretensões de manobra. Nesse sentido, verificou-se a necessidade da determinação de 4 configurações de referência, sintetizadas na Tabela 6-1, necessárias para subsidiar as diversas análises deste estudo.

Tabela 6-1 Síntese das configurações de referência para os estudos de transitórios de manobra

Característica\Cenário-Ano	4-2023	2-2024 ⁽¹⁾	1-2027	2-2029
Patamar de carga	Leve	Média	Pesada	Média
Cenário de intercâmbio	Período úmido Controle de tensão	Período úmido NE exportador para SE	Período úmido NE Importador	Período úmido NE exportador para SE
Geração térmica local ⁽²⁾	466 MW	5441 MW	8480 MW	11187 MW
Topologia da rede retida	Conforme [1]	Conforme [1], sem a LT 500 kV Lagos – Resende, em circuito duplo, C1 e C2.	Conforme [1]	Conforme [1]

⁽¹⁾ Configuração imediatamente anterior a 2025.

⁽²⁾ Despacho, igual ou inferior à capacidade instalada, das usinas térmicas futuras da região RJ/ES, incluída a UTE Novo Tempo.

Para execução dos estudos de dimensionamento da rede, em [1] foram definidos 4 cenários de intercâmbio entre os diversos subsistemas do SIN. Cada um desses cenários foi avaliado em todos os anos, de 2023, ano base de referência, a 2029, ano horizonte. Em conformidade com a nomenclatura utilizada nesse relatório, na Tabela 6-1 utilizou-se um código composto de duas partes: X-Y. Onde X corresponde ao número do cenário de intercâmbio e Y ao ano do cenário.

É importante destacar que essas configurações de referência foram ajustadas, para cada manobra, de modo a obter as condições mais conservadoras.

6.2 Configuração para manobras de energização e religamento

Para as manobras de energização e religamento tripolar foi considerada a topologia do sistema planejada para o ano 2023.

Utilizou-se como referência o cenário de carga leve, 4-2023, com baixa geração térmica, de modo a produzir carregamentos reduzidos nas linhas em estudo e tornar o sistema mais suscetível à sobretensões durante as manobras.

EPE-DEE-RE-050/2018-rev0 – Expansão do sistema de transmissão para escoamento do potencial termelétrico dos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo – Relatório R2

6.3 Configuração para manobras de rejeição de carga e extinção de arco secundário

Com relação às manobras de rejeição de carga, a seguir apresentam-se as justificativas para a utilização de cada configuração de referência, conforme a Tabela 5-1 e a Tabela 6-1:

- cenário 2-2024: Neste cenário, que tem a mesma topologia de 2023, observa-se carregamentos elevados nas LTs 500 kV Terminal Rio – Lagos – Campos 2, em circuito duplo, C1 e C2. Isso se deve, principalmente, à ausência da LT 500 kV Lagos – Resende, em circuito duplo, C1 e C2, e à elevada injeção de potência nas barras de 500 kV das SEs Lagos e Campos 2. A redução da potência de curto-circuito nas barras de interesse, com relação ao ano de 2025, devido à ausência desta LT aliada aos elevados carregamentos verificados, justificam a utilização deste cenário como ponto de partida para as simulações de rejeição das LTs 500 kV Terminal Rio – Lagos – Campos 2;
- cenário 1-2027: Em oposição ao cenário 2, neste cenário observa-se o maior carregamento na LT 500 kV Campos 2 – Mutum, em circuito duplo, C1 e C2, justificando a sua utilização na rejeição dessa LT. Note que a geração térmica em 2027 é cerca de 2700 MW menor que em 2029 sendo, portanto, uma condição mais favorável à ocorrência de sobretensões;
- cenário 2-2029: Este cenário apresenta grande carregamento nas LTs 500 kV Terminal Rio – Lagos – Campos 2, em circuito duplo, C1 e C2, e em circuito simples, C3. Por outro lado, o montante de geração é bastante elevado o que, em princípio, não resultaria nos resultados mais críticos. Não obstante, este cenário foi utilizado para, dentre outras verificações, avaliar a rejeição tripla das LTs 500 kV Terminal Rio – Lagos – Campos 2.

Nas avaliações de extinção de arco secundário foram utilizados os mesmos cenários de referência para rejeição de carga, a saber: cenário 2-2024 e cenário 1-2027.

7 ANÁLISE DE RESSONÂNCIA EM CIRCUITOS PARALELOS

A análise do fenômeno de ressonância devido ao paralelismo de linhas compensadas deve ser previsto antes da concepção das mesmas. Esse fenômeno surge devido ao acoplamento eletromagnético entre as fases dos circuitos que correm paralelamente, especificamente quando um deles está com os terminais abertos e não aterrados como, por exemplo, nos instantes subsequentes a uma abertura tripolar. A combinação, em paralelo, entre as capacitâncias da linha aberta com os reatores em derivação pode estar situada em perigosas zonas de ressonância.

Quando essas situações são encontradas, quatro soluções podem ser recomendadas [8], a saber:

- transposição das LTs (quando não transpostas originalmente, por exemplo, linhas curtas);
- redefinição da compensação em derivação da LT;
- alteração do fator de qualidade dos reatores em derivação;
- alteração da geometria da LT.

É importante destacar que tal análise deve ser realizada para pelo menos dois cenários e para todas as fases dos circuitos, isto é:

- i. Análise com a presença de falta na LT paralela à fora de serviço e não aterrada;
- ii. Análise de pólo aberto na LT paralela à fora de serviço e não aterrada, considerando que o arco elétrico foi extinto, mas o religamento ainda não foi realizado.

A importância da análise dessas possíveis combinações se deve aos deslocamentos nos picos de ressonância devido a modificações de topologia das fases, e eventuais desequilíbrios decorrentes.

7.1 Principais Resultados

As análises desenvolvidas identificaram ressonâncias entre linhas paralelas nas linhas de transmissão com compensação em derivação objeto deste relatório.

Para a LT 500 kV Terminal Rio – Lagos, C1 e C2, a solução que permite uma adequada compensação em derivação, sem ressonância paralela na faixa de frequências entre 56 Hz e 66 Hz, quando uma das fases de um dos circuito encontra-se aberto, resultou em 50 Mvar, valor significativamente inferior à compensação prevista inicialmente de 90 Mvar.

Para a LT 500 kV Campos 2 – Mutum, C1 e C2, a solução que permite uma adequada compensação em derivação, sem ressonância paralela na faixa de frequências entre 56 Hz e 66 Hz, quando uma

tempos mortos maiores que 500 ms. Contudo, na situação descrita anteriormente, foi identificada a impossibilidade de extinção de arco, ilustrada nas figuras a seguir.

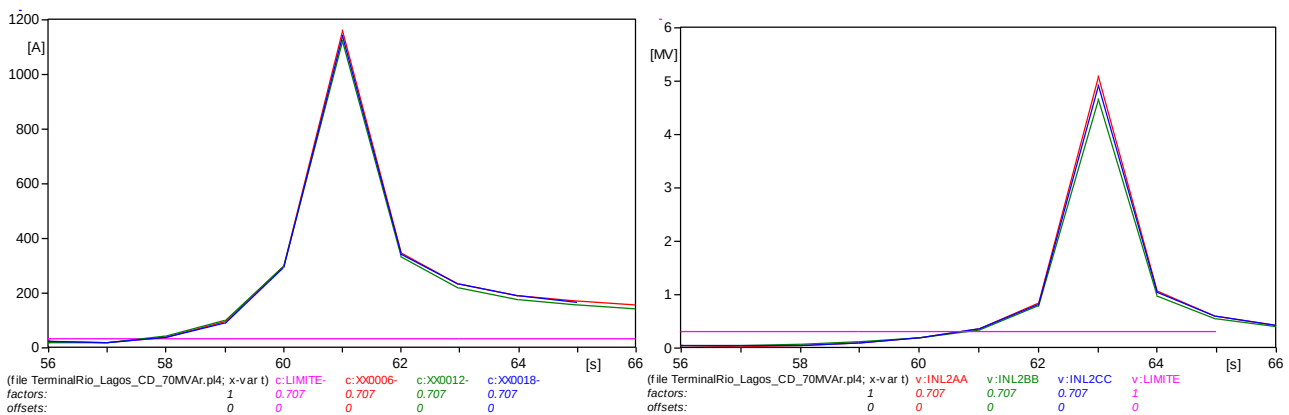
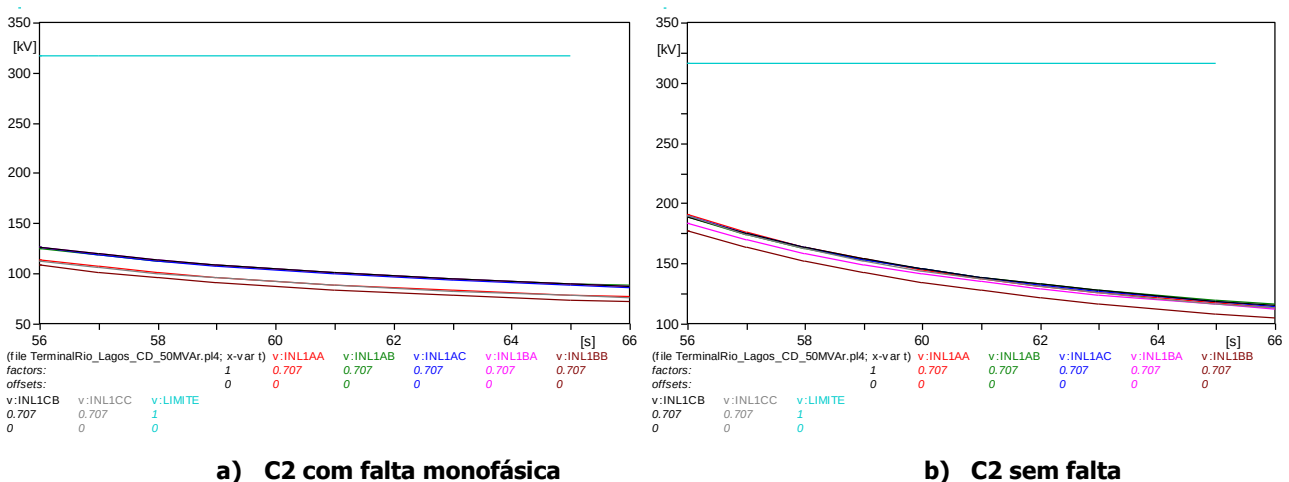


Figura 7-2 Corrente de arco secundário e tensões de fase aberta em C2, com C1 aberto e não aterrado - LT 500 kV Terminal Rio – Lagos, em circuito duplo, C1 e C2, comp. de 90 Mvar

Foram realizadas análises com reatores de 150, 120, 70, 60 e 50 Mvar, sendo esta última compensação a única que apresentou resultados satisfatórios. As figuras a seguir apresentam os resultados obtidos para a compensação de 50 Mvar. Note que os valores de tensão estão situados bem abaixo do limite de 317,5 kV. Com o circuito C1 aberto e não aterrado, são apresentadas as tensões com relação à terra das fases A, B e C, em função da frequência, considerando o circuito C2 em condição de falta monofásica e em condição sem falta.



a) C2 com falta monofásica

b) C2 sem falta

Figura 7-3 Tensão x frequência na LT 500 kV Terminal Rio – Lagos, em circuito duplo, C1, comp. 50 Mvar

7.3 LT 500 kV Campos 2 - Mutum, em circuito duplo, C1 e C2

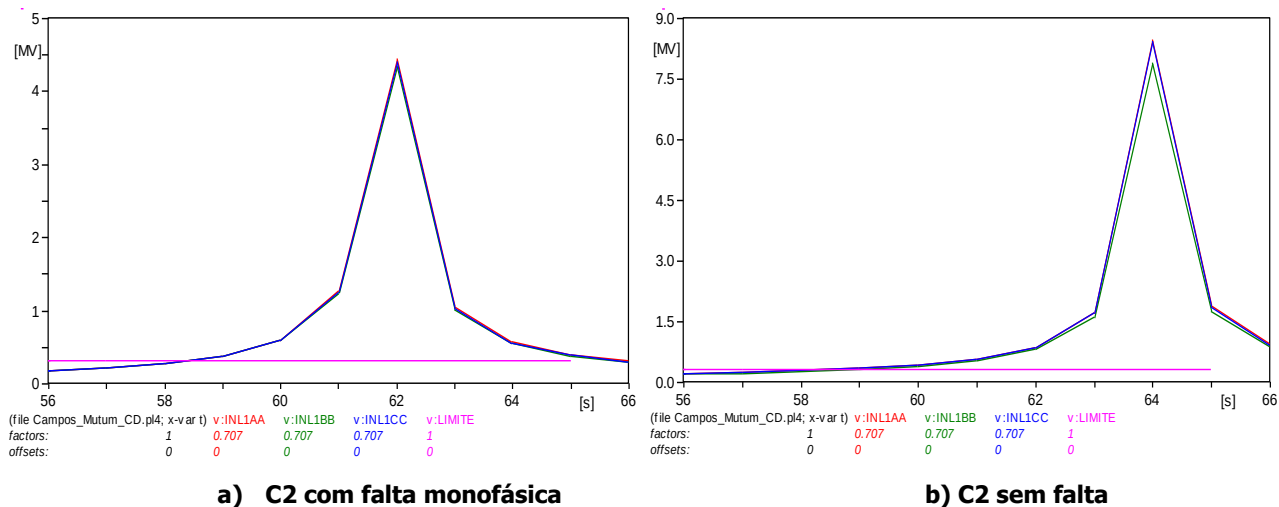


Figura 7-4 Tensão x frequência na LT 500 kV Campos 2 - Mutum, em circuito duplo, C1, comp. 100 Mvar

A compensação em derivação, inicialmente definida no relatório R1 [1], foi concebida com reatores de 100 Mvar nas extremidades de ambos os circuitos da LT em destaque. A Figura 7-4 ilustra os resultados das tensões, dentro do espectro de frequência de 56 a 66 Hz. Com o circuito C1 aberto e não aterrado, são apresentadas as tensões em relação à terra nas fases A, B e C, em função da frequência, considerando o circuito C2 em condição de falta monofásica e em condição sem falta.

Similarmente ao caso anterior, é importante ressaltar que ao se alterar a topologia da rede com a retirada de C1, o religamento monopolar de C2 pode ser afetado. De fato, como será apresentado no Capítulo 8, verificou-se que, a princípio, em condição de rede completa, poderia se extinguir o arco secundário nesta LT com tempos mortos maiores que 500 ms. Contudo, na situação de rede degradada descrita anteriormente, foi identificada a impossibilidade de extinção de arco, ilustrada nas figuras a seguir.

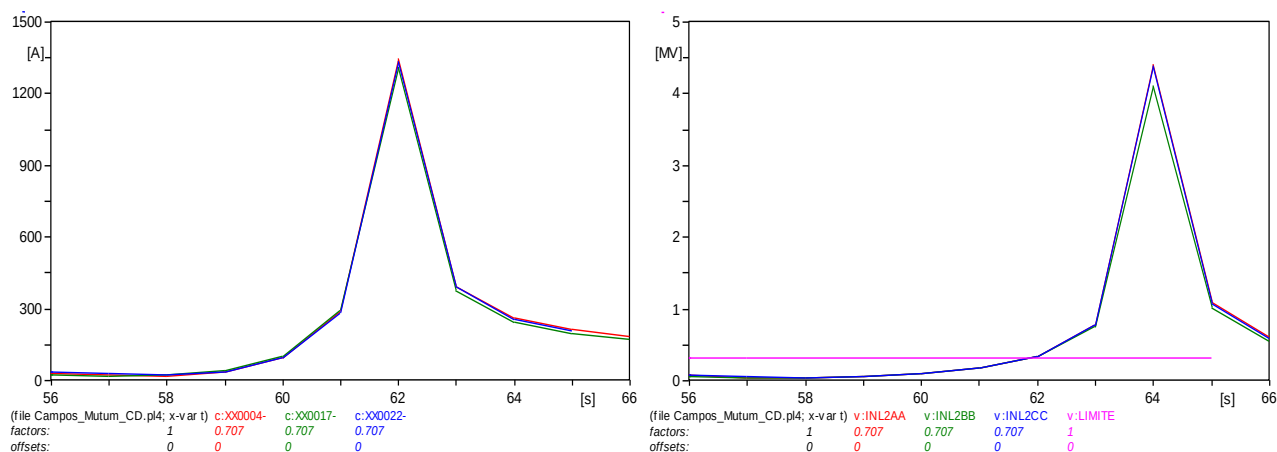
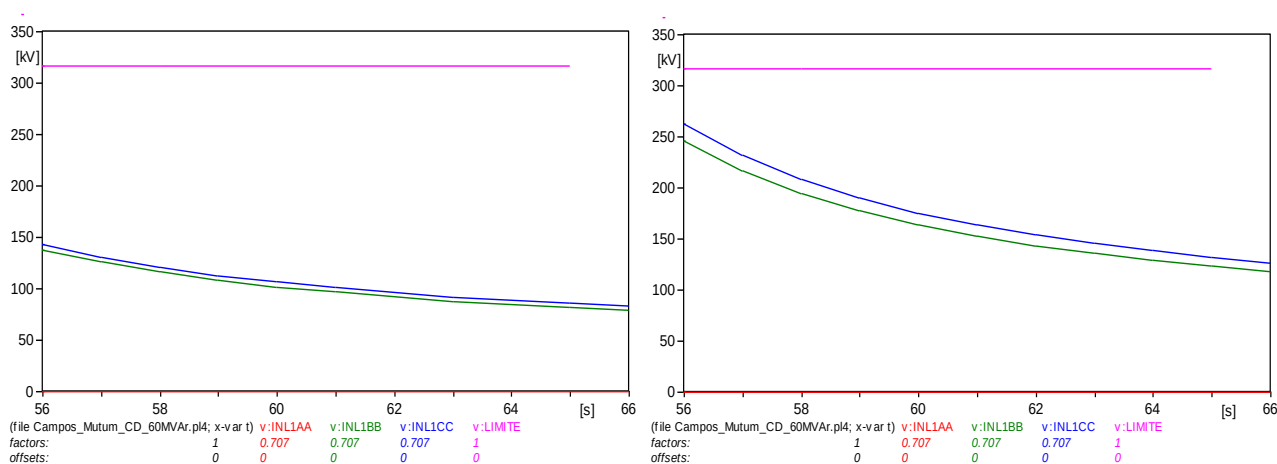


Figura 7-5 Corrente de arco secundário e tensões de fase aberta em C2, com C1 aberto e não aterrado - LT 500 kV Campos 2 - Mutum, em circuito duplo, C1 e C2, comp. de 100 Mvar



a) C2 com falta monofásica

b) C2 sem falta

Figura 7-6 Tensão x frequência na LT 500 kV Campos 2 - Mutum, em circuito duplo, C1, comp. 60 Mvar

Foram realizadas análises com reatores de 150, 120, 80 e 60 Mvar, sendo esta última compensação a única que apresentou resultados satisfatórios. A Figura 7-6 apresenta os resultados obtidos para a compensação de 60 Mvar. Note que os valores de tensão estão situados bem abaixo do limite de 317,5 kV. Com o circuito C1 aberto e não aterrado, são apresentadas as tensões com relação à terra das fases A, B e C, em função da frequência, considerando o circuito C2 em condição de falta monofásica e em condição sem falta.

8 RELIGAMENTO MONOPOLAR

A análise de viabilidade de implantação do religamento monopolar foi realizada para as três linhas de transmissão em estudo. Como as linhas são em circuito duplo, para cada linha estudada foram consideradas inicialmente as seguintes situações:

- (i) os dois circuitos em operação, com um deles em falta;
- (ii) um circuito em operação e em falta, e o circuito remanescente fora de operação e não aterrado;

A condição de um circuito em operação e em falta, e o circuito remanescente fora de operação e aterrado não foi detalhada, uma vez que nas prospecções iniciais, inclusive nas análises de ressonância entre circuitos paralelos, apresentou resultados menos severos.

8.1 Principais resultados

Para as LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, C1 e C2 e LT 500 kV Campos 2 – Mutum as análises corroboram as investigações de ressonância em circuitos paralelos anteriormente apresentadas, indicando que o religamento monopolar só deverá estar habilitado quando os dois circuitos estiverem em operação, inclusive com um tempo morto superior a 500 ms. A utilização de reator de neutro não se mostrou eficaz na redução das correntes de arco secundário nessa condição com um dos circuitos fora de operação, não se justificando a recomendação desse tipo de equipamento.

Já para a LT 500 kV Lagos – Campos 2, C1 e C2, para todas as condições consideradas, ficou evidenciada uma alta probabilidade de extinção do arco secundário, de modo que é recomendada a habilitação do religamento monopolar para essa linha, em um tempo morto de até 500 ms.

8.2 LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, em circuito duplo, C1 e C2

A análise em regime permanente a 60 Hz, com o objetivo de obter as correntes de arco secundário e as tensões induzidas na fase aberta (sem a existência de arco), foi realizada prospectando-se a localização do curto-circuito que apresenta as condições mais severas.

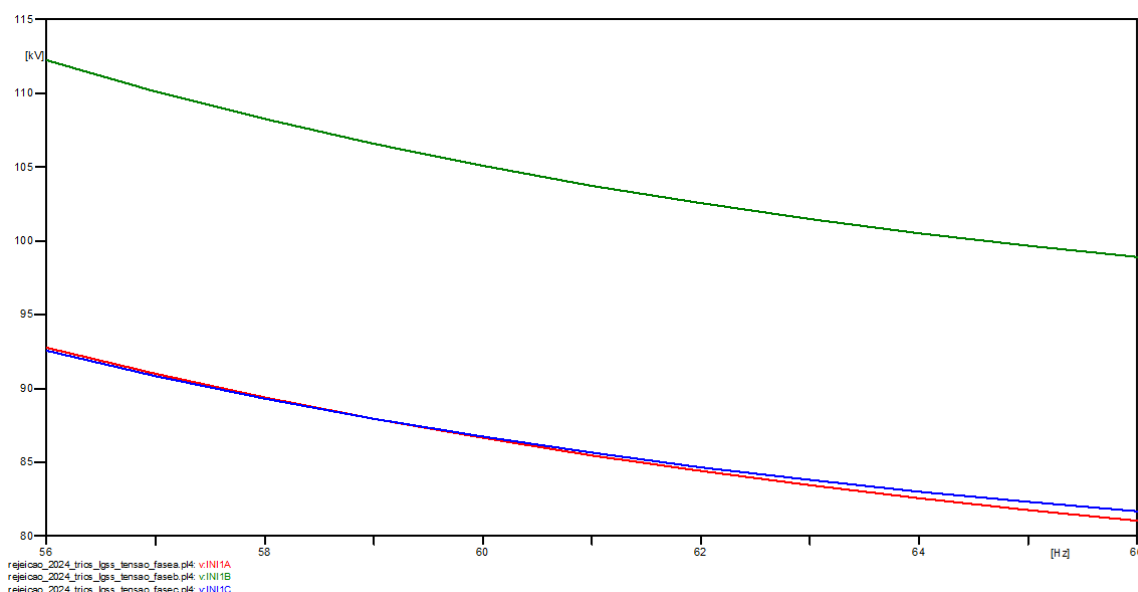


Figura 8-1 LT 500 kV Terminal Rio – Lagos, em circuito duplo, C1 e C2 - Prospecção dos valores eficazes das tensões induzidas na fase aberta de C1, na extremidade Lagos, com neutro dos reatores solidamente aterrados

Considerando ambos os circuitos em operação, as curvas da Figura 8-1 apresentam o caso mais severo do valor eficaz da tensão de fase aberta, na faixa da frequência entre 56 Hz e 66 Hz. Observa-se que, para todas as condições consideradas, a tensão induzida ficou abaixo do limite de 317,5 kV.

Tabela 8-1 Valores eficazes das correntes de arco secundário (A), para religamento monopolar na LT Terminal Rio – Lagos, em circuito duplo, C1 e C2 - Falta nas extremidades e 1/2 da LT com o neutro dos reatores solidamente aterrado

Fase em falta	Local da falta		
	Terminal Rio	1/2 LT	Lagos
A	56	61	52
B	60	59	59
C	59	62	48

Tendo em vista que os valores apresentados na tabela acima estão, em sua maioria, acima de 50 A, fica evidenciada a necessidade de se considerar um tempo morto acima de 500 ms para viabilizar o religamento monopolar quando os dois circuitos da LT estiverem em operação. A recomendação do reator de neutro para este caso não foi considerada adequada por não viabilizar o religamento monopolar, na faixa de frequência supracitada, quando da saída abrupta de um dos circuitos da linha em destaque, conforme será apresentado na sequência.

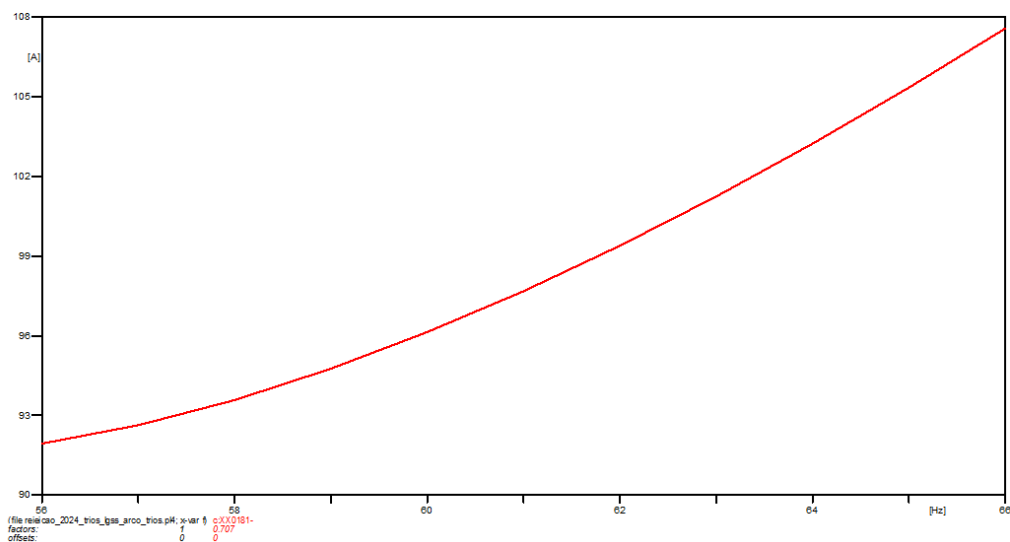


Figura 8-2 LT 500 kV Terminal Rio – Lagos, em circuito duplo, C1 e C2 - Prospecção do valor eficaz da corrente de arco secundário, falta na extremidade Terminal Rio com neutro dos reatores solidamente aterrados, e com um dos circuitos desconectado e não aterrado nas extremidades

Corroborando com as análises de ressonância em circuitos paralelos, é apresentada na Figura 8-2 a curva do valor eficaz da corrente de arco secundário com um dos circuitos da LT desconectado (três fases dos dois terminais abertos e não aterrados). A constatação de que os valores na faixa de frequência mencionada estão substancialmente acima de 50 A leva à recomendação de que o religamento monopolar só deverá estar habilitado quando os dois circuitos estiverem em operação, inclusive com um tempo morto superior a 500 ms, conforme já comentado.

Por fim, conforme apresentado na Figura 8-3, a utilização de reator de neutro de 800 Ω não se mostrou eficaz para a redução dessas correntes, não se justificando, portanto, a sua adoção.

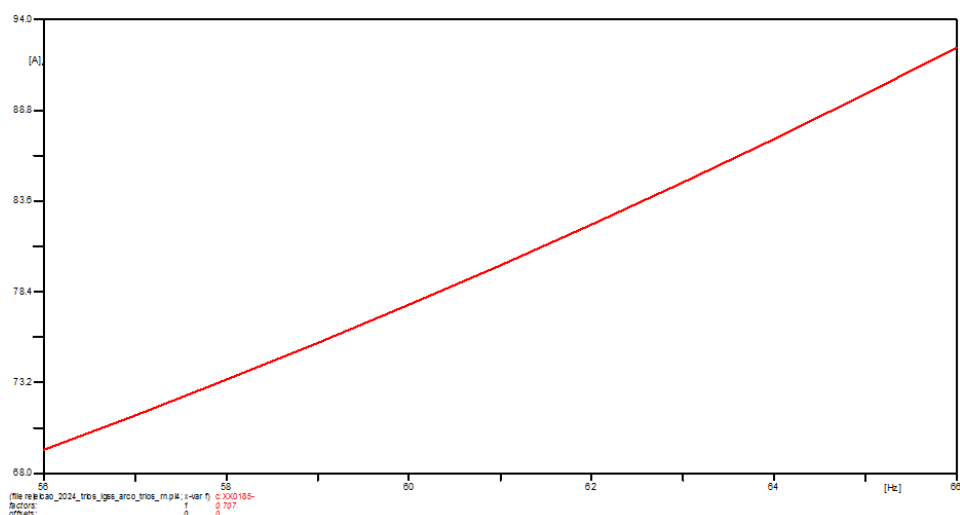


Figura 8-3 LT 500 kV Terminal Rio – Lagos, em circuito duplo, C1 e C2 - Prospecção do valor eficaz da corrente de arco secundário, falta na extremidade Terminal Rio com reator de neutro de 800 Ω , e com um dos circuitos desconectado e não aterrado nas extremidades

8.3 LT 500 kV Lagos - Campos 2, em circuito duplo, C1 e C2

A análise em regime permanente a 60 Hz, com o objetivo de obter as correntes de arco secundário e as tensões induzidas na fase aberta (sem a existência de arco), foi realizada prospectando-se a localização do curto-circuito que apresenta as condições mais severas.

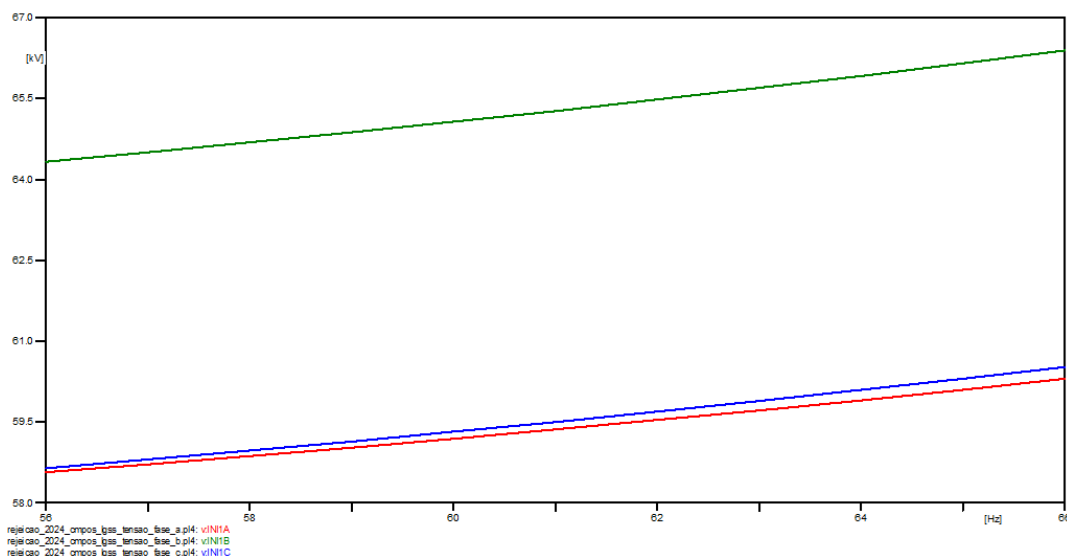


Figura 8-4 LT 500 kV Lagos – Campos 2, em circuito duplo, C1 e C2 - Prospecção dos valores eficazes das tensões induzidas na fase aberta de C1, na extremidade Campos 2, com neutro dos reatores solidamente aterrados

Considerando ambos os circuitos em operação, as curvas da Figura 8-4 apresentam o caso mais severo do valor eficaz da tensão de fase aberta, na faixa da frequência entre 56 Hz e 66 Hz. Observa-se que, para todas as condições consideradas, a tensão induzida ficou abaixo do limite de 317,5 kV.

Tabela 8-2 Valores eficazes das correntes de arco secundário (A), para religamento monopolar na LT Lagos – Campos 2, em circuito duplo, C1 e C2 - Falta nas extremidades e 1/2 da LT com o neutro dos reatores solidamente aterrados

Fase em falta	Local da falta		
	Lagos	1/2 LT	Campos 2
A	22	23	24
B	24	22	25
C	22	24	23

Tendo em vista que todos os valores apresentados na tabela acima estão abaixo de 50 A, é evidenciada uma alta probabilidade de extinção do arco secundário, de modo que é recomendada a habilitação do religamento monopolar para a LT em análise com um tempo morto de até 500 ms.

Adicionalmente, considerando um circuito desconectado e não aterrado, as curvas da Figura 8-5 apresentam o caso mais severo de variação do valor eficaz da tensão de fase aberta, em função da frequência. Novamente observa-se que, para todas as condições consideradas, a tensão induzida ficou abaixo do limite de 317,5 kV.

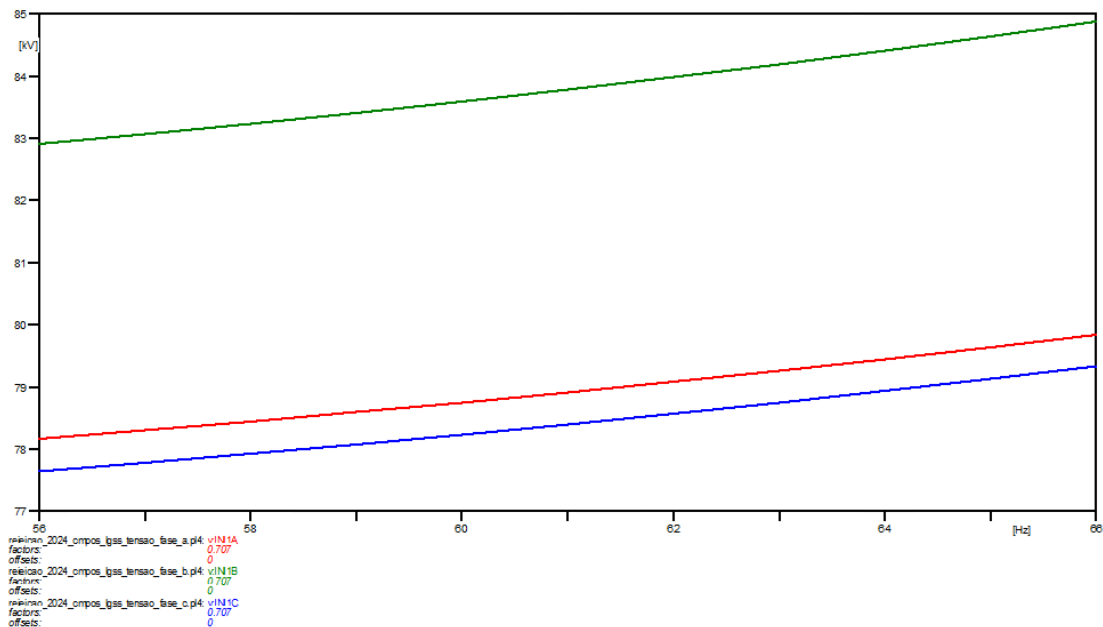


Figura 8-5 LT 500 kV Lagos – Campos 2, em circuito duplo, C1 e C2 - Prospecção dos valores eficazes das tensões induzidas na fase aberta de um circuito, na extremidade Campos 2, com neutro dos reatores solidamente aterrados, e com o outro desconectado e não aterrado nas extremidades

Por fim, conforme valores dispostos na Tabela 8-3, mesmo com um dos circuitos desconectado e não aterrado, é evidenciada uma alta probabilidade de extinção do arco secundário, de modo que é recomendada a habilitação do religamento monopolar para a LT 500 kV Lagos – Campos 2, circuito duplo, C1 e C2, em um tempo morto de até 500 ms.

Tabela 8-3 Valores eficazes das correntes de arco secundário (A), para religamento monopolar na LT Lagos – Campos 2, circuito duplo, C1 e C2 - Falta nas extremidades e 1/2 da LT com o neutro dos reatores solidamente aterrados, e com um dos circuitos desligado e não aterrado nas extremidades

Fase em falta	Local da falta		
	Lagos	1/2 LT	Campos 2
A	47	41	42
B	50	40	48
C	50	41	42

8.4 LT 500 kV Campos 2 - Mutum, em circuito duplo, C1 e C2

A análise em regime permanente a 60 Hz, com o objetivo de obter as correntes de arco secundário e as tensões induzidas na fase aberta (sem a existência de arco), foi realizada prospectando-se a localização do curto-circuito que apresenta as condições mais severas.

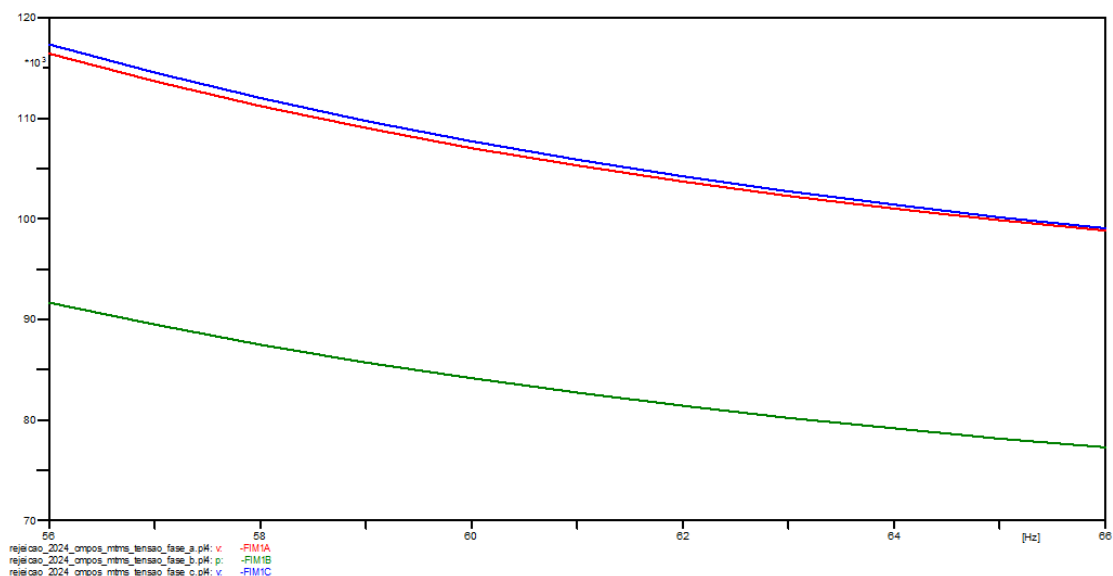


Figura 8-6 LT 500 kV Campos 2 - Mutum, em circuito duplo, C1 e C2 - Prospecção dos valores eficazes das tensões induzidas na fase aberta de C1, na extremidade Campos 2, com neutro dos reatores solidamente aterrados

Considerando ambos os circuitos em operação, as curvas da Figura 8-6 apresentam o caso mais severo do valor eficaz da tensão de fase aberta, na faixa da frequência entre 56 Hz e 66 Hz. Observa-se que, para todas as condições consideradas, a tensão induzida ficou abaixo do limite de 317,5 kV.

Tabela 8-4 Valores eficazes das correntes de arco secundário (A), para religamento monopolar na LT Campos 2 - Mutum, em circuito duplo, C1 e C2 - Falta nas extremidades e 1/2 da LT com o neutro dos reatores solidamente aterrados

Fase em falta	Local da falta		
	Campos 2	1/2 LT	Mutum
A	57	55	61
B	45	53	46
C	61	54	57

Tendo em vista que os valores apresentados na tabela acima estão, em sua maioria, acima de 50 A, fica evidenciada a necessidade de se considerar um tempo morto acima de 500 ms para viabilizar o religamento monopolar quando os dois circuitos da LT estiverem em operação. A recomendação do reator de neutro para este caso não foi considerada adequada por não viabilizar o religamento monopolar, na faixa de frequência supracitada, quando da saída abrupta de um dos circuitos da linha em destaque, conforme será apresentado na sequência.

Corroborando com as análises de ressonância em circuitos paralelos, é apresentada na Figura 8-7 a curva do valor eficaz da corrente de arco secundário com um dos circuitos da LT desconectado (três fases dos dois terminais abertos e não aterrados). A constatação de que os valores na faixa de frequência mencionada estão substancialmente acima de 50 A leva à recomendação de que o religamento monopolar só deverá estar habilitado quando os dois circuitos estiverem em operação, inclusive com um tempo morto superior a 500 ms, conforme já comentado.

Por fim, conforme apresentado na Figura 8-8, a utilização de reator de neutro de 800 Ω não se mostrou eficaz para a redução dessas correntes, não se justificando, portanto, a sua adoção.

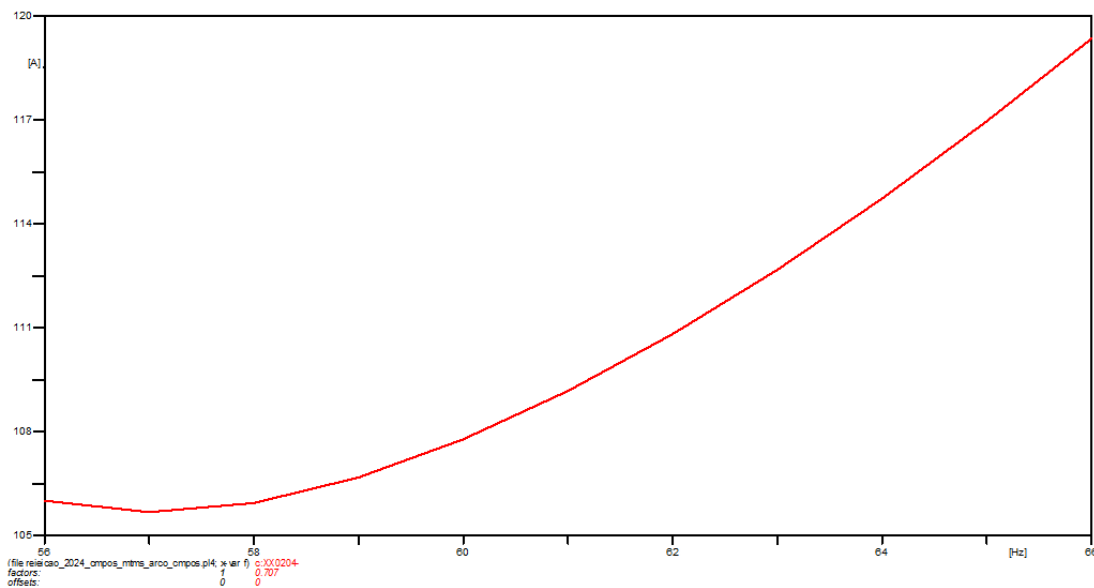


Figura 8-7 LT 500 kV Campos 2 – Mutum, em circuito duplo, C1 e C2 - Prospecção do valor eficaz da corrente de arco secundário, falta na extremidade Campos 2 com neutro dos reatores solidamente aterrados, e com um dos circuitos desconectado e não aterrado nas extremidades

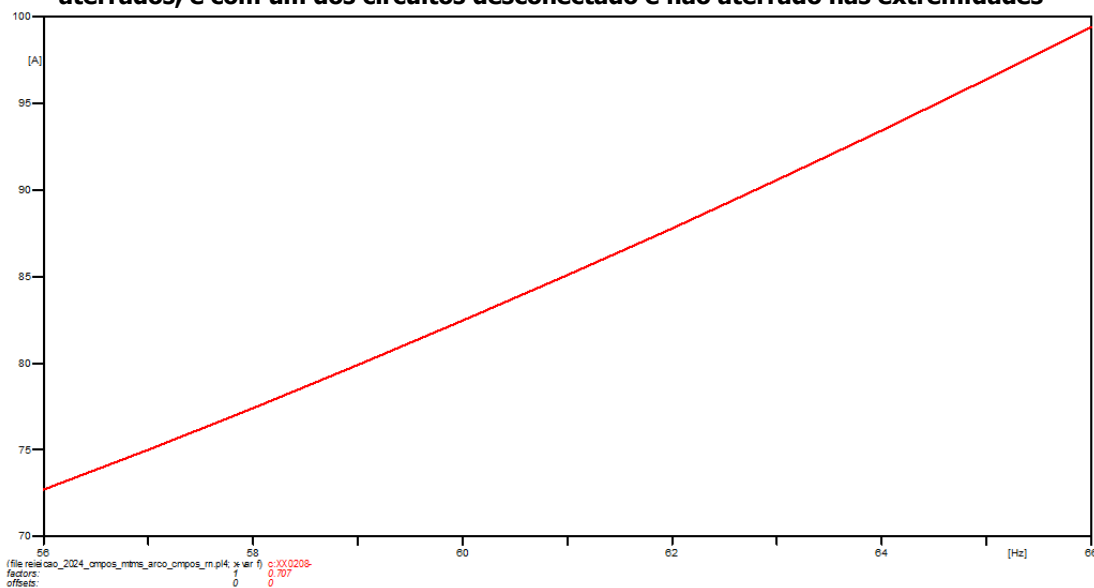


Figura 8-8 LT 500 kV Campos 2 – Mutum, em circuito duplo, C1 e C2 - Prospecção do valor eficaz da corrente de arco secundário, falta na extremidade Campos 2 com reator de neutro de 800 Ω , e com um dos circuitos desconectado e não aterrado nas extremidades

9 ENERGIZAÇÃO DE LINHAS

A energização do tronco de transmissão em 500 kV Terminal Rio - Lagos – Campos 2 – Mutum foi realizada progressivamente, linha por linha.

Foi considerada a condição de carga leve, para o ano de entrada em operação, 2023.

Em todas as simulações, as manobras de energização foram realizadas com o primeiro circuito do tronco de transmissão (C1), considerando o segundo circuito em paralelo (C2) fora de operação e aterrado. Também foram consideradas condições da rede deteriorada, conforme indicado nas tabelas que apresentam os resultados.

Para cada linha integrante do tronco foram realizadas as simulações de energização, por ambos os terminais, considerando a tensão de 1,10 pu no terminal no qual é realizada a manobra e a presença do resistor de pré-inserção de 400 Ω nos disjuntores.

Foram simuladas energizações sem falta e com falta na linha, com faltas aplicadas, uma por vez, no terminal remoto e no ponto correspondente à metade do comprimento da linha.

9.1 Principais resultados

As tabelas e figuras apresentadas no seguimento deste item mostram os principais resultados encontrados nas manobras de energização simuladas para as três linhas de transmissão integrantes do tronco em 500 kV (C1), por ambos os terminais de cada linha. São apresentados os valores médios, máximos e desvios padrões das sobretensões encontradas em diferentes pontos da linha (a $\frac{1}{2}$, a $\frac{3}{4}$ do comprimento da linha e no fim da linha) para cada simulação, bem como a energia absorvida pelos para-raios de ambos os terminais.

De modo geral, as sobretensões resultaram em valores que não ultrapassam os limites usualmente admissíveis para o projeto de linhas de transmissão do tipo da considerada como referência.

A sobretensão mais elevada ocorreu na LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, com sobretensão máxima igual a 2,46 pu, no meio da linha em condição de falta na linha. Quanto às sobretensões nos terminais das linhas, a maior registrada correspondeu a encontrada no terminal de Mutum durante a energização da LT 500 kV Campo 2 - Mutum. Nos demais terminais a sobretensões máximas não ultrapassaram 2,0 pu.

Em todos os casos a energia absorvida pelos para-raios de óxido de zinco é bem inferior a capacidade nominal desses equipamentos com uma coluna.

9.2 LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, C1 e C2

As simulações de energização da linha em 500 kV Terminal Rio - Lagos, C1, pela SE Terminal Rio 500 kV, foram realizadas considerando as seguintes configurações da rede de transmissão:

- I) Rede completa
 II) Sem a LT 500 kV Terminal – Rio – Nova Iguaçu, C1 e C2

Na energização da linha em destaque, pela SE Terminal Rio 500 kV, verifica-se que a máxima sobretensão resultou em 2,46 pu para as tensões fase-terra no meio da linha e, 1,58 pu para as tensões fase-fase no fim da linha, ambas os casos em situação de falta na linha. No terminal fim da linha a máxima sobretensão entre fase e terra correspondeu a 1,97 pu. Com relação à energia absorvida pelos para-raios, o maior valor encontrado foi igual a 147 kJ.

Tabela 9-1 Energização da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, por Terminal Rio
 (tensões fase – terra e energia nos para-raios)

TENSÕES FASE - TERRA E ENERGIA NOS PARA-RAIOS												
Cond. da Rede	Local do defeito	Vpré (pu)	1/2 da linha			3/4 da linha			Fim da linha			
			V _{méd} (pu)	σ (pu)	V _{máx} (pu)	V _{méd} (pu)	σ (pu)	V _{máx} (pu)	V _{méd} (pu)	σ (pu)	V _{máx} (pu)	Energia Para-raios (kJ)
I	---	1,1	1,42	0,06	1,55	1,43	0,07	1,58	1,44	0,07	1,58	0,5
	1/2 da linha		1,80	0,22	2,46	1,67	0,16	2,20	1,62	0,16	1,97	71
	Fim da linha		1,50	0,12	1,83	1,55	0,12	1,90	1,63	0,13	1,97	147
II	---	1,1	1,42	0,07	1,62	1,45	0,07	1,70	1,47	0,06	1,71	6
	1/2 da linha		1,81	0,21	2,44	1,69	0,17	2,18	1,63	0,15	1,97	86
	Fim da linha		1,51	0,12	1,82	1,56	0,11	1,88	1,63	0,12	1,95	87

Tabela 9-2 Energização da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, por Terminal Rio
 (tensões fase – fase)

TENSÕES FASE - FASE											
Cond. da Rede	Local do defeito	Vpré (pu)	1/2 da linha			3/4 da linha			Fim da linha		
			V _{méd} (pu)	σ (pu)	V _{máx} (pu)	V _{méd} (pu)	σ (pu)	V _{máx} (pu)	V _{méd} (pu)	σ (pu)	V _{máx} (pu)
I	---	1,1	1,30	0,07	1,50	1,31	0,07	1,48	1,34	0,08	1,56
	1/2 da linha		1,28	0,07	1,50	1,28	0,08	1,51	1,32	0,09	1,58
	Fim da linha		1,27	0,07	1,48	1,28	0,08	1,49	1,31	0,09	1,57
II	---	1,1	1,31	0,07	1,46	1,32	0,06	1,49	1,36	0,07	1,53
	1/2 da linha		1,28	0,07	1,51	1,29	0,07	1,51	1,32	0,08	1,56
	Fim da linha		1,26	0,07	1,48	1,27	0,07	1,47	1,31	0,08	1,56

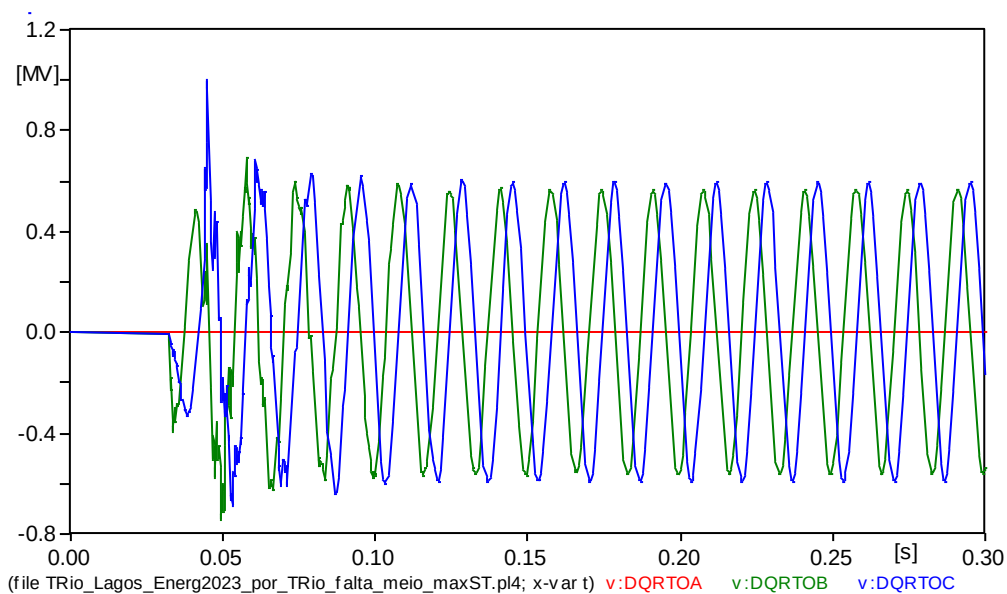


Figura 9-1 Energização da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, por Terminal Rio, falta em 1/2 da linha, situação de maior sobretensão – tensões fase –terra em 1/2 da linha.

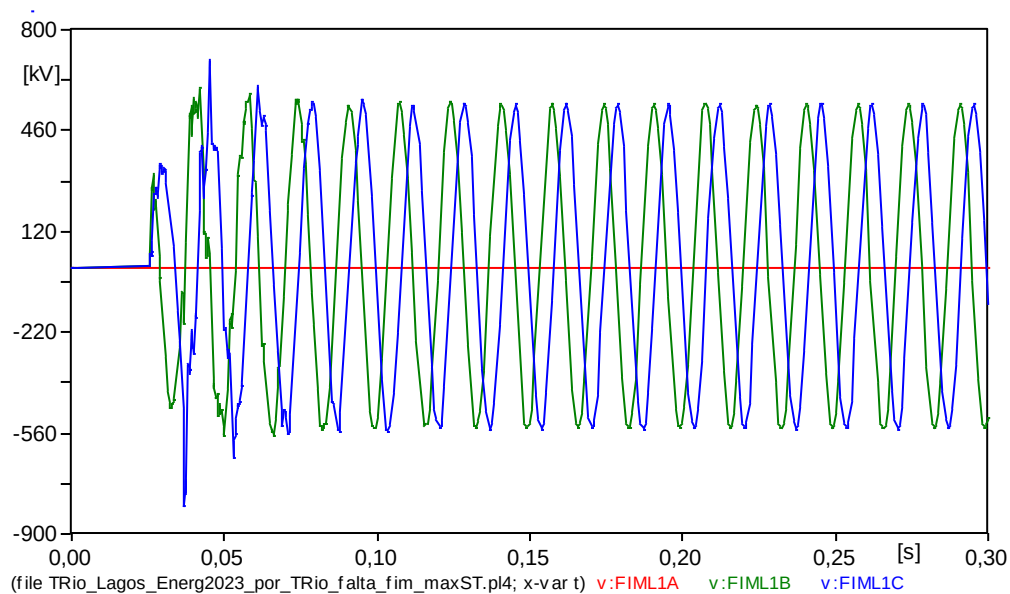


Figura 9-2 Energização da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, por Terminal Rio, falta no terminal de Lagos, situação de maior energia dissipada nos para-raios – tensão fase-terra em Lagos

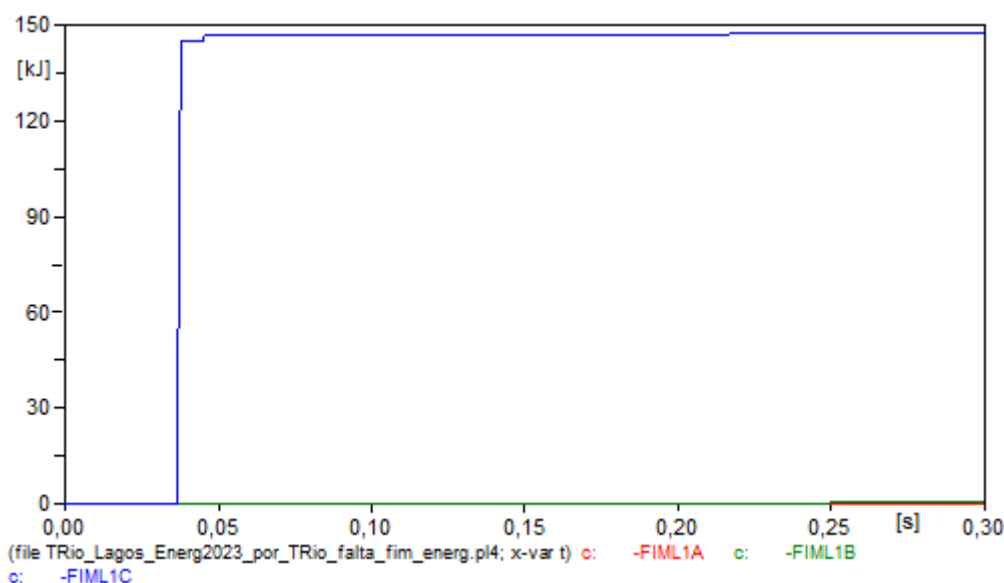


Figura 9-3 Energização da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, por Terminal Rio, falta no terminal de Lagos, situação de maior energia dissipada nos PR – energia nos PR no terminal de Lagos 500 kV

As simulações de energização da linha em 500 kV Terminal Rio - Lagos, C1, pelo terminal da SE Lagos 500 kV, foram realizadas considerando a configuração de rede completa.

Na energização da linha em destaque, pelo terminal da SE Lagos 500 kV, verifica-se que a máxima sobretensão resultou em 2,12 pu para as tensões fase-terra no meio da linha, para a situação de falta no meio da linha e 1,88 pu para as tensões fase-fase no final da linha, para a situação sem falta. No terminal fim da linha a máxima sobretensão entre fase e terra correspondeu a 1,99 pu. Com relação à energia absorvida pelos para-raios, o maior valor encontrado alcançou 310 kJ.

**Tabela 9-3 Energização da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, por Lagos
(tensões fase – terra e energia nos para-raios)**

TENSÕES FASE - TERRA E ENERGIA NOS PARA-RAIOS												
Cond. da Rede	Local do defeito	Vpré (pu)	1/2 da linha			3/4 da linha			Fim da linha			
			Vméd (pu)	σ (pu)	Vmáx (pu)	Vméd (pu)	σ (pu)	Vmáx (pu)	Vméd (pu)	σ (pu)	Vmáx (pu)	Energia Para-raios (kJ)
I	---	1,1	1,75	0,06	1,93	1,76	0,07	1,93	1,79	0,07	1,92	95
	1/2 da linha		1,93	0,08	2,12	1,90	0,08	2,06	1,88	0,07	1,99	310
	Fim da linha		1,84	0,07	2,00	1,86	0,08	2,05	1,88	0,06	1,99	240

Tabela 9-4 Energização da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, por Lagos
(tensões fase – fase)

TENSÕES FASE - FASE											
Cond. da Rede	Local do defeito	Vpré (pu)	1/2 da linha			3/4 da linha			Fim da linha		
			Vmé (pu)	σ (pu)	Vmáx (pu)	Vmé (pu)	σ (pu)	Vmáx (pu)	Vmé (pu)	σ (pu)	Vmáx (pu)
I	---	1,1	1,67	0,08	1,87	1,69	0,09	1,87	1,70	0,09	1,88
	1/2 da linha		1,62	0,10	1,84	1,64	0,10	1,84	1,65	0,10	1,87
	Fim da linha		1,62	0,10	1,82	1,63	0,10	1,83	1,65	0,11	1,87

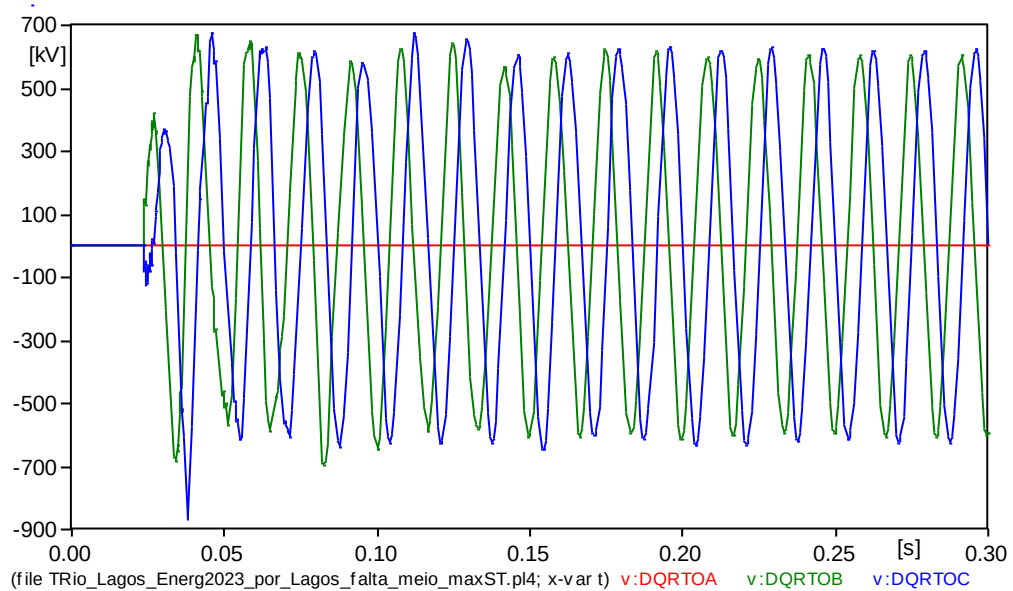


Figura 9-4 Energização da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, por Lagos, falta em 1/2 da linha, situação de maior sobretensão – tensões fase –terra em 1/2 da linha

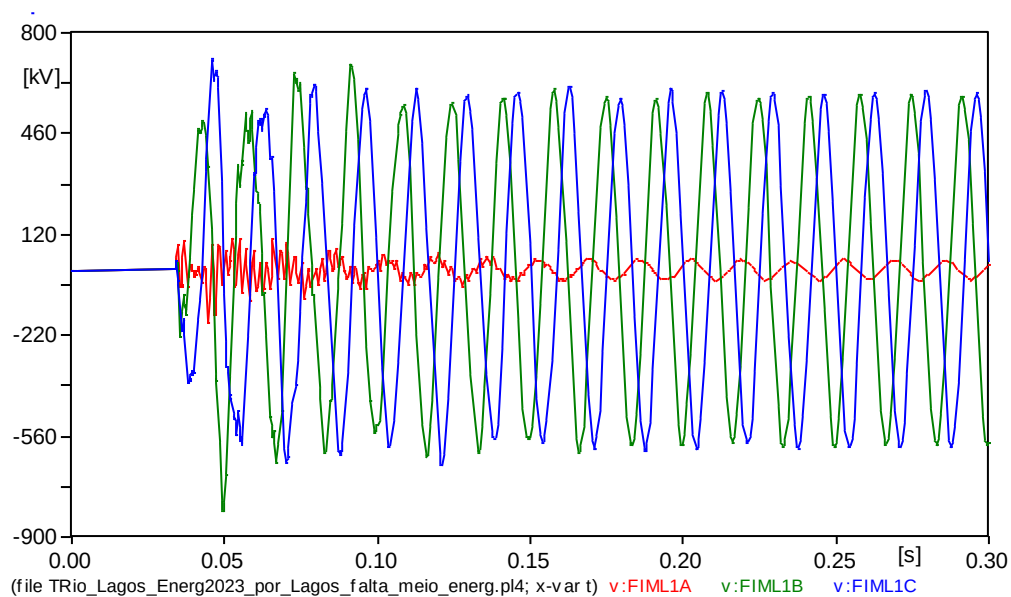


Figura 9-5 Energização da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, por Lagos, falta no Terminal Rio, situação de maior energia dissipada nos para-raios – tensão fase-terra em Terminal Rio

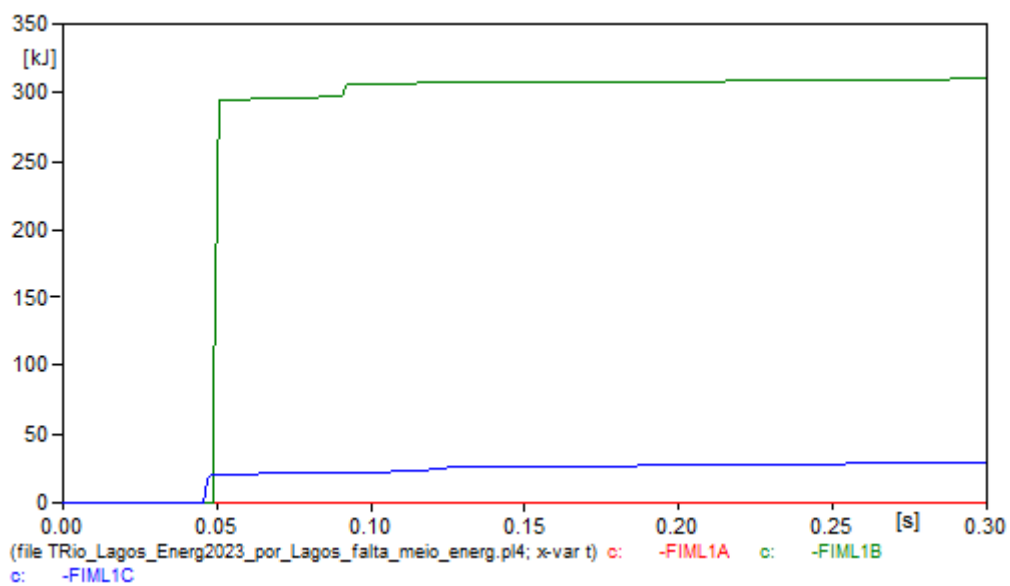


Figura 9-6 Energização da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, por Lagos, falta no 1/2 da linha, situação de maior energia dissipada nos PR – energia nos PR no terminal de Terminal Rio 500 kV

9.3 LT 500 kV Lagos - Campos 2 , C1 e C2

As simulações de energização da linha em 500 kV Lagos – Campos 2, C1, pelo terminal da SE Campos 2 500 kV, foram realizadas considerando as seguintes configurações da rede de transmissão:

I) Rede completa

Na energização da linha em destaque, pelo terminal da SE Campos 2 500 kV, verifica-se que a máxima sobretensão resultou em 2,13 pu para as tensões fase-terra no meio da linha e 1,43 pu para as tensões fase-fase no fim da linha, ambas os casos em situação de falta na linha. No terminal fim da linha a máxima sobretensão entre fase e terra correspondeu a 2,0 pu. Com relação à energia absorvida pelos para-raios, o maior valor encontrado foi igual a 450 kJ.

Tabela 9-5 Energização da LT 500 kV Lagos – Campos 2, por Campos 2
(tensões fase – terra e energia nos para-raios)

TENSÕES FASE - TERRA E ENERGIA NOS PARA-RAIOS												
Cond. da Rede	Local do defeito	Vpré (pu)	1/2 da linha			3/4 da linha			Fim da linha			
			Vmé (pu)	σ (pu)	Vmá (pu)	Vmé (pu)	σ (pu)	Vmá (pu)	Vmé (pu)	σ (pu)	Vmá (pu)	Energia Para-raios (kJ)
I	---	1,1	1,33	0,05	1,60	1,34	0,05	1,59	1,35	0,05	1,58	0,86
	1/2 da linha		1,86	0,10	2,13	1,86	0,09	2,08	1,84	0,09	2,00	450
	Fim da linha		1,82	0,10	2,03	1,83	0,09	2,00	1,84	0,08	2,00	404

Tabela 9-6 Energização da LT 500 kV Lagos - Campos 2, por Campos 2
(tensões fase – fase)

TENSÕES FASE - FASE											
Cond. da Rede	Local do defeito	Vpré (pu)	1/2 da linha			3/4 da linha			Fim da linha		
			Vmé (pu)	σ (pu)	Vmá (pu)	Vmé (pu)	σ (pu)	Vmá (pu)	Vmé (pu)	σ (pu)	Vmá (pu)
I	---	1,1	1,29	0,03	1,38	1,31	0,04	1,39	1,32	0,04	1,42
	1/2 da linha		1,28	0,04	1,39	1,29	0,05	1,41	1,30	0,05	1,43
	Fim da linha		1,27	0,04	1,40	1,28	0,04	1,40	1,29	0,05	1,41

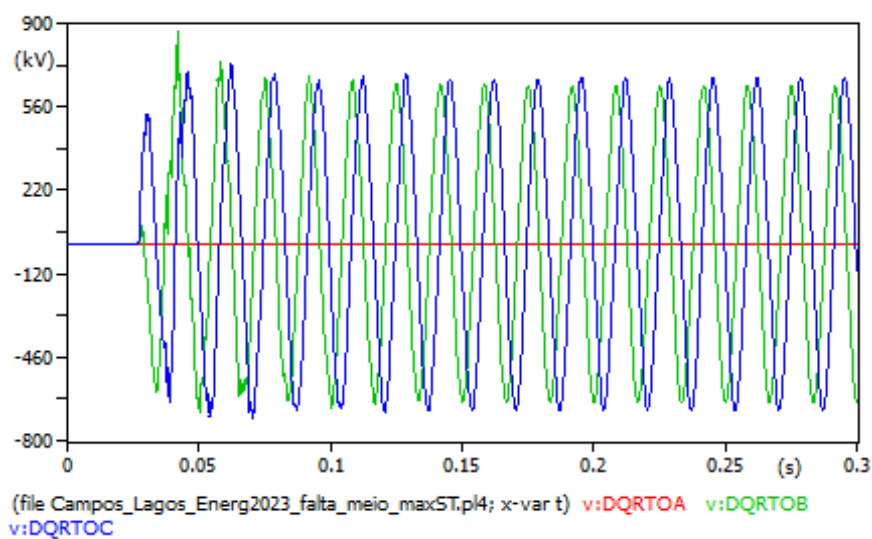


Figura 9-7 Energização da LT 500 kV Lagos – Campos 2, por Campos 2, falta em 1/2 da linha, situação de maior sobretensão – tensões fase – terra em 1/2 da linha.

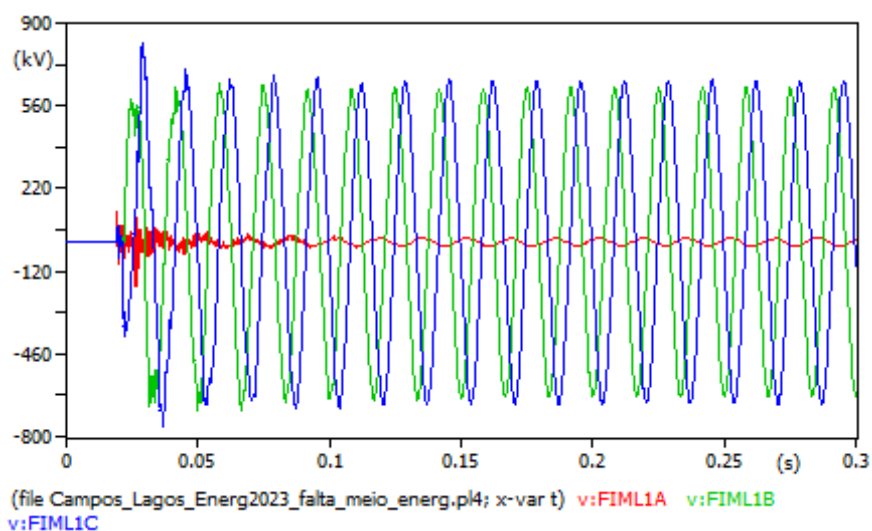


Figura 9-8 Energização da LT 500 kV Lagos – Campos 2, por Campos 2, falta em 1/2 da linha, situação de maior energia dissipada nos para-raios – tensão fase-terra em Lagos.

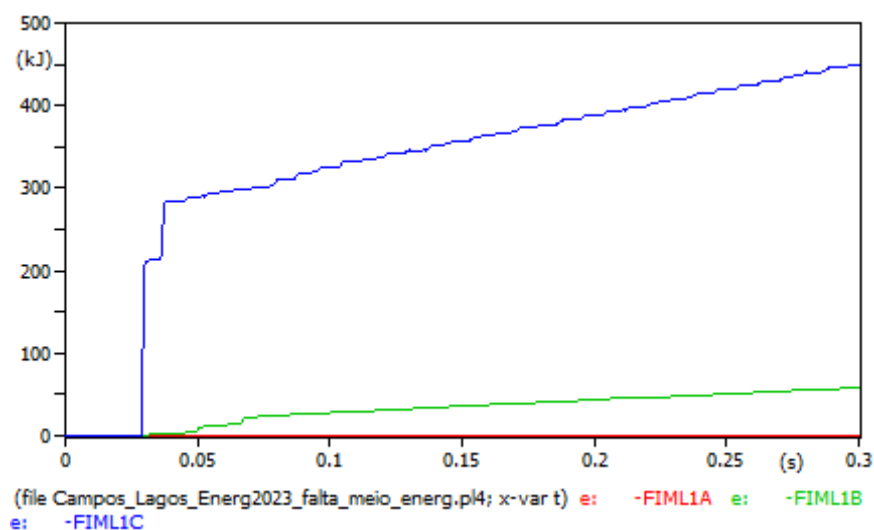


Figura 9-9 Energização da LT 500 kV Lagos – Campos 2, por Campos 2, falta em 1/2 da linha, situação de maior energia dissipada nos PR – energia nos PR no terminal de Lagos 500 kV

As simulações de energização da linha em 500 kV Lagos – Campos 2, C1, pelo terminal da SE Lagos 500 kV, foram realizadas considerando a rede completa.

Na energização da linha em destaque, pelo terminal da SE Lagos 500 kV, verifica-se que a máxima sobretensão resultou em 2,03 pu para as tensões fase-terra no meio da linha, e 1,5 pu para as tensões fase-fase no final da linha, ambos para a situação de falta no meio da linha. No terminal fim da linha a máxima sobretensão entre fase e terra correspondeu a 1,93 pu. Com relação à energia absorvida pelos para-raios, o maior valor encontrado alcançou 55 kJ.

**Tabela 9-7 Energização da LT 500 kV Lagos – Campos 2, por Lagos
(tensões fase – terra e energia nos para-raios)**

TENSÕES FASE - TERRA E ENERGIA NOS PARA-RAIOS												
Cond. da Rede	Local do defeito	Vpré (pu)	1/2 da linha			3/4 da linha			Fim da linha			
			Vmed (pu)	σ (pu)	Vmax (pu)	Vmed (pu)	σ (pu)	Vmax (pu)	Vmed (pu)	σ (pu)	Vmax (pu)	Energia Para-raios (kJ)
I	---	1,1	1,36	0,07	1,48	1,38	0,07	1,51	1,38	0,06	1,50	0,1
	1/2 da linha		1,58	0,15	2,03	1,58	0,15	2,00	1,56	0,14	1,93	55
	Fim da linha		1,52	0,12	1,90	1,53	0,12	1,89	1,55	0,12	1,86	43

Tabela 9-8 Energização da LT 500 kV Lagos- Campos 2, por Lagos
(tensões fase – fase)

TENSÕES FASE - FASE											
Cond. da Rede	Local do defeito	Vpré (pu)	1/2 da linha			3/4 da linha			Fim da linha		
			Vméd (pu)	σ (pu)	Vmáx (pu)	Vméd (pu)	σ (pu)	Vmáx (pu)	Vméd (pu)	σ (pu)	Vmáx (pu)
I	---	1,1	1,29	0,05	1,43	1,30	0,05	1,45	1,31	0,06	1,46
	1/2 da linha		1,27	0,06	1,46	1,28	0,06	1,49	1,30	0,06	1,50
	Fim da linha		1,26	0,06	1,43	1,28	0,06	1,44	1,29	0,06	1,46

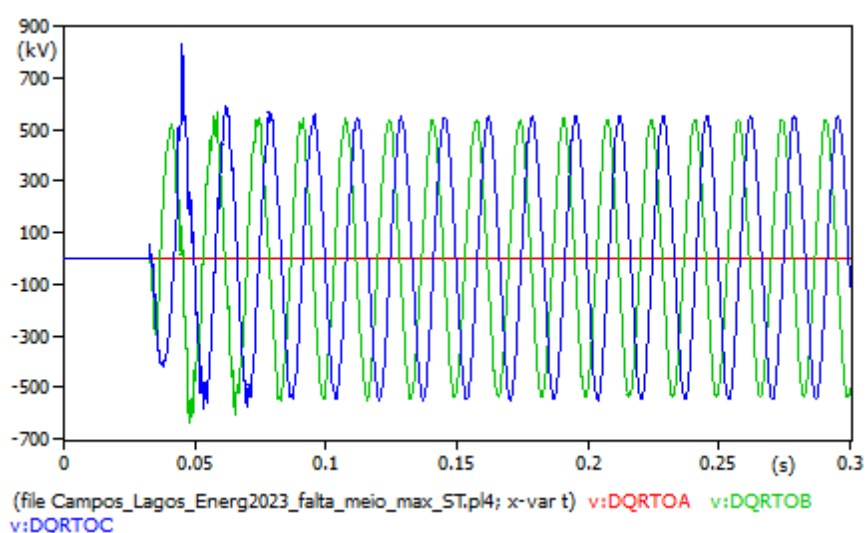


Figura 9-10 Energização da LT 500 kV Lagos – Campos 2, por Lagos, falta em 1/2 da linha, situação de maior sobretensão – tensões fase –terra em 1/2 da linha.

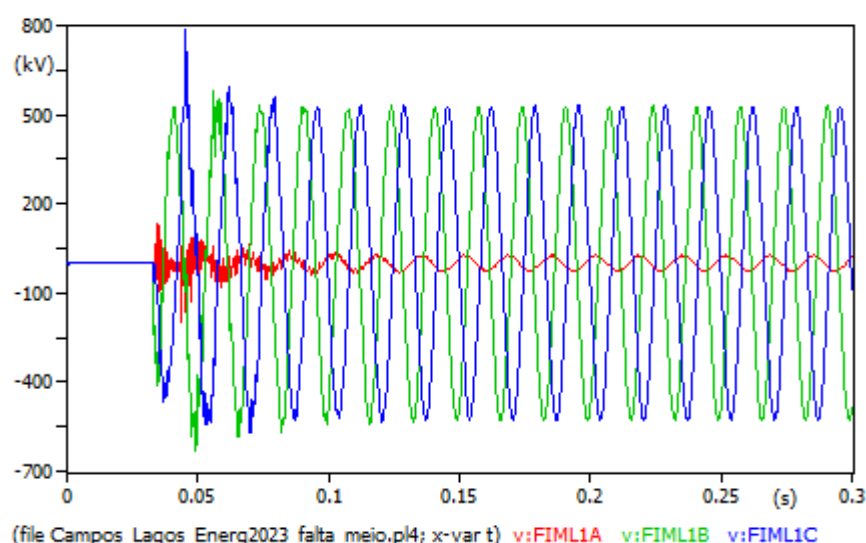


Figura 9-11 Energização da LT 500 kV Lagos – Campos 2, por Lagos, falta em 1/2 da linha, situação de maior energia dissipada nos para-raios – tensão fase-terra em Campos 2.

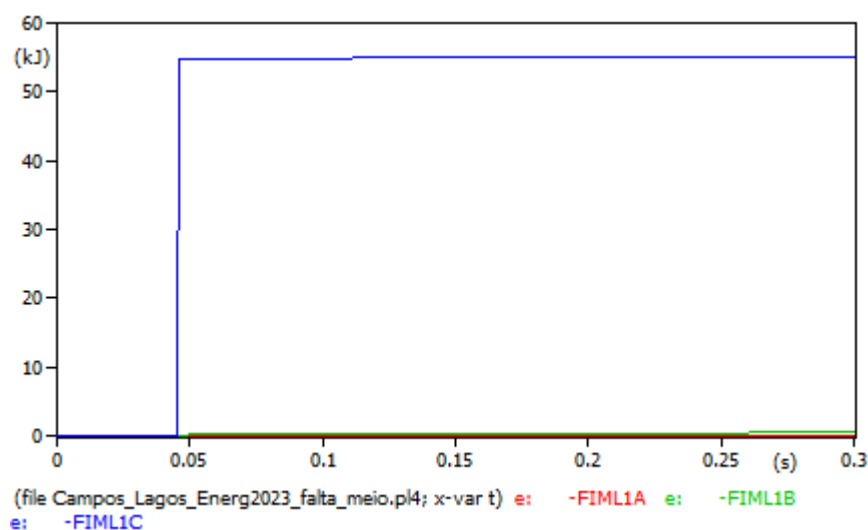


Figura 9-12 Energização da LT 500 kV Lagos – Campos 2, por Lagos, falta em 1/2 da linha, situação de maior energia dissipada nos PR – energia nos PR no terminal de Campos 2 500 kV

9.4 LT 500 kV Campos 2 - Mutum , C1 e C2

As simulações de energização da linha em 500 kV Campos 2 - Mutum, C1, pela SE Campos 2 500 kV, foram realizadas considerando as seguintes configurações da rede de transmissão:

- I) Rede completa
- II) Sem a LT 500 kV Terminal Rio – Nova Iguaçu, C1 e C2

Na energização da linha em destaque, pela SE Campos 2 500 kV, verifica-se que a máxima sobretensão resultou em 2,08 pu para as tensões fase-terra no meio da linha e 1,75 pu para as tensões fase-fase no fim da linha. No terminal fim da linha a máxima sobretensão entre fase e terra correspondeu a 1,93 pu. Com relação à energia absorvida pelos para-raios, o maior valor encontrado foi igual a 105 kJ.

Tabela 9-9 Energização da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, por Campos 2
(tensões fase – terra e energia nos para-raios)

TENSÕES FASE - TERRA E ENERGIA NOS PARA-RAIOS												
Cond. da Rede	Local do defeito	Vpré (pu)	1/2 da linha			3/4 da linha			Fim da linha			
			Vméd (pu)	σ (pu)	Vmáx (pu)	Vméd (pu)	σ (pu)	Vmáx (pu)	Vméd (pu)	σ (pu)	Vmáx (pu)	Energia Para-raios (kJ)
I	---	1,1	1,58	0,06	1,75	1,60	0,06	1,77	1,63	0,07	1,79	17
	1/2 da linha		1,80	0,08	2,05	1,75	0,08	1,94	1,73	0,07	1,90	74
	Fim da linha		1,66	0,08	1,85	1,70	0,08	1,89	1,75	0,08	1,93	105
II	---	1,1	1,59	0,07	1,74	1,61	0,07	1,77	1,63	0,08	1,83	33
	1/2 da linha		1,80	0,09	2,08	1,75	0,07	1,92	1,73	0,07	1,90	88
	Fim da linha		1,66	0,07	1,82	1,70	0,07	1,87	1,75	0,07	1,92	96

Tabela 9-10 Energização da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, por Campos 2
(tensões fase – fase)

TENSÕES FASE - FASE											
Cond. da Rede	Local do defeito	Vpré (pu)	1/2 da linha			3/4 da linha			Fim da linha		
			Vméd (pu)	σ (pu)	Vmáx (pu)	Vméd (pu)	σ (pu)	Vmáx (pu)	Vméd (pu)	σ (pu)	Vmáx (pu)
I	---	1,1	1,54	0,07	1,72	1,54	0,08	1,72	1,56	0,08	1,75
	1/2 da linha		1,47	0,08	1,66	1,48	0,08	1,68	1,49	0,09	1,71
	Fim da linha		1,46	0,08	1,67	1,47	0,09	1,67	1,49	0,09	1,68
II	---	1,1	1,54	0,07	1,73	1,56	0,08	1,72	1,57	0,08	1,73
	1/2 da linha		1,48	0,08	1,66	1,49	0,09	1,69	1,51	0,09	1,71
	Fim da linha		1,46	0,08	1,68	1,48	0,08	1,71	1,49	0,09	1,73

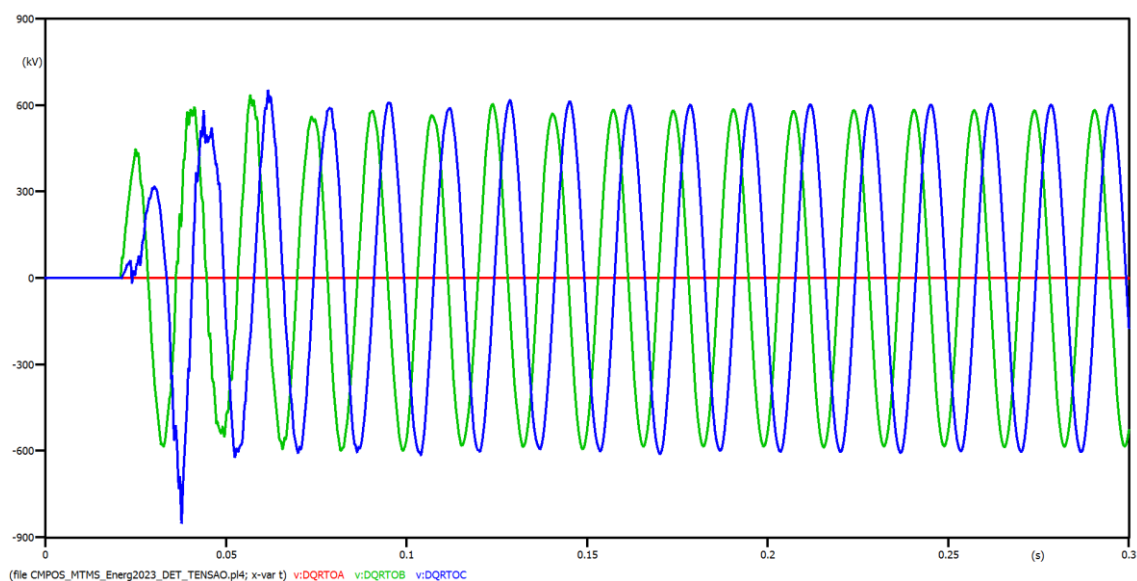


Figura 9-13 Energização da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, por Campos 2, falta em 1/2 da linha, situação de maior sobretensão – tensões fase –terra em 1/2 da linha.

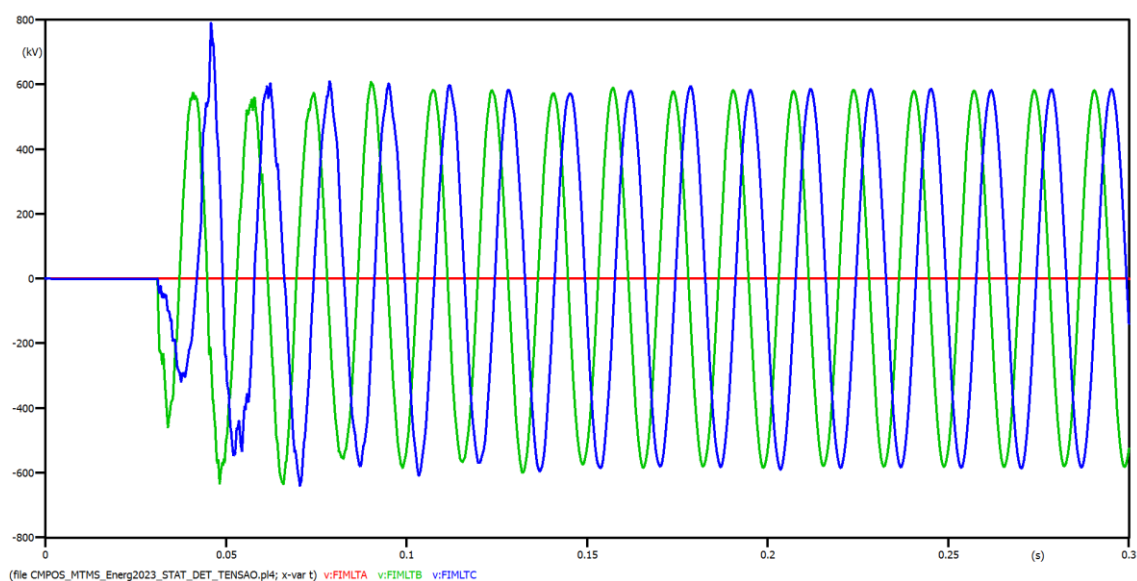


Figura 9-14 Energização da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, por Campos 2, falta no terminal de Mutum, situação de maior energia dissipada nos para-raios – tensão fase-terra em Mutum

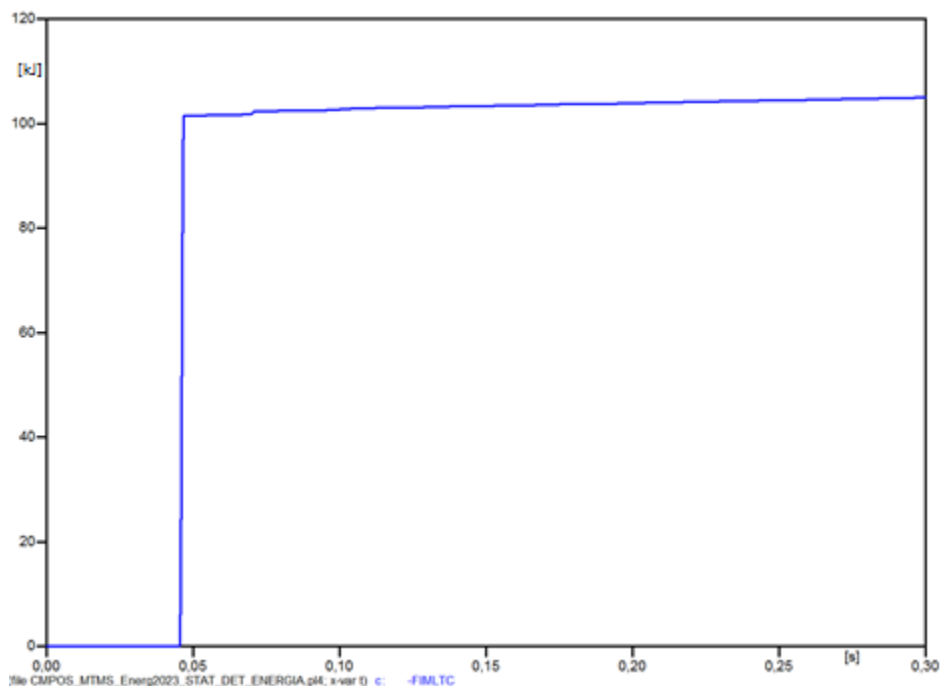


Figura 9-15 Energização da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, por Campos 2, falta no terminal de Mutum, situação de maior energia dissipada nos PR – energia nos PR no terminal de Mutum.

As simulações de energização da linha em 500 kV Campos 2 - Mutum, C1, pela SE Mutum 500 kV, foram realizadas considerando as seguintes configurações da rede de transmissão:

- I) Rede completa
- II) Sem a LT 500 kV LT 500 kV Mutum – Mesquita C1

Na energização da linha em destaque, pela SE Mutum 500 kV, verifica-se que a máxima sobretensão resultou em 2,29 pu para as tensões fase-terra no meio da linha, para a situação de falta no meio da linha, e 1,88 pu para as tensões fase-fase no final da linha, para a situação sem falta. No terminal fim da linha a máxima sobretensão entre fase e terra correspondeu a 2,01 pu. Com relação à energia absorvida pelos para-raios, o maior valor encontrado alcançou 214 kJ.

**Tabela 9-11 Energização da LT 500 kV Campos 2 – Mutum, por Mutum
(tensões fase – terra e energia nos para-raios)**

TENSÕES FASE - TERRA E ENERGIA NOS PARA-RAIOS												
Cond. da Rede	Local do defeito	Vpré (pu)	1/2 da linha			3/4 da linha			Fim da linha			
			Vmed (pu)	σ (pu)	Vmáx (pu)	Vmed (pu)	σ (pu)	Vmáx (pu)	Vmed (pu)	σ (pu)	Vmáx (pu)	Energia Para-raios (kJ)
I	---	1,1	1,75	0,06	1,93	1,76	0,07	1,93	1,79	0,07	1,92	0,12
	1/2 da linha		1,93	0,08	2,12	1,90	0,08	2,06	1,88	0,07	1,99	10
	Fim da linha		1,84	0,07	2,00	1,86	0,08	2,05	1,88	0,06	1,99	125
II	---	1,1	1,44	0,11	1,71	1,48	0,12	1,83	1,50	0,11	1,75	14
	1/2 da linha		1,81	0,15	2,29	1,73	0,13	2,07	1,70	0,13	2,01	200
	Fim da linha		1,57	0,10	1,92	1,62	0,11	1,96	1,68	0,11	2,01	214

Tabela 9-12 Energização da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, por Mutum
(tensões fase – fase)

TENSÕES FASE - FASE											
Cond. da Rede	Local do defeito	Vpré (pu)	1/2 da linha			3/4 da linha			Fim da linha		
			Vmédi (pu)	σ (pu)	Vmáxi (pu)	Vmédi (pu)	σ (pu)	Vmáxi (pu)	Vmédi (pu)	σ (pu)	Vmáxi (pu)
I	---	1,1	1,67	0,08	1,87	1,69	0,09	1,87	1,70	0,09	1,88
	1/2 da linha		1,62	0,10	1,84	1,64	0,10	1,84	1,65	0,10	1,87
	Fim da linha		1,62	0,10	1,82	1,63	0,10	1,83	1,65	0,11	1,87
II	---	1,1	1,38	0,06	1,51	1,39	0,07	1,55	1,41	0,07	1,61
	1/2 da linha		1,35	0,07	1,56	1,35	0,06	1,52	1,37	0,07	1,62
	Fim da linha		1,35	0,06	1,55	1,35	0,06	1,52	1,38	0,07	1,59

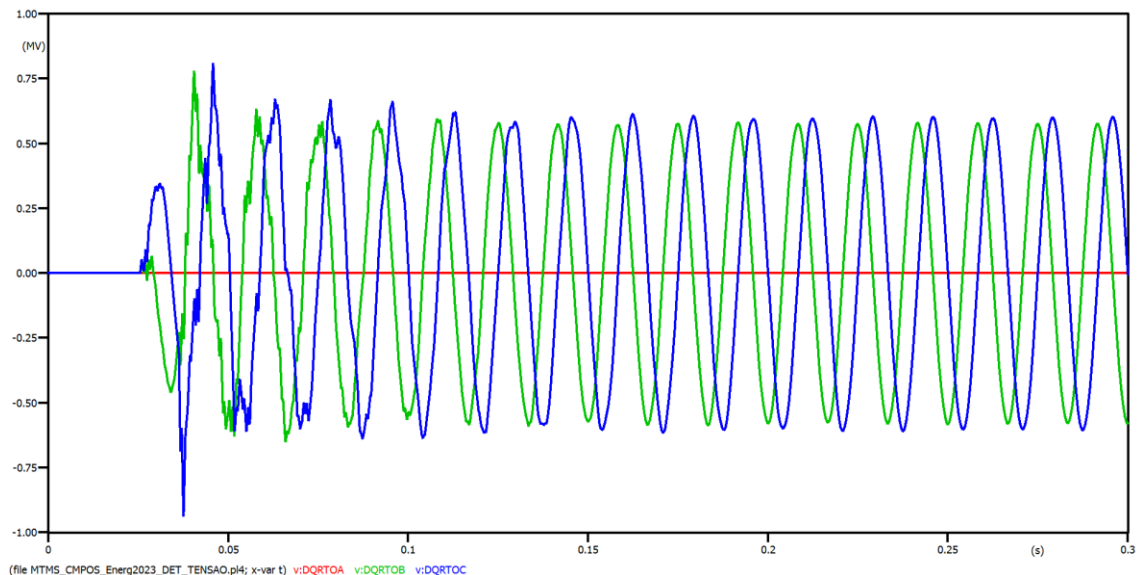


Figura 9-16 Energização da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, por Mutum, falta em 1/2 da linha, situação de maior sobretensão – tensões fase –terra em 1/2 da linha.

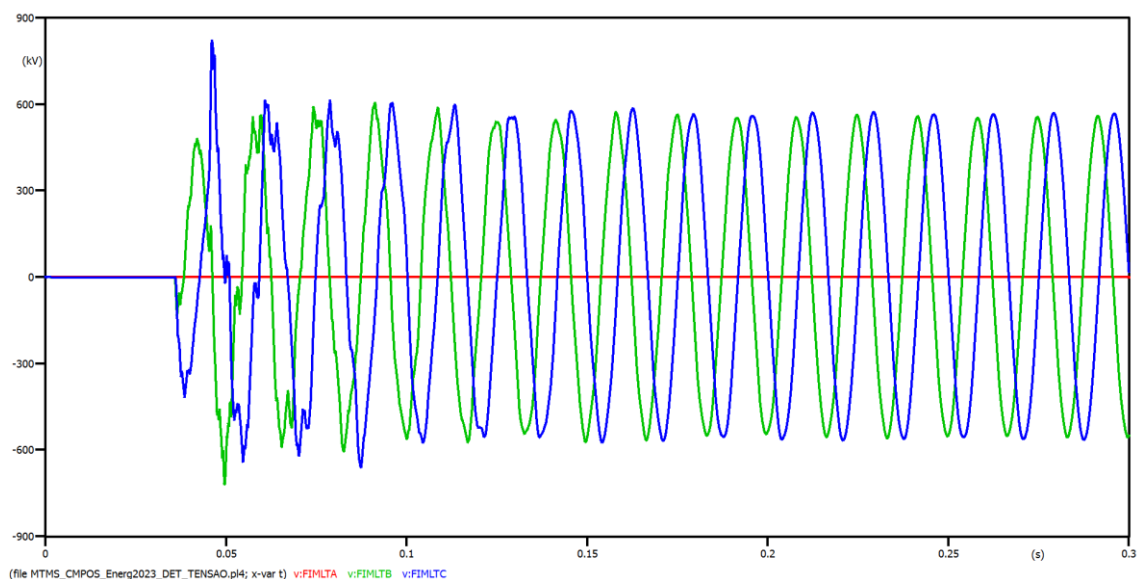


Figura 9-17 Energização da LT 500 kV Campos 2 – Mutum, por Mutum, falta no terminal de Mutum, situação de maior energia dissipada nos para-raios – tensão fase-terra em Mutum

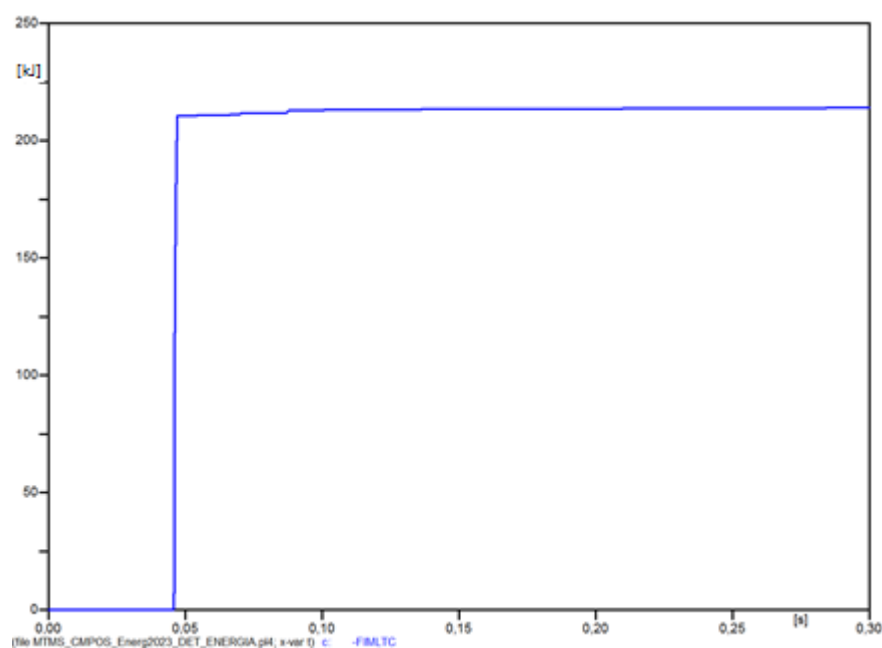


Figura 9-18 Energização da LT 500 kV Campos 2 – Mutum, por Mutum, falta no terminal de Mutum, situação de maior energia dissipada nos PR – energia nos PR no terminal de Mutum.

10 RELIGAMENTO TRIPOLAR

Foram elaboradas manobras de religamento tripolar por ambos os terminais das linhas de transmissão em estudo, considerando-se religamentos com sucesso e sem sucesso. Em todos os casos que consideram as manobras com defeito, a falta é aplicada no meio e no fim da linha.

Foi considerada a condição de carga leve, para o ano de entrada em operação, 2023, e a presença do resistor de pré-inserção de $400\ \Omega$ nos disjuntores.

10.1 Principais resultados

Com relação às tensões nos terminais das linhas, os valores encontrados estão compatíveis com os observados em projetos similares, enquanto que as energias dissipadas nos para-raios de ZnO resultaram em valores reduzidos, mesmo para uma coluna de para-raios.

A sobretensão mais elevada ocorreu na LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, com sobretensão máxima igual a 2,50 pu, no meio da linha em condição de falta na linha, religamento sem sucesso. Quanto às sobretensões nos terminais das linhas, a maior registrada correspondeu à encontrada no terminal de Terminal Rio, igual a 2,03 pu durante o religamento da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos.

10.2 LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, C1 e C2

As simulações de religamento tripolar pelo terminal de Terminal Rio foram realizadas considerando as seguintes configurações da rede de transmissão:

- I) Sem o segundo circuito da LT 500 kV Terminal Rio – Lagos
- II) Sem o segundo circuito em todo o tronco 500 kV Terminal Rio – Mutum

As tabelas e figuras apresentadas a seguir sumarizam os principais resultados encontrados. A máxima sobretensão fase-terra resultou em 2,50 pu, registrado a 1/2 do comprimento da linha, para o religamento sem sucesso com falta aplicada em 1/2 do comprimento da linha, na condição I, enquanto que para as sobretensões entre fases o maior valor encontrado foi igual a 1,61 pu, registrado a 1/2 do comprimento da linha, para o religamento sem sucesso com falta aplicada em 1/2 do comprimento da linha, também na condição I.

No fim da linha, a máxima sobretensão fase-terra resultou em 2,01 pu, para o religamento sem sucesso com falta aplicada no final da linha, na condição II. No que se refere às sobretensões entre fases, o maior valor encontrado foi igual a 1,68, para o religamento sem sucesso com falta aplicada em 1/2 do comprimento da linha, na condição I. Com relação à energia dissipada nos para-raios de ZnO, foram encontrados valores muito baixos, não superiores a 236 kJ.

**Tabela 10-1 Religamento tripolar da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, C1, por Terminal Rio
(tensões fase – terra e energia nos para-raios)**

TENSÕES FASE - TERRA E ENERGIA NOS PARA-RAIOS													
Cond. da Rede	Local do defeito	Sucesso	Vpré (pu)	1/2 da linha			3/4 da linha			Fim da linha			
				Vméd	σ	Vmáx	Vméd	σ	Vmáx	Vméd	σ	Vmáx	Para-raios
				(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(kJ)
I	---	SIM	1,1	1,53	0,02	1,67	1,54	0,03	1,69	1,54	0,04	1,70	4
	1/2 da linha			1,42	0,08	1,77	1,45	0,09	1,71	1,46	0,09	1,73	8
	Fim da linha			1,42	0,08	1,64	1,45	0,09	1,69	1,46	0,09	1,72	21
	1/2 da linha	NÃO		1,82	0,20	2,50	1,71	0,16	2,27	1,66	0,14	2,00	107
	Fim da linha			1,73	0,03	1,97	1,67	0,09	1,98	1,68	0,13	2,01	88
II	---	SIM	1,1	1,41	0,11	1,72	1,42	0,11	1,74	1,44	0,11	1,76	154
	1/2 da linha			1,39	0,08	1,66	1,42	0,09	1,68	1,43	0,09	1,68	104
	Fim da linha			1,39	0,09	1,65	1,42	0,10	1,69	1,43	0,10	1,74	14
	1/2 da linha	NÃO		1,79	0,21	2,43	1,67	0,17	2,23	1,62	0,16	1,98	102
	Fim da linha			1,49	0,14	1,88	1,54	0,16	2,04	1,61	0,17	2,01	236

**Tabela 10-2 Religamento tripolar da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, C1, por Terminal Rio
(tensões fase – fase)**

TENSÕES FASE - FASE												
Cond. da Rede	Local do defeito	Sucesso	Vpré (pu)	1/2 da linha			3/4 da linha			Fim da linha		
				Vméd	σ	Vmáx	Vméd	σ	Vmáx	Vméd	σ	Vmáx
				(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)
I	---	SIM		1,34	0,09	1,60	1,35	0,09	1,57	1,39	0,10	1,67
	1/2 da linha			1,33	0,08	1,57	1,34	0,08	1,55	1,37	0,09	1,66
	Fim da linha			1,32	0,08	1,60	1,33	0,08	1,57	1,37	0,09	1,66
	1/2 da linha	NÃO		1,29	0,07	1,55	1,29	0,07	1,61	1,33	0,09	1,68
	Fim da linha			1,29	0,07	1,54	1,30	0,09	1,58	1,34	0,11	1,66
II	---	SIM		1,31	0,09	1,60	1,31	0,09	1,58	1,35	0,10	1,67
	1/2 da linha			1,29	0,08	1,55	1,30	0,08	1,53	1,34	0,10	1,61
	Fim da linha			1,29	0,08	1,55	1,30	0,09	1,55	1,34	0,10	1,66
	1/2 da linha	NÃO		1,27	0,07	1,46	1,27	0,078	1,49	1,31	0,10	1,55
	Fim da linha			1,26	0,09	1,57	1,27	0,093	1,55	1,31	0,11	1,62

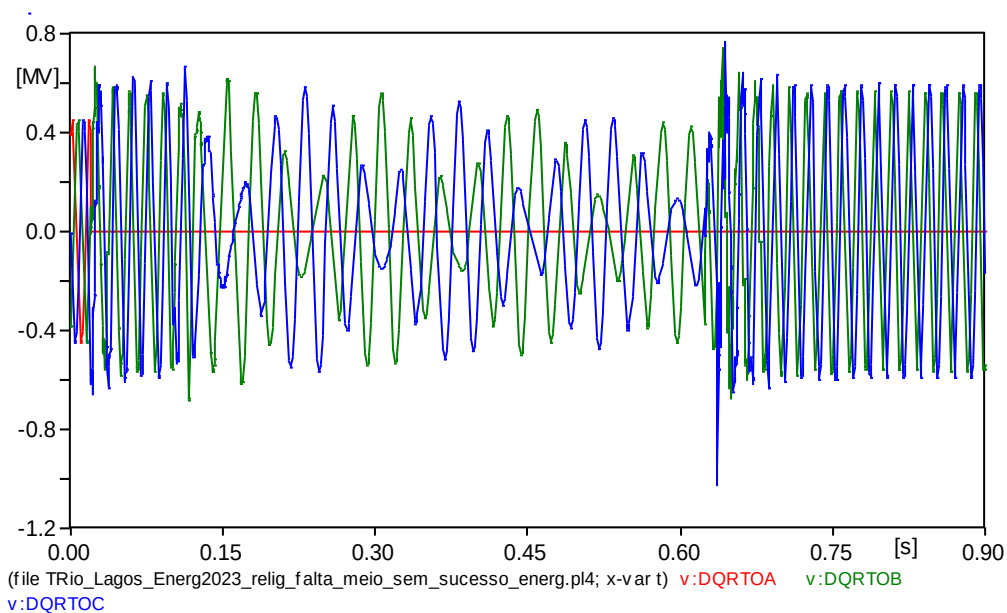


Figura 10-1 Religamento tripolar da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, C1, por Terminal Rio, falta no 1/2 da linha, maior sobretensão, tensão fase – terra em 1/2 da linha.

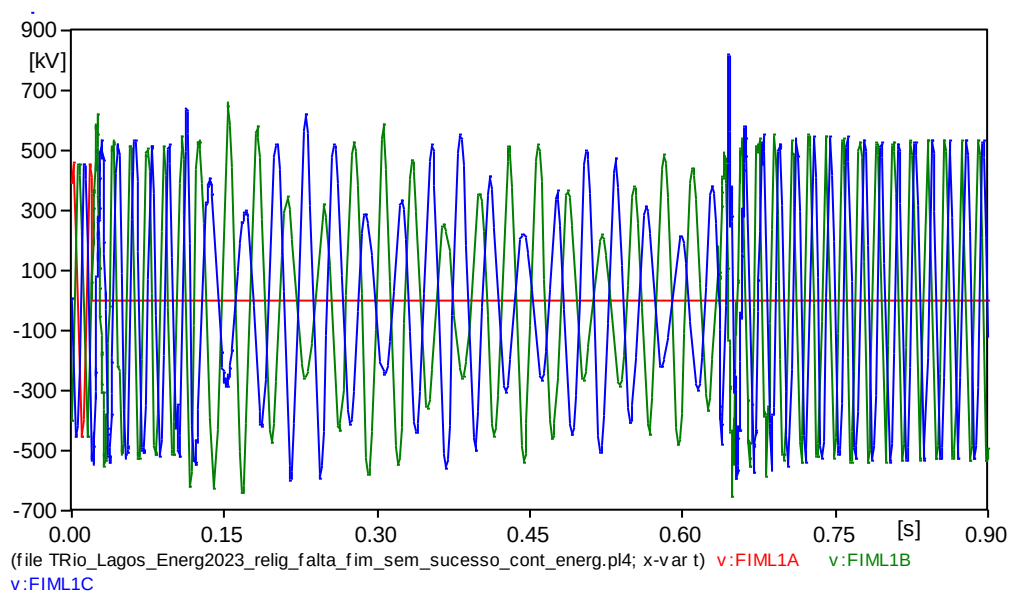


Figura 10-2 Religamento tripolar da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, C1, por Terminal Rio, falta no fim da linha, sobretensão para maior energia dissipada nos para-raios, terminal Lagos.

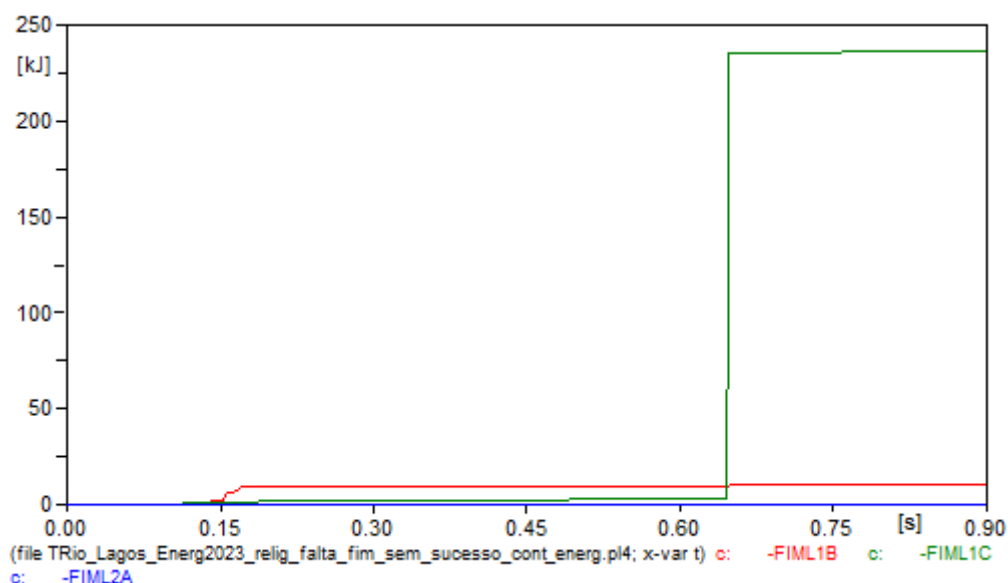


Figura 10-3 Religamento tripolar da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, C1, por Terminal Rio, falta no fim da linha, maior energia nos para-raios, terminal Lagos.

As simulações de religamento tripolar, pelo terminal de Lagos, foram realizadas considerando as seguintes configurações da rede de transmissão:

- I) Sem o segundo circuito da LT 500 kV Terminal Rio – Lagos
- II) Sem o segundo circuito em todo o tronco 500 kV Terminal Rio – Mutum

As tabelas e figuras apresentadas a seguir sumarizam os principais resultados. As sobretensões mais elevadas encontradas ao longo da linha, com os valores máximos de tensão fase terra e tensão entre fases, foram iguais a 2,23 pu e 2,06 pu, respectivamente.

No terminal fim da linha, as máximas sobretensões resultaram iguais, respectivamente, para tensão entre fase e terra e entre fases, a 2,03 pu e 2,05 pu. Com relação à energia dissipada nos para-raios de ZnO, foram encontrados valores não superiores a 1182 kJ.

**Tabela 10-3 Religamento tripolar da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, C1, por Lagos
(tensões fase – terra e energia nos para-raios)**

TENSÕES FASE - TERRA E ENERGIA NOS PARA-RAIOS													
Cond. da Rede	Local do defeito	Sucesso	Vpré (pu)	1/2 da linha			3/4 da linha			Fim da linha			
				Vméd	σ	Vmáx	Vméd	σ	Vmáx	Vméd	σ	Vmáx	Para-raios
				(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(kJ)
I	---	SIM	1,1	1,52	0,07	1,82	1,54	0,08	1,79	1,56	0,08	1,83	60
	1/2 da linha			1,53	0,08	1,80	1,55	0,09	1,87	1,57	0,10	1,89	75
	Fim da linha			1,56	0,07	1,78	1,58	0,07	1,87	1,60	0,08	1,82	42
	1/2 da linha	NÃO		2,04	0,07	2,23	2,00	0,06	2,13	1,96	0,04	2,02	1126
	Fim da linha			1,96	0,08	2,14	1,97	0,07	2,18	1,95	0,05	2,03	1182
II	---	SIM	1,1	1,76	0,11	1,98	1,78	0,11	1,99	1,79	0,10	1,99	270
	1/2 da linha			1,74	0,10	1,98	1,77	0,10	2,03	1,78	0,10	2,00	302
	Fim da linha			1,74	0,10	2,02	1,76	0,10	2,03	1,78	0,10	2,01	344
	1/2 da linha	NÃO		1,91	0,11	2,16	1,89	0,10	2,15	1,86	0,09	2,03	468
	Fim da linha			1,84	0,11	2,05	1,85	0,11	2,09	1,88	0,09	2,02	475

**Tabela 10-4 Religamento tripolar da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, C1, por Lagos
(tensões fase – fase)**

TENSÕES FASE - FASE												
Cond. da Rede	Local do defeito	Sucesso	Vpré (pu)	1/2 da linha			3/4 da linha			Fim da linha		
				Vmé _d	σ	Vmá _x	Vmé _d	σ	Vmá _x	Vmé _d	σ	Vmá _x
				(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)
I	---	SIM	1,1	1,48	0,06	1,66	1,49	0,06	1,68	1,51	0,06	1,69
	1/2 da linha			1,48	0,06	1,65	1,49	0,06	1,71	1,51	0,06	1,76
	Fim da linha			1,50	0,06	1,64	1,52	0,06	1,65	1,54	0,07	1,69
	1/2 da linha	NÃO		1,45	0,06	1,60	1,46	0,07	1,60	1,48	0,07	1,62
	Fim da linha			1,43	0,06	1,61	1,44	0,06	1,61	1,46	0,07	1,62
II	---	SIM	1,1	1,68	0,12	1,97	1,70	0,12	1,96	1,72	0,12	1,99
	1/2 da linha			1,69	0,10	1,96	1,70	0,11	1,97	1,72	0,11	1,99
	Fim da linha			1,70	0,11	2,06	1,71	0,12	2,03	1,73	0,12	2,05
	1/2 da linha	NÃO		1,62	0,149	2,02	1,63	0,15	2,00	1,65	0,16	2,02
	Fim da linha			1,62	0,146	1,96	1,63	0,15	1,99	1,65	0,15	2,00

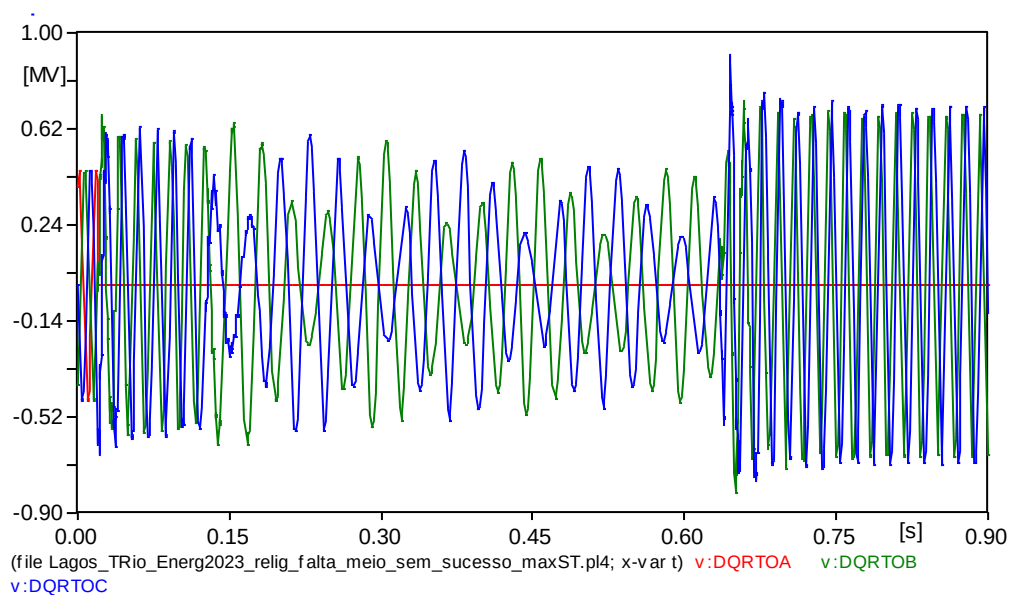


Figura 10-4 Religamento tripolar da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, C1, por Lagos, falta no 1/2 da linha, maior sobretensão, tensão fase – terra em 1/2 da linha.

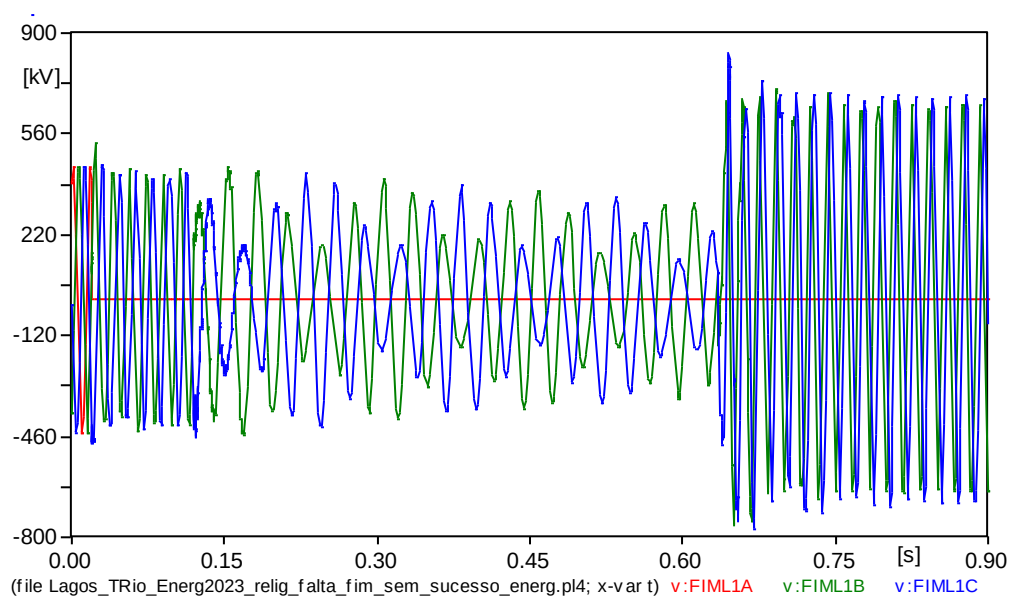


Figura 10-5 Religamento tripolar da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, C1, por Lagos, falta no fim da linha, sobretensão para maior energia dissipada nos para-raios, terminal Rio.

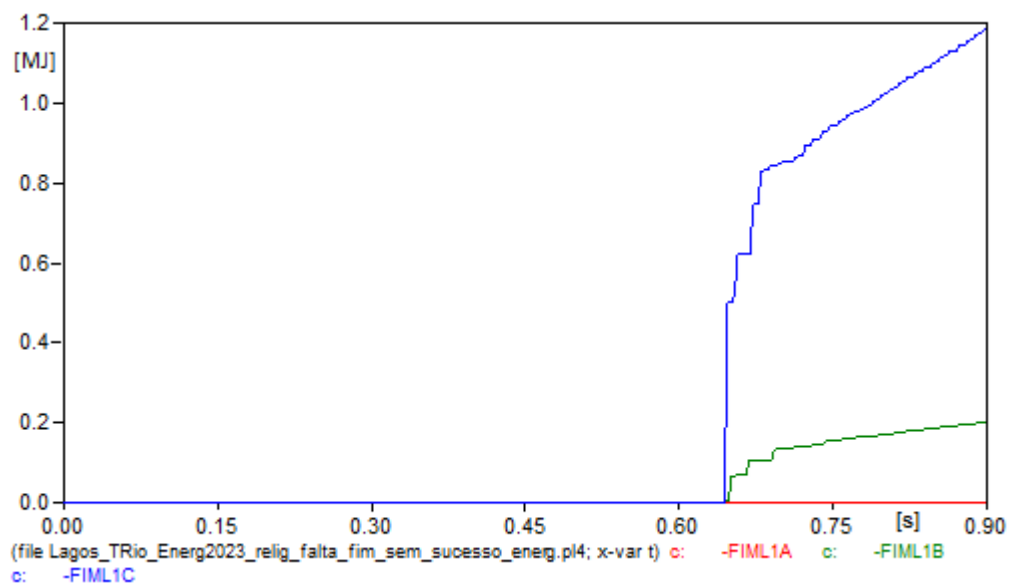


Figura 10-6 Religamento tripolar da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, C1, por Lagos, falta no fim da linha, maior energia nos para-raios, Terminal Rio.

10.3 LT 500 kV Lagos - Campos 2 , C1 e C2

As simulações de religamento tripolar pelo terminal de Lagos foram realizadas considerando as seguintes configurações da rede de transmissão:

- I) Sem o segundo circuito da LT 500 kV Lagos – Campos 2
- II) Sem o segundo circuito em todo o tronco 500 kV Terminal Rio – Mutum

As tabelas e figuras apresentadas a seguir sumarizam os principais resultados encontrados. As sobretensões mais elevadas encontradas ao longo da linha, com os valores máximos de tensão fase terra e tensão entre fases, foram iguais a 2,18 pu e 1,68 pu, respectivamente.

No terminal fim da linha, as máximas sobretensões resultaram iguais, respectivamente, para tensão entre fase e terra e, entre fases 2,01 pu e 1,68 pu. Com relação à energia dissipada nos para-raios de ZnO, foram encontrados valores baixos, não superiores a 536 kJ.

**Tabela 10-5 Religamento tripolar da LT 500 kV Lagos – Campos 2, C1, por Lagos
(tensões fase – terra e energia nos para-raios)**

TENSÕES FASE - TERRA E ENERGIA NOS PARA-RAIOS													
Cond. da Rede	Local do defeito	Sucesso	Vpré (pu)	1/2 da linha			3/4 da linha			Fim da linha			
				Vmé	σ	Vmá	Vmé	σ	Vmá	Vmé	σ	Vmá	Para-raios
				(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(kJ)
I	---	SIM	1,1	1,54	0,13	1,91	1,57	0,15	1,94	1,56	0,14	1,92	42
	1/2 da linha			1,60	0,13	1,95	1,63	0,15	2,02	1,62	0,14	1,96	105
	Fim da linha			1,63	0,14	1,97	1,66	0,16	2,02	1,66	0,14	1,96	199
	1/2 da linha	NÃO		1,90	0,13	2,18	1,90	0,13	2,14	1,88	0,11	2,05	497
	Fim da linha			1,84	0,13	2,08	1,85	0,12	2,06	1,85	0,10	2,01	536
II	---	SIM	1,1	1,47	0,13	1,89	1,49	0,13	1,92	1,51	0,15	1,86	2,8
	1/2 da linha			1,51	0,12	1,94	1,53	0,13	2,04	1,54	0,14	1,96	72
	Fim da linha			1,51	0,14	1,88	1,53	0,14	1,99	1,54	0,15	1,95	56
	1/2 da linha	NÃO		1,59	0,14	1,95	1,59	0,14	1,97	1,59	0,13	1,90	56
	Fim da linha			1,53	0,13	1,95	1,54	0,12	1,89	1,55	0,12	1,88	62

**Tabela 10-6 Religamento tripolar da LT 500 kV Lagos – Campos 2, C1, por Lagos
(tensões fase – fase)**

TENSÕES FASE - FASE												
Cond. da Rede	Local do defeito	Sucesso	Vpré (pu)	1/2 da linha			3/4 da linha			Fim da linha		
				Vmé ^d	σ	Vmá ^x	Vmé ^d	σ	Vmá ^x	Vmé ^d	σ	Vmá ^x
				(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)
I	---	SIM	1,1	1,43	0,02	1,52	1,43	0,02	1,54	1,44	0,03	1,56
	1/2 da linha			1,58	0,0*	1,59	1,58	0,0*	1,60	1,58	0,01	1,63
	Fim da linha			1,58	0,01	1,68	1,58	0,02	1,67	1,58	0,02	1,68
	1/2 da linha	NÃO		1,58	0,0*	1,59	1,58	0,0*	1,59	1,58	0,01	1,61
	Fim da linha			1,58	0,0*	1,60	1,58	0,01	1,60	1,58	0,02	1,62
II	---	SIM	1,1	1,35	0,03	1,45	1,35	0,03	1,49	1,37	0,04	1,49
	1/2 da linha			1,39	0,03	1,54	1,40	0,03	1,54	1,40	0,04	1,56
	Fim da linha			1,38	0,02	1,54	1,38	0,02	1,55	1,39	0,03	1,56
	1/2 da linha	NÃO		1,39	0,02	1,44	1,39	0,02	1,47	1,39	0,03	1,49
	Fim da linha			1,38	0,01	1,43	1,38	0,01	1,44	1,38	0,01	1,45

(*) Valores de desvio padrão bastante reduzidos

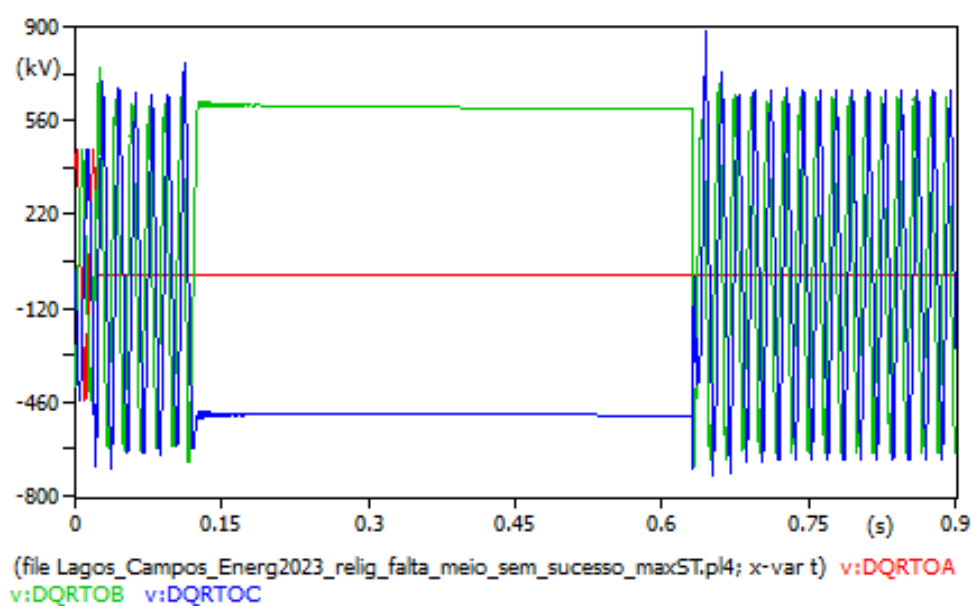


Figura 10-7 Religamento tripolar da LT 500 kV Lagos – Campos 2, C1, por Lagos, falta no 1/2 da linha, maior sobretensão, tensão fase – terra em 1/2 da linha.

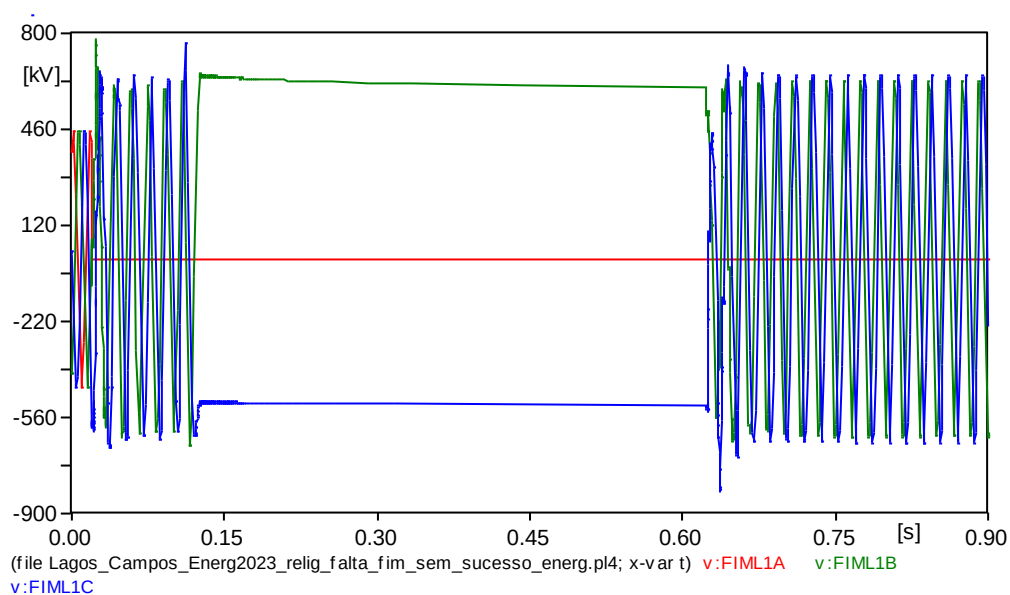


Figura 10-8 Religamento tripolar da LT 500 kV Lagos – Campos 2, C1, por Lagos, falta no fim da linha, sobretensão para maior energia dissipada nos para-raios, terminal Campos 2.

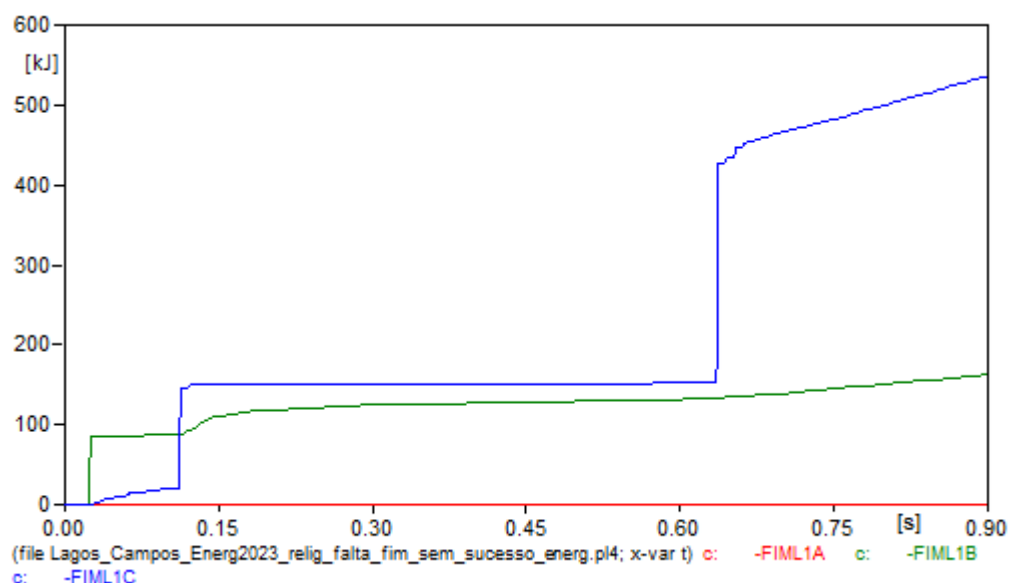


Figura 10-9 Religamento tripolar da LT 500 kV Lagos – Campos 2, C1, por Lagos, falta no fim da linha, maior energia nos para-raios, terminal Campos 2.

As simulações de religamento tripolar, pelo terminal de Campos 2, foram realizadas considerando as seguintes configurações da rede de transmissão:

- I) Sem o segundo circuito da LT 500 kV Lagos – Campos 2
- II) Sem o segundo circuito em todo o tronco 500 kV Terminal Rio – Mutum

As tabelas e figuras apresentadas a seguir sumarizam os principais resultados. As sobretensões mais elevadas encontradas ao longo da linha, com os valores máximos de tensão fase terra e tensão entre fases, foram iguais a 2,16 pu e 1,67 pu, respectivamente.

No terminal fim da linha, as máximas sobretensões resultaram iguais, respectivamente, para tensão entre fase e terra e entre fases, a 2,02 pu e 1,69 pu. Com relação à energia dissipada nos para-raios de ZnO, foram encontrados valores baixos, não superiores a 532 kJ.

Tabela 10-7 Religamento tripolar da LT 500 kV Lagos – Campos 2, C1, por Campos 2 (tensões fase – terra e energia nos para-raios)

TENSÕES FASE - TERRA E ENERGIA NOS PARA-RAIOS													
Cond. da Rede	Local do defeito	Sucesso	Vpré (pu)	1/2 da linha			3/4 da linha			Fim da linha			
				Vmé	σ	Vmá	Vmé	σ	Vmá	Vmé	σ	Vmá	Para-raios
				(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(kJ)
I	---	SIM	1,1	1,47	0,11	1,87	1,49	0,13	1,91	1,50	0,13	1,92	44
	1/2 da linha			1,62	0,14	1,93	1,65	0,16	1,98	1,65	0,15	1,96	86
	Fim da linha			1,65	0,14	1,99	1,68	0,16	2,04	1,68	0,14	1,95	139
	1/2 da linha	NÃO		1,87	0,10	2,10	1,87	0,09	2,08	1,86	0,09	2,02	477
	Fim da linha			1,83	0,11	2,16	1,84	0,10	2,11	1,85	0,09	2,02	532
II	---	SIM	1,1	1,51	0,13	1,90	1,54	0,15	1,94	1,54	0,15	1,92	28
	1/2 da linha			1,42	0,11	1,70	1,45	0,12	1,72	1,45	0,12	1,79	5
	Fim da linha			1,43	0,11	1,73	1,46	0,12	1,85	1,47	0,12	1,84	13
	1/2 da linha	NÃO		1,61	0,15	2,02	1,60	0,15	1,99	1,59	0,15	1,94	72
	Fim da linha			1,56	0,14	1,91	1,58	0,13	1,92	1,60	0,13	1,89	37

Tabela 10-8 Religamento tripolar da LT 500 kV Lagos – Campos 2, C1, por Campos 2 (tensões fase – fase)

TENSÕES FASE - FASE												
Cond. da Rede	Local do defeito	Sucesso	Vpré (pu)	1/2 da linha			3/4 da linha			Fim da linha		
				Vmé _d	σ	Vmá _x	Vmé _d	σ	Vmá _x	Vmé _d	σ	Vmá _x
				(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)
I	---	SIM	1,1	1,38	0,02	1,50	1,39	0,02	1,56	1,40	0,03	1,58
	1/2 da linha			1,59	0,02	1,61	1,59	0,02	1,62	1,59	0,02	1,65
	Fim da linha			1,64	0,02	1,66	1,63	0,02	1,67	1,64	0,02	1,69
	1/2 da linha	NÃO		1,58	0,02	1,61	1,58	0,02	1,61	1,59	0,02	1,63
	Fim da linha			1,63	0,02	1,66	1,63	0,02	1,66	1,63	0,02	1,66
II	---	SIM	1,1	1,43	0,02	1,53	1,43	0,02	1,56	1,44	0,03	1,59
	1/2 da linha			1,35	0,04	1,64	1,36	0,05	1,61	1,37	0,05	1,64
	Fim da linha			1,35	0,05	1,56	1,36	0,05	1,60	1,37	0,06	1,61
	1/2 da linha	NÃO		1,34	0,04	1,48	1,35	0,04	1,52	1,35	0,05	1,56
	Fim da linha			1,34	0,04	1,54	1,34	0,04	1,57	1,35	0,05	1,59

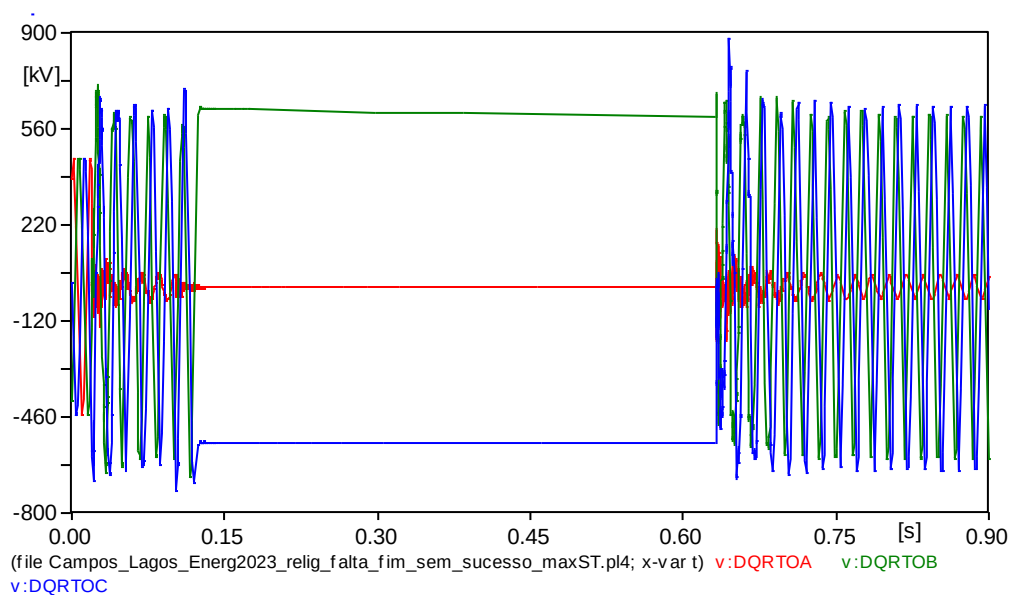


Figura 10-10 Religamento tripolar da LT 500 kV Lagos – Campos 2, C1, por Campos 2, falta no fim da linha, maior sobretensão, tensão fase – terra em 1/2 da linha.

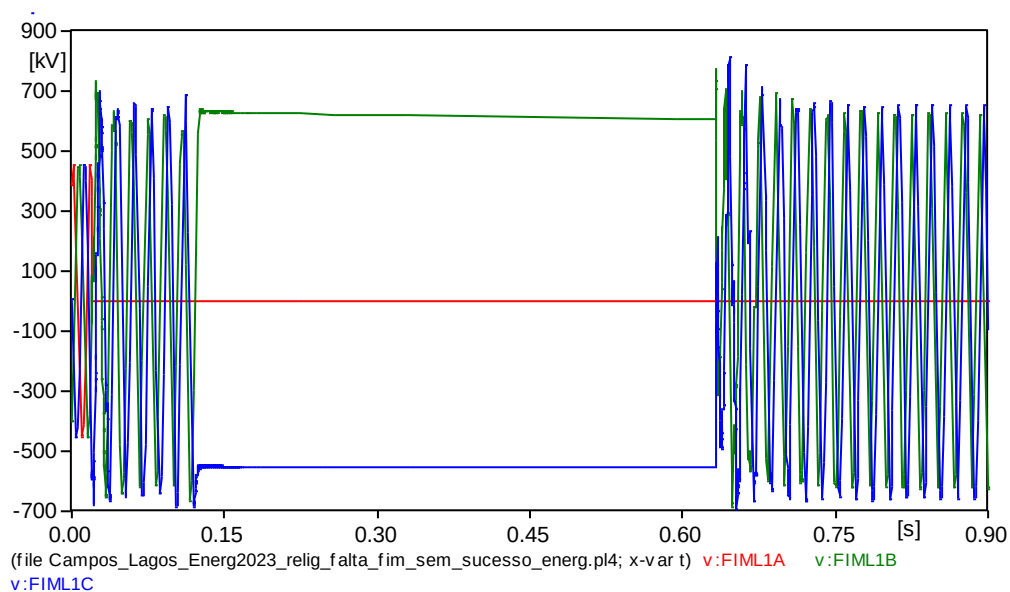


Figura 10-11 Religamento tripolar da LT 500 kV Lagos – Campos 2, C1, por Campos 2, falta no fim da linha, sobretensão para maior energia dissipada nos para-raios, terminal Lagos.

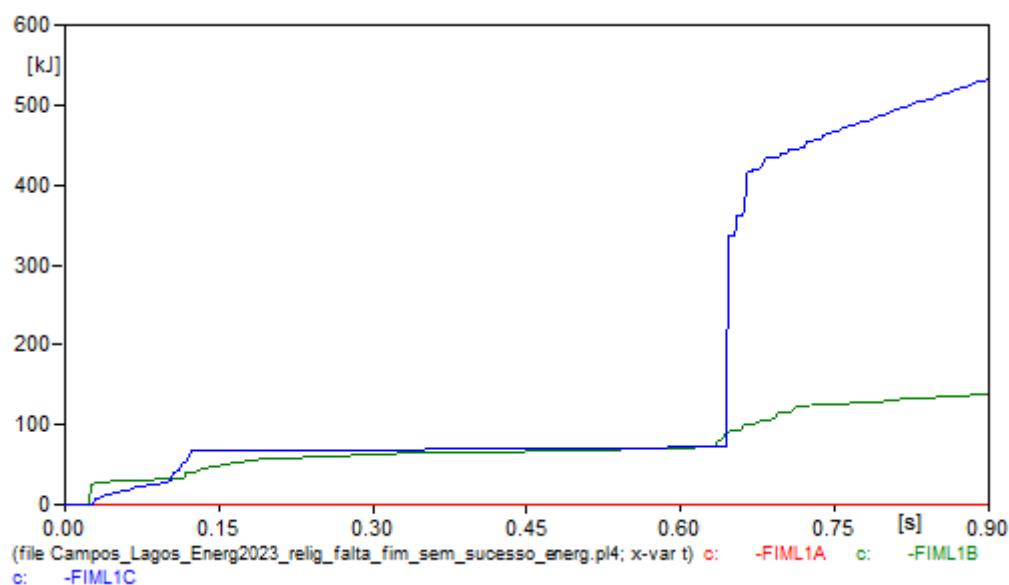


Figura 10-12 Religamento tripolar da LT 500 kV Lagos – Campos 2, C1, por Campos 2, falta no fim da linha, maior energia nos para-raios, terminal Lagos.

10.4 LT 500 kV Campos 2 - Mutum , C1 e C2

As simulações de religamento tripolar pelo terminal de Campos 2 foram realizadas considerando as seguintes configurações da rede de transmissão:

- I) Sem o segundo circuito da LT 500 kV Campos 2 - Mutum
- II) Sem o segundo circuito em todo o tronco 500 kV Terminal Rio - Mutum

As tabelas e figuras apresentadas a seguir sumarizam os principais resultados encontrados. As sobretensões mais elevadas encontradas ao longo da linha, com os valores máximos de tensão fase terra e tensão entre fases, foram iguais a 2,26 pu e 1,8 pu, respectivamente.

No terminal fim da linha, as máximas sobretensões resultaram iguais a, respectivamente, para tensão entre fase e terra e, entre fases, 2,02 pu e 1,87 pu. Com relação à energia dissipada nos para-raios de ZnO, foram encontrados valores não superiores a 788 kJ.

Tabela 10-9 Religamento tripolar da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, C1, por Campos 2 (tensões fase – terra e energia nos para-raios)

TENSÕES FASE - TERRA E ENERGIA NOS PARA-RAIOS													
Cond. da Rede	Local do defeito	Sucesso	Vpré (pu)	1/2 da linha			3/4 da linha			Fim da linha			
				Vmé	σ	Vmá	Vmé	σ	Vmá	Vmé	σ	Vmá	Para-raios
				(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(kJ)
I	---	SIM	1,1	1,45	0,08	1,78	1,46	0,08	1,77	1,48	0,08	1,78	23
	1/2 da linha			1,46	0,08	1,67	1,47	0,08	1,71	1,49	0,09	1,75	53
	Fim da linha			1,48	0,08	1,71	1,49	0,08	1,75	1,51	0,08	1,78	20
	1/2 da linha	NÃO		2,01	0,10	2,26	1,95	0,08	2,16	1,90	0,06	2,01	758
	Fim da linha			1,86	0,09	2,13	1,88	0,08	2,07	1,90	0,07	2,02	788
II	---	SIM	1,1	1,58	0,09	1,74	1,59	0,1	1,79	1,61	0,1	1,83	29
	1/2 da linha			1,56	0,09	1,79	1,58	0,1	1,84	1,61	0,1	1,83	41
	Fim da linha			1,55	0,09	1,75	1,57	0,1	1,8	1,6	0,1	1,83	36
	1/2 da linha	NÃO		1,76	0,11	2,13	1,72	0,11	2,03	1,7	0,11	1,95	135
	Fim da linha			1,64	0,09	1,89	1,67	0,1	1,9	1,72	0,11	1,95	125

Tabela 10-10 Religamento tripolar da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, C1, por Campos 2 (tensões fase – fase)

TENSÕES FASE - FASE												
Cond. da Rede	Local do defeito	Sucesso	Vpré (pu)	1/2 da linha			3/4 da linha			Fim da linha		
				Vméd	σ	Vmáx	Vméd	σ	Vmáx	Vméd	σ	Vmáx
				(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)
I	---	SIM	1,1	1,38	0,07	1,58	1,39	0,07	1,57	1,41	0,07	1,63
	1/2 da linha			1,39	0,07	1,60	1,39	0,07	1,60	1,42	0,08	1,65
	Fim da linha			1,41	0,07	1,58	1,41	0,07	1,59	1,44	0,08	1,66
	1/2 da linha	NÃO		1,35	0,09	1,59	1,35	0,09	1,58	1,37	0,10	1,63
	Fim da linha			1,34	0,08	1,60	1,35	0,08	1,62	1,37	0,09	1,68
II	---	SIM	1,1	1,49	0,1	1,72	1,5	0,1	1,74	1,52	0,1	1,8
	1/2 da linha			1,49	0,1	1,75	1,5	0,1	1,78	1,52	0,1	1,82
	Fim da linha			1,48	0,1	1,7	1,5	0,1	1,76	1,52	0,11	1,8
	1/2 da linha	NÃO		1,44	0,12	1,80	1,44	0,12	1,78	1,46	0,12	1,87
	Fim da linha			1,43	0,11	1,76	1,44	0,11	1,77	1,46	0,12	1,85

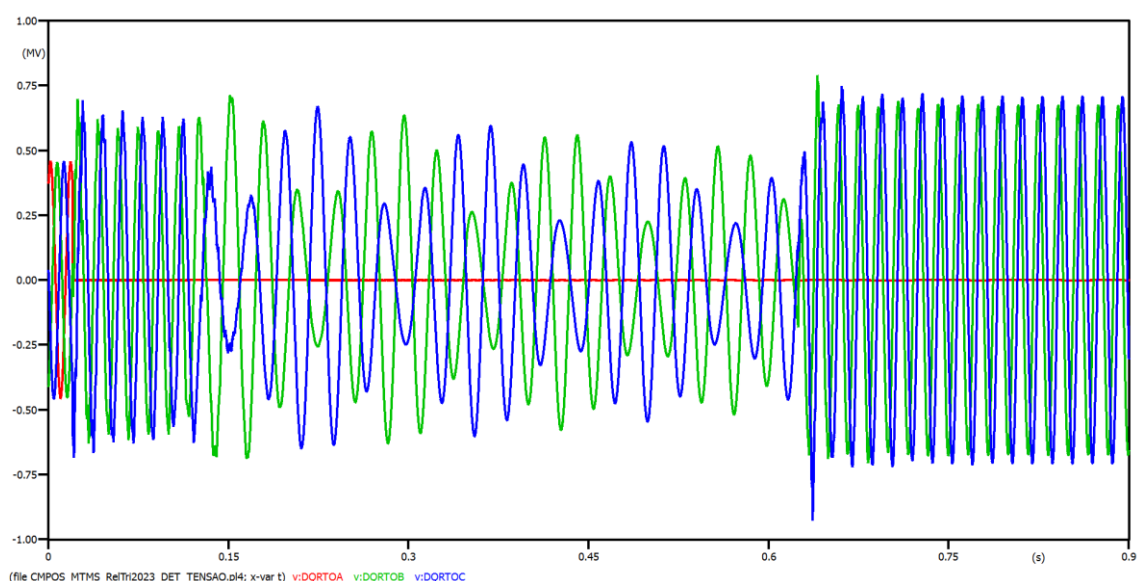


Figura 10-13 Religamento tripolar da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, C1, por Campos 2, falta no meio da linha, maior sobretensão, tensão fase – terra no meio da linha.

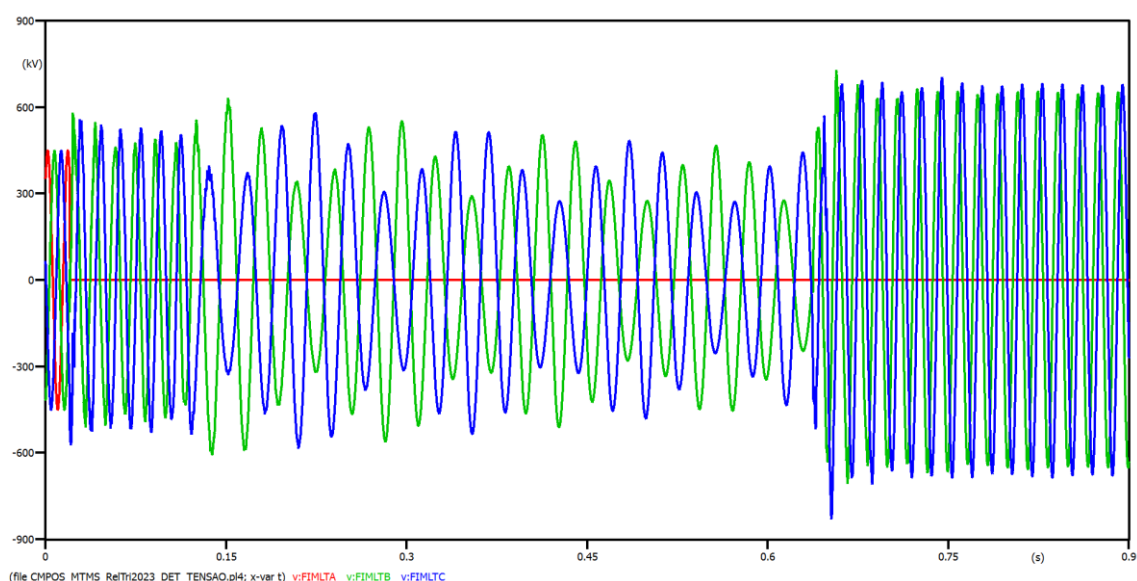


Figura 10-14 Religamento tripolar da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, C1, por Campos 2, falta no fim da linha, sobretensão para maior energia dissipada nos para-raios, terminal Campos 2.

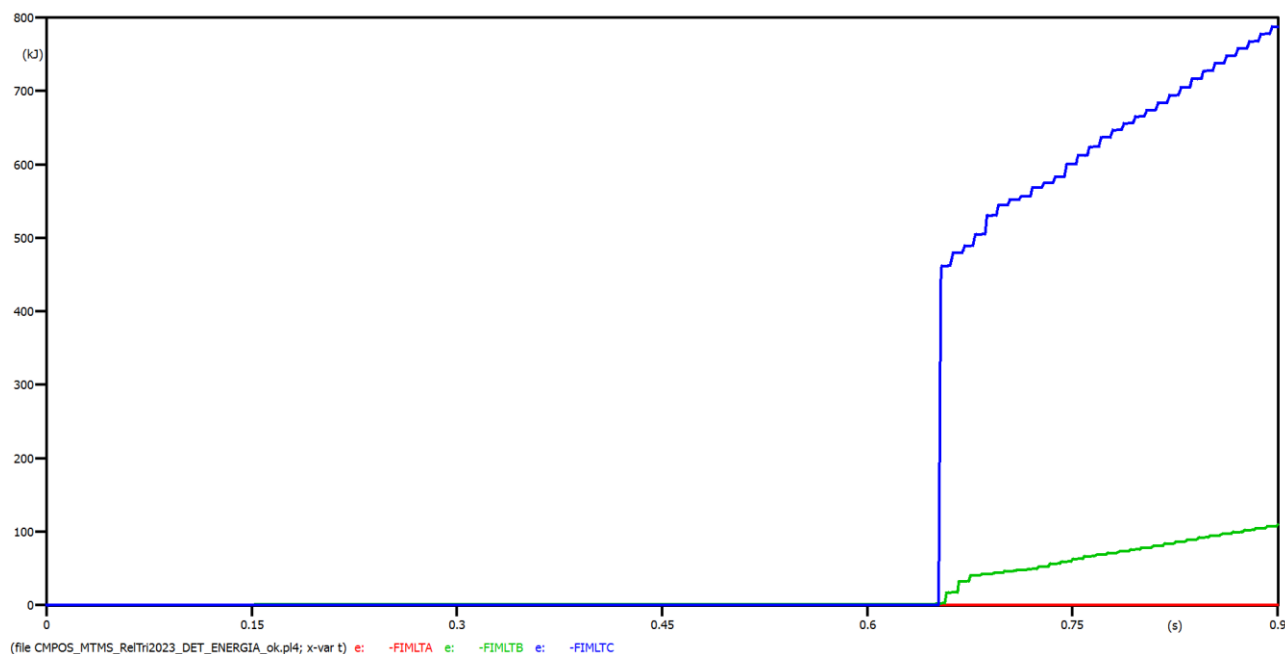


Figura 10-15 Religamento tripolar da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, C1, por Campos 2, falta no fim da linha, maior energia nos para-raios, terminal Campos 2.

As simulações de religamento tripolar, pelo terminal de Mutum, foram realizadas considerando as seguintes configurações da rede de transmissão:

- I) Sem o segundo circuito da LT 500kV Campos 2 - Mutum
- II) Sem o segundo circuito em todo o tronco 500kV Terminal Rio - Mutum

As tabelas e figuras apresentadas a seguir sumarizam os principais resultados. As sobretensões mais elevadas encontradas ao longo da linha, com os valores máximos de tensão fase terra e tensão entre fases, foram iguais a 2,48 pu e 1,61 pu, respectivamente.

No terminal fim da linha, as máximas sobretensões resultaram iguais a, respectivamente, para tensão entre fase e terra e, entre fases, 2,01 pu e 1,66 pu. Com relação à energia dissipada nos para-raios de ZnO, foram encontrados valores baixos, não superiores a 328 kJ.

**Tabela 10-11 Religamento tripolar da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, C1, por Mutum
(tensões fase – terra e energia nos para-raios)**

TENSÕES FASE - TERRA E ENERGIA NOS PARA-RAIOS													
Cond. da Rede	Local do defeito	Sucesso	Vpré (pu)	1/2 da linha			3/4 da linha			Fim da linha			
				Vmé	σ	Vmá	Vmé	σ	Vmá	Vmé	σ	Vmá	Para-raios
				(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(kJ)
I	---	SIM	1,1	1,45	0,08	1,78	1,46	0,08	1,77	1,48	0,08	1,78	34
	1/2 da linha			1,46	0,08	1,67	1,47	0,08	1,71	1,49	0,09	1,75	136
	Fim da linha			1,48	0,08	1,71	1,49	0,08	1,75	1,51	0,08	1,78	206
	1/2 da linha	NÃO		1,74	0,15	2,39	1,67	0,14	2,12	1,64	0,14	1,97	143
	Fim da linha			1,54	0,13	1,93	1,59	0,13	1,94	1,66	0,14	2,01	328
II	---	SIM	1,1	1,41	0,09	1,64	1,43	0,1	1,78	1,45	0,1	1,75	114
	1/2 da linha			1,42	0,11	1,86	1,45	0,13	1,92	1,46	0,11	1,83	31
	Fim da linha			1,41	0,11	1,8	1,44	0,12	1,87	1,46	0,12	1,83	25
	1/2 da linha	NÃO		1,75	0,17	2,48	1,68	0,16	2,17	1,65	0,15	1,99	160
	Fim da linha			1,53	0,13	1,89	1,59	0,13	1,96	1,66	0,15	2,00	154

**Tabela 10-12 Religamento tripolar da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, C1, por Mutum
(tensões fase – fase)**

TENSÕES FASE - TERRA E ENERGIA NOS PARA-RAIOS												
Cond. da Rede	Local do defeito	Sucesso	Vpré (pu)	1/2 da linha			3/4 da linha			Fim da linha		
				Vméd	σ	Vmáx	Vméd	σ	Vmáx	Vméd	σ	Vmáx
				(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)	(pu)
I	---	SIM	1,1	1,38	0,07	1,58	1,39	0,07	1,57	1,41	0,07	1,63
	1/2 da linha			1,39	0,07	1,60	1,39	0,07	1,60	1,42	0,08	1,65
	Fim da linha			1,41	0,07	1,58	1,41	0,07	1,59	1,44	0,08	1,66
	1/2 da linha	NÃO		1,30	0,08	1,54	1,31	0,08	1,54	1,34	0,09	1,60
	Fim da linha			1,31	0,08	1,53	1,31	0,08	1,53	1,34	0,09	1,60
II	---	SIM	1,1	1,35	0,08	1,62	1,36	0,08	1,61	1,39	0,09	1,64
	1/2 da linha			1,34	0,08	1,55	1,35	0,08	1,53	1,38	0,08	1,58
	Fim da linha			1,34	0,08	1,56	1,35	0,08	1,56	1,38	0,09	1,63
	1/2 da linha	NÃO		1,32	0,08	1,51	1,31	0,08	1,52	1,35	0,1	1,61
	Fim da linha			1,31	0,08	1,58	1,31	0,08	1,53	1,34	0,09	1,61

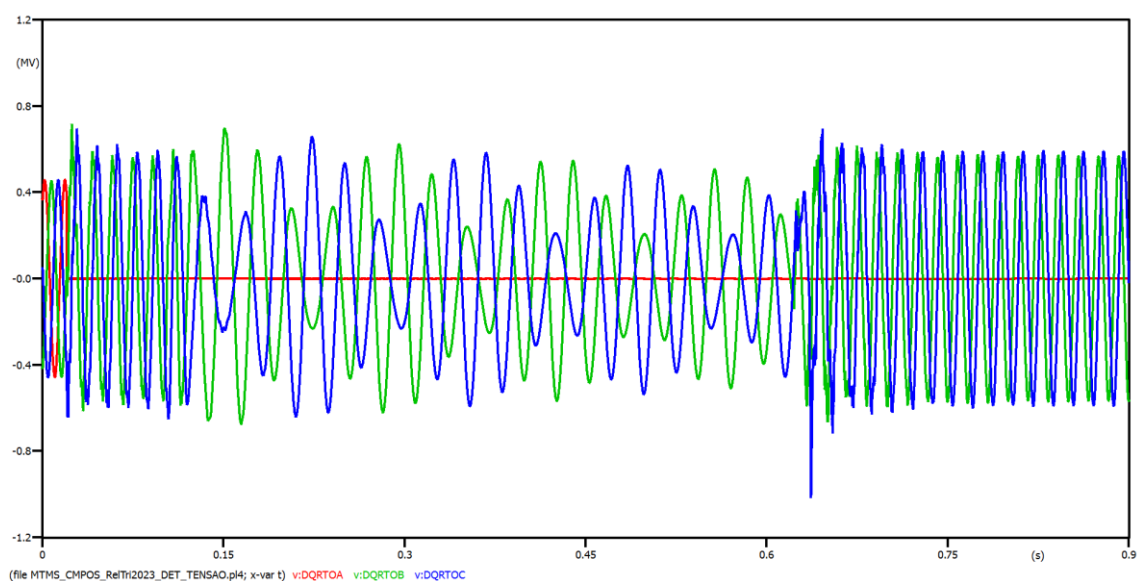


Figura 10-16 Religamento tripolar da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, C1, por Mutum, falta no meio da linha, maior sobretensão, tensão fase – terra no meio da linha.

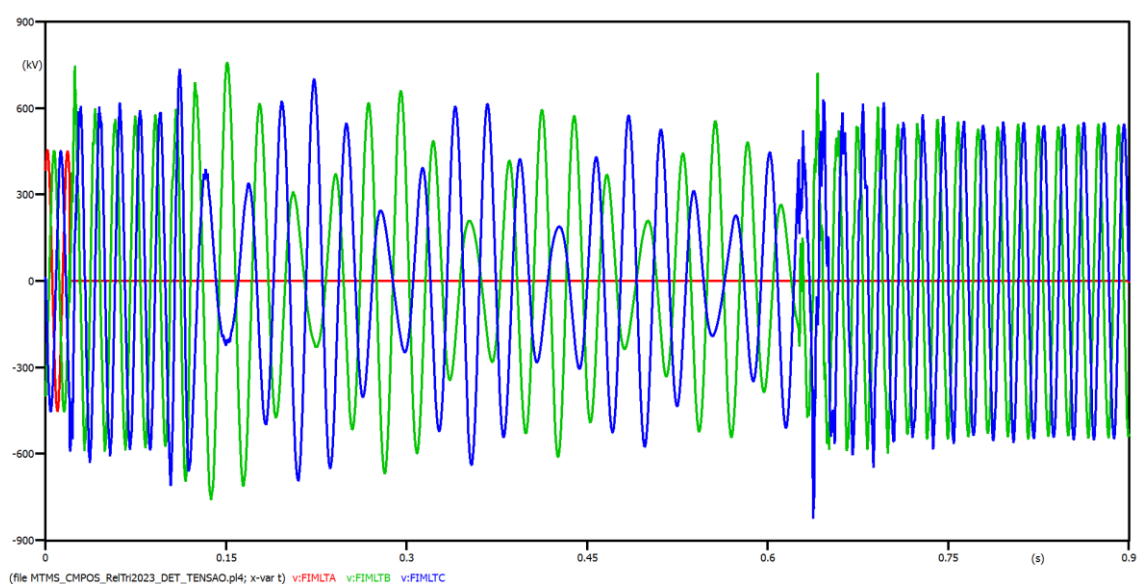


Figura 10-17 Religamento tripolar da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, C1, por Mutum, falta no fim da linha, sobretensão para maior energia dissipada nos para-raios, terminal Campos 2.

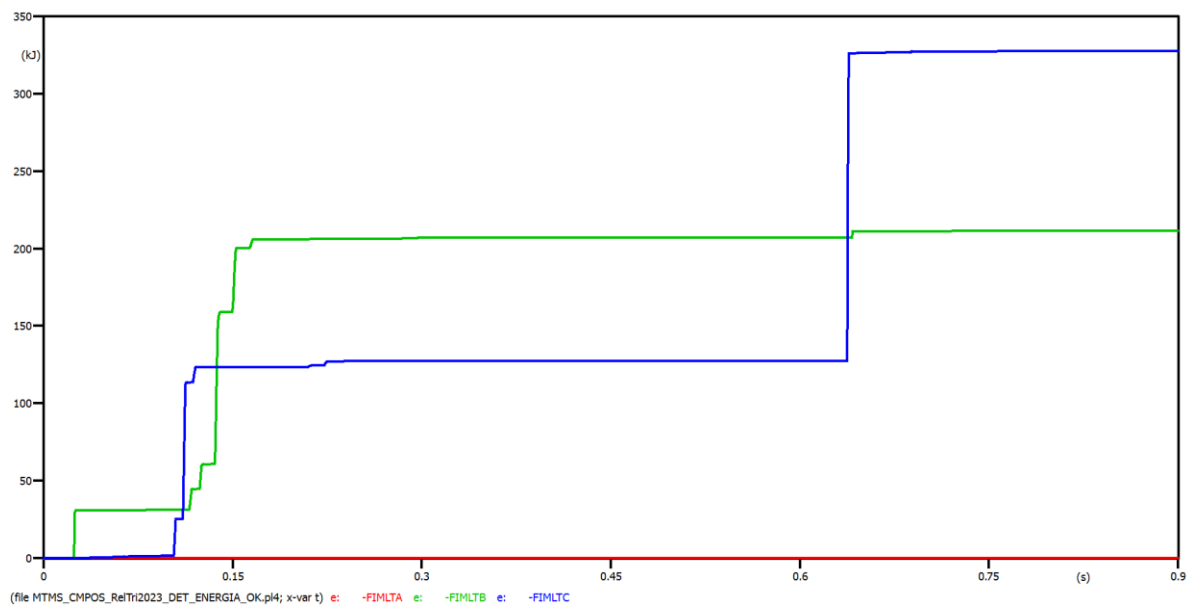


Figura 10-18 Religamento tripolar da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, C1, por Mutum, falta no fim da linha, maior energia nos para-raios, Campos 2.

11 REJEIÇÃO DE CARGA

As simulações de rejeição de carga foram realizadas de acordo com os critérios e procedimentos definidos na Seção 5.6, por ambos os terminais das linhas analisadas e para diferentes condições de topologia e carregamento.

A partir dos cenários de referência descritos no Capítulo 6, procurou-se identificar, para cada linha, as condições que potencializam as rejeições de carga mais severas, identificando-se as seguintes condições:

- a) Cenário inicial: sistema completo, como previsto para entrada em 2023, mas com carregamento elevado no tronco de transmissão estudado, imediatamente anterior a 2025, antes da entrada da LT 500 kV Lagos – Resende, em circuito duplo, C1 e C2. Essa condição apresenta fluxo de potência elevado entre as subestações Campos 2 – Lagos - Terminal Rio.
- b) Cenário intermediário: Como previsto para 2027, com a LT 500 kV Lagos – Resende, em circuito duplo, C1 e C2, LT 500 kV Lagos – Campos 2, em circuito simples, C3, sob um cenário de elevado carregamento na LT 500 kV Campos 2 – Mutum, em circuito duplo, C1 e C2.
- c) Cenário final: sistema completo, como previsto para 2029, com carregamento máximo no tronco de transmissão estudado e três circuitos entre Terminal Rio – Lagos - Campos 2.

11.1 Principais resultados

As tabelas e figuras apresentadas no seguimento deste item mostram os principais resultados encontrados nas manobras de rejeição de carga analisadas para as linhas de transmissão integrantes do tronco em 500 kV analisado, por ambos os terminais de cada linha. Nas tabelas são apresentados os valores máximos de tensão registrados nas extremidades e no meio da linha, e os valores máximos de energia absorvidos pelos para-raios de ZnO. As figuras apresentam a evolução ao longo do tempo das tensões nos circuitos com faltas e da energia absorvida pelos para-raios.

Em termos gerais, as condições mais severas ocorreram na LT 500 kV Campos 2 - Mutum, com a rejeição dupla no terminal Campos 2. Na condição de falta aplicada no terminal Campos 2, no cenário intermediário, quando da contingência da LT 500 kV Mutum – Mesquita e ocorrência de rejeição dupla, a energia dissipada nos para-raios atinge o valor de cerca de 2,65 MJ. De forma geral, as energias nos para-raios resultantes das manobras em todo o tronco 500 kV Terminal Rio – Mutum, são inferiores aos níveis nominais de uma coluna (5460 kJ), tanto para rede completa quanto sob condição de rede degradada.

Com relação às sobretensões nos terminais, foram encontrados valores que não ultrapassam os limites usualmente admissíveis para o projeto de linhas de transmissão do tipo da considerada como referência, com sobretensões máximas fase-terra iguais a 2,08 em Mutum e 2,07 pu em Terminal Rio.

Ao longo das linhas do tronco foram encontrados valores mais elevados, com sobretensão fase-terra igual a 2,55 pu o valor máximo observado, para a LT 500 kV Campos 2 – Mutum. Não obstante, os valores observados ao longo das linhas do tronco em destaque não ultrapassam os limites usualmente admissíveis para o projeto de linhas de transmissão do tipo da considerada como referência.

Finalmente, foram realizadas análises de sensibilidade ao final do capítulo, considerando uma concentração de despacho de usinas termelétricas novas na Região de Mutum (cerca de 2,2 GW e fluxo de cerca 900 MW em cada circuito do tronco 500 kV Terminal Rio – Mutum) e tornando nulo o despacho das máquinas inseridas nas SEs 500 kV Lagos e Campos 2, sem a conexão de reatores manobráveis de barra ao longo do tronco. Este cenário, que está associado a uma baixa probabilidade de ocorrência, é importante para mensurar situações potencialmente mais severas que as análises dimensionadoras. Diante dos níveis de energia encontrados nas simulações, recomenda-se que, nos estudos do Projeto Básico, atenção especial deve ser dada nas investigações de rejeição de carga neste cenário (ausência de máquinas nas SEs 500 kV Lagos e Campos 2 e/ou despacho particularmente reduzido nessas subestações associados a fluxos elevados no tronco destacado). Por outro lado, as análises evidenciaram que a utilização dos reatores manobráveis de barra do tronco podem reduzir significativamente a absorção dos para-raios nas manobras, a níveis de uma única coluna, sendo essa uma possível solução mitigadora para o cenário avaliado.

11.2 LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, em circuito duplo, C1 e C2

As simulações de rejeição de carga da LT 500 kV Terminal Rio – Lagos, em circuito duplo, C1 e C2, foram realizadas considerando-se as seguintes condições de rede:

- I) Rede Completa.
- II) Rede sem o C2 da LT 500 kV Campos 2 – Mutum, para rejeição dupla.
- III) Rede sem o C2 da LT 500 kV Terminal Rio – Lagos, para rejeição simples.

As tabelas e figuras apresentadas a seguir sumarizam os principais resultados encontrados. A máxima tensão fase-terra encontrada foi de 2,24 pu, no meio da linha, na condição I. Já para as tensões fase-fase, o maior valor encontrado nas simulações foi 2,10 pu em um dos terminais da linha, na condição II. Neste mesmo terminal também foi obtida uma tensão fase-terra de 2,07 pu. Por fim, com relação à energia dissipada nos para-raios de ZnO, o maior valor encontrado foi de 2,32 MJ.

Tabela 11-1 Rejeição da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, em circuito duplo, C1 e C2, cenário inicial (valores eficazes das maiores sobretensões e energia nos para-raios)

Cond. da Rede	Local de Abertura	Fluxo Manobra (MW)	Falta aplicada em	Sobretensões Máximas (pu)				Energia nos para-raios (kJ)	
				tipo	Term. A	½ da LT	Term. B	Term. A	Term. B
I	Term. A	2064	-----	fase-terra	1,98	2,03	1,43	276	0,1
				fase-fase	1,74	1,95	1,46		
			Term. A (fase A)	fase-terra	2,07	2,24	1,67	1777	0,53
				fase-fase	1,99	1,95	1,50		
	Term. B	2064	----	fase-terra	1,86	1,67	1,19	0,06	38
				fase-fase	1,20	1,18	1,14		
			Term. B (fase A)	fase-terra	2,05	1,97	1,51	1,15	243
				fase-fase	1,37	1,31	1,22		
II	Term. A	2086	-----	fase-terra	2,01	2,23	1,45	355	0,21
				fase-fase	1,75	1,80	1,48		
			Term. A (fase A)	fase-terra	2,07	2,20	1,72	2320*	0,98
				fase-fase	2,10	2,07	1,55		
III	Term. B	2822** C1	----	fase-terra	1,86	1,67	1,17	0,06	42
				fase-fase	1,34	1,25	1,13		
			Term. B (fase A)	fase-terra	2,06	1,91	1,55	8,54	647
				fase-fase	1,41	1,32	1,21		

*Com o terminal líder do C2 conectado e o terminal remoto desconectado

** Fluxo no C1, com o C2 desligado

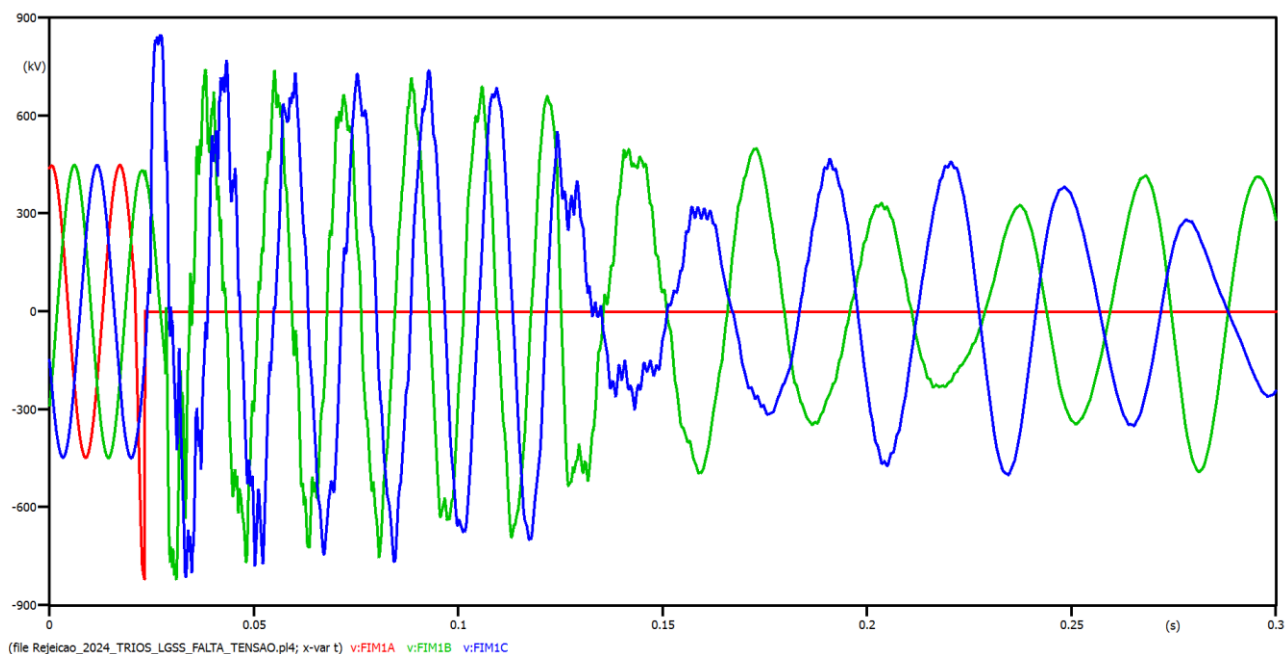


Figura 11-1 Rejeição dupla da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, em circuito duplo, C1 e C2, cenário inicial, a partir de Terminal Rio, com falta, situação de maior energia nos PR - Tensões fase-terra em Terminal Rio

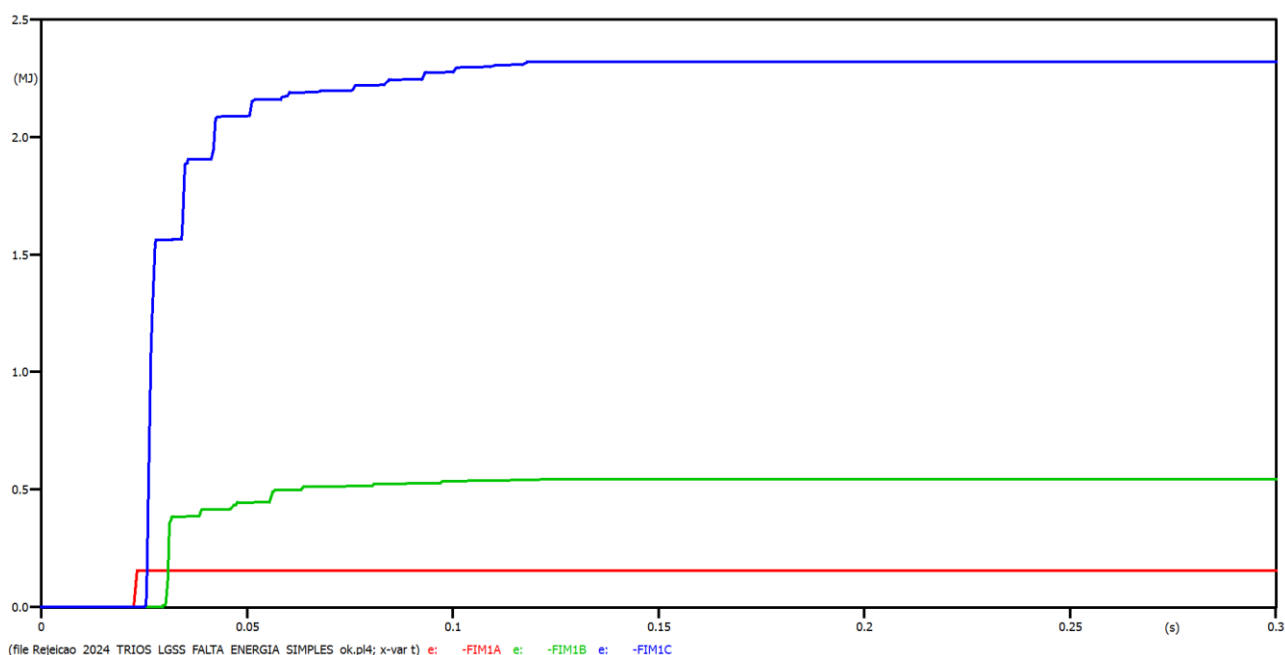


Figura 11-2 Rejeição dupla da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, em circuito duplo, C1 e C2, cenário inicial, a partir de Terminal Rio, com falta - Energia nos PR no extremo de Terminal Rio

Tendo em vista que em 2029 está prevista a entrada do terceiro circuito dessa LT, a seguir são apresentados os resultados de uma rejeição tripla, no cenário final, nas seguintes condições de rede de transmissão:

- I) Rede Completa.
 II) Rede sem o C1 da LT 500 kV Lagos – Resende, para rejeição tripla;

Conforme Tabela 11-2, a máxima tensão fase-terra encontrada foi de 2,22 pu, no meio da LT, na condição II. Já para as tensões fase-fase, o maior valor encontrado nas simulações foi 1,69 pu em um dos terminais da LT, na condição II. Neste mesmo terminal também foi obtida uma tensão fase-terra de 2,07 pu. Por fim, com relação à energia dissipada nos para-raios de ZnO, o maior valor encontrado foi de 1,81 MJ. As curvas das Figura 11-3 e Figura 11-4 apresentam as tensões fase-terra e energia nos para-raios, obtidas nas simulações, para o caso mais severo em termos de energia.

Tabela 11-2 Rejeição tripla da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, cenário final
 (valores eficazes das maiores sobretensões e energia nos para-raios)

Cond. da Rede	Local de Abertura	Fluxo Manobra (MW)	Falta aplicada em	Sobretensões Máximas (pu)				Energia nos para-raios (kJ)	
				Tipo	Term. A	½ da LT	Term. B	Term. A	Term. B
I	Term. A	1700	-----	fase-terra	1,94	1,98	1,37	141,5	0,1
				fase-fase	1,67	1,51	1,36		
			Term. A (fase)	fase-terra	2,06	1,95	1,53	796	11,7
				fase-fase	1,62	1,53	1,38		
	Term. B	1700	---	fase-terra	1,38	1,52	1,69	0,1	20,8
				fase-fase	1,24	1,33	1,41		
			Term. B (fase)	fase-terra	1,71	1,85	2,01	9,9	368,6
				fase-fase	1,33	1,40	1,51		
II	Term. A	1850	-----	fase-terra	1,98	2,03	1,43	281,5	0,1
				fase-fase	1,69	1,61	1,43		
			Term. A (fase)	fase-terra	2,07	2,22	1,59	1808	273,6
				fase-fase	1,69	1,57	1,41		
	Term. B	1850	---	fase-terra	1,39	1,71	1,91	0,1	68,3
				fase-fase	1,27	1,35	1,42		
			Term. B (fase)	fase-terra	1,66	1,84	2,02	10,7	685,1
				fase-fase	1,35	1,43	1,55		

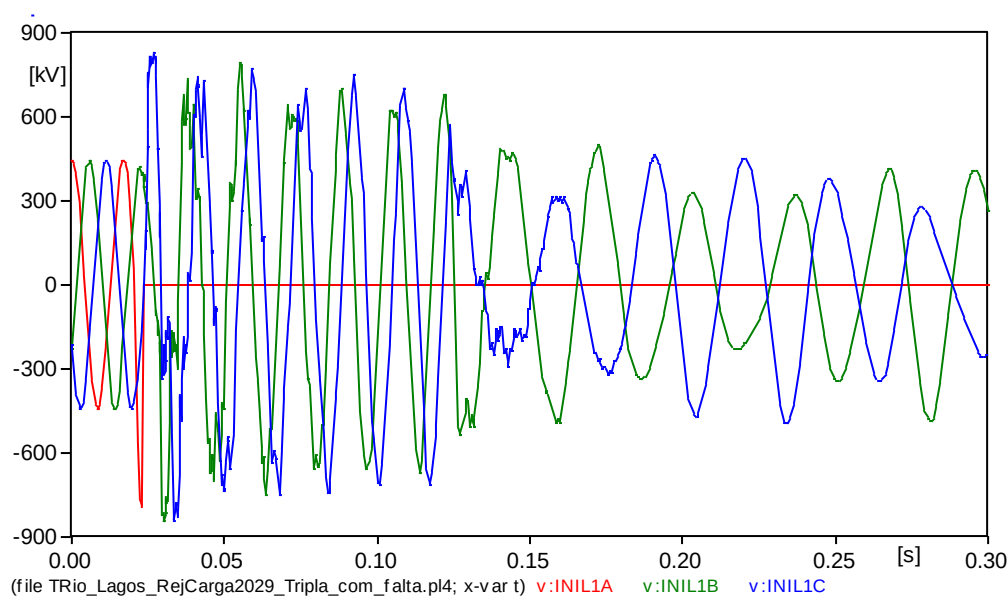


Figura 11-3 Rejeição tripla da LT 500 kV Terminal Rio – Lagos, cenário final, a partir de Terminal Rio, com falta, situação de maior energia nos PR - Tensões fase-terra em Terminal Rio

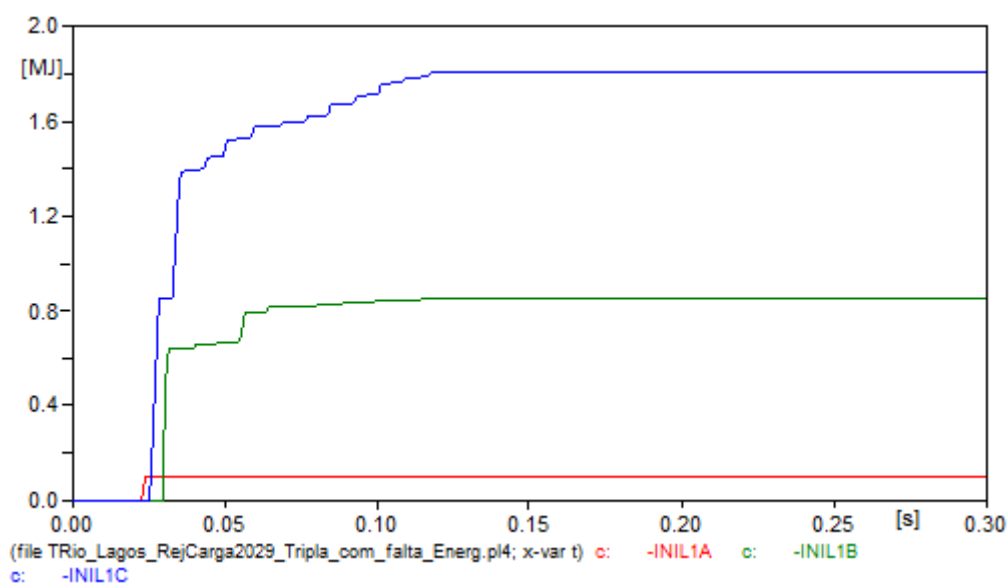


Figura 11-4 Rejeição tripla da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, cenário final, a partir de Terminal Rio, com falta - Energia nos PR no extremo de Terminal Rio

11.3 LT 500 kV Lagos - Campos 2, em circuito duplo, C1 e C2

As simulações de rejeição de carga da LT 500 kV Lagos – Campos 2, em circuito duplo, C1 e C2, foram realizadas considerando-se as seguintes condições de rede:

- I) Rede Completa.
- II) Rede sem o C2 da LT 500 kV Campos 2 – Mutum, para rejeição dupla.
- III) Rede sem as usinas conectadas na barra de 500 kV da subestação Lagos.

Conforme Tabela 11-3, a máxima tensão fase-terra encontrada foi de 2,14 pu, no meio da LT, na condição III. Já para as tensões fase-fase, o maior valor encontrado nas simulações foi 1,54 pu em um dos terminais da LT, na condição III. Neste mesmo terminal também foi obtida uma tensão fase-terra de 2,04 pu. Por fim, com relação à energia dissipada nos para-raios de ZnO, os valores encontrados foram relativamente baixos e não superiores a 490 kJ. As curvas das Figura 11-5 Figura 11-6 apresentam as tensões fase-terra e energia nos para-raios, obtidas nas simulações, para o caso mais severo em termos de energia.

Tabela 11-3 Rejeição dupla da LT 500 kV Lagos – Campos 2, em circuito duplo, C1 e C2, cenário inicial (valores eficazes das maiores sobretensões e energia nos para-raios)

Cond. da Rede	Local de Abertura	Fluxo Manobra (MW)	Falta aplicada em	Sobretensões Máximas (pu)				Energia nos para-raios (kJ)	
				tipo	Term. A	½ da LT	Term. B	Term. A	Term. B
I	Term. A	2114	-----	fase-terra	1,73	1,52	1,29	9,1	0,01
				fase-fase	1,36	1,33	1,30		
			Term. A (fase B)	fase-terra	2,02	1,87	1,33	178	0,01
				fase-fase	1,36	1,33	1,30		
	Term. B	2114	---	fase-terra	1,29	1,43	1,56	0,07	0,35
				fase-fase	1,32	1,35	1,36		
			Term. B (fase B)	fase-terra	1,34	1,86	2,00	0,07	131
				fase-fase	1,32	1,35	1,36		
II	Term. A	2174	-----	fase-terra	1,86	1,63	1,31	39	0,07
				fase-fase	1,47	1,41	1,37		
			Term. A (fase B)	fase-terra	1,99	2,03	1,47	246	0,07
				fase-fase	1,45	1,42	1,39		
III	Term. B	1796	---	fase-terra	1,72	1,85	1,84	8,9	60
				fase-fase	1,28	1,31	1,32		
			Term. B (fase A)	fase-terra	2,02	2,14	2,04	321	490
				fase-fase	1,54	1,53	1,54		

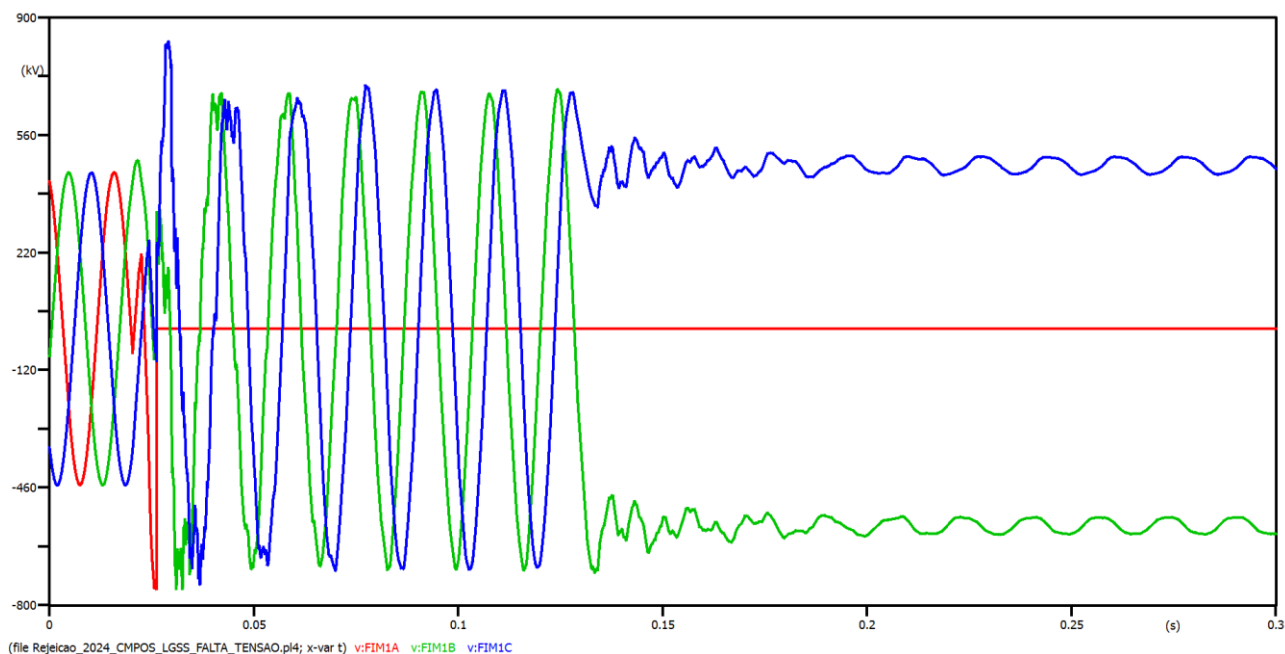


Figura 11-5 Rejeição dupla da LT 500 kV Lagos – Campos 2, em circuito duplo, C1 e C2, cenário inicial, a partir de Campos 2, com falta, situação de maior energia nos PR - Tensões fase-terra em Campos 2

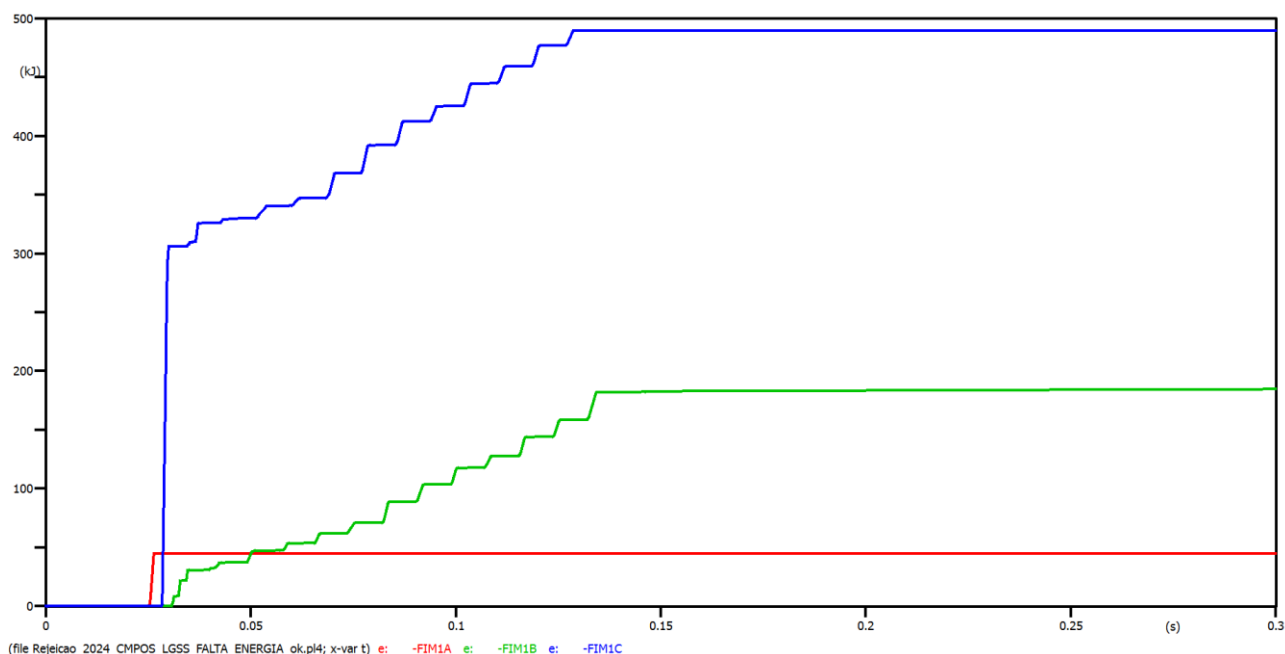


Figura 11-6 Rejeição dupla da LT 500 kV Lagos – Campos 2, em circuito duplo, C1 e C2, cenário inicial, a partir de Campos 2, com falta - Energia nos PR no extremo de Campos 2

11.4 LT 500 kV Campos 2 - Mutum, em circuito duplo, C1 e C2

As simulações de rejeição de carga da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, em circuito duplo, C1 e C2, foram realizadas considerando-se as seguintes condições de rede:

- I) Rede Completa.
- II) Rede sem o C1 da LT 500 kV Mutum – Mesquita, para rejeição dupla.
- III) Rede sem o C2 da LT 500 kV Terminal Rio – Lagos , para rejeição dupla.

Conforme Tabela 11-4, a máxima tensão fase-terra encontrada foi de 2,55 pu, no meio da LT, na condição I. Já para as tensões fase-fase, o maior valor encontrado nas simulações foi 2,03 pu em um dos terminais da LT, na condição II. No terminal oposto foi obtida uma tensão fase-terra de 2,08 pu na condição III. Por fim, com relação à energia dissipada nos para-raios de ZnO, o maior valor encontrado foi de 2,65 MJ. As curvas das Figura 11-7 e Figura 11-8 apresentam as tensões fase-terra e energia nos para-raios, obtidas nas simulações, para o caso mais severo em termos de energia.

Tabela 11-4 Rejeição dupla da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, em circuito duplo, C1 e C2, cenário intermediário (valores eficazes das maiores sobretensões e energia nos para-raios)

Cond. da Rede	Local de Abertura	Fluxo Manobra (MW)	Falta aplicada em	Sobretensões Máximas (pu)				Energia nos para-raios (kJ)	
				tipo	Term. A	½ da LT	Term. B	Term. A	Term. B
I	Term. A	2110	-----	fase-terra	1,98	2,08	1,83	318	61
				fase-fase	1,80	1,78	1,66		
			Term. A (fase A)	fase-terra	2,07	2,55	1,95	2206	157
				fase-fase	1,64	1,61	1,44		
	Term. B	2110	----	fase-terra	1,29	2,08	2,00	0,07	334
				fase-fase	1,28	1,59	1,69		
			Term. B (fase C)	fase-terra	1,76	2,14	2,08	55	880
				fase-fase	1,28	1,59	1,69		
II	Term. A	2152	-----	fase-terra	2,01	2,21	2,01	562	366
				fase-fase	2,02	1,99	1,88		
			Term. A (fase B)	fase-terra	2,07	2,26	2,01	2647	363
				fase-fase	2,03	1,99	1,88		
III	Term. B	2063	----	fase-terra	1,31	2,11	2,01	364	0,07
				fase-fase	1,30	1,60	1,70		
			Term. B (fase C)	fase-terra	1,78	2,16	2,08	60	956
				fase-fase	1,30	1,60	1,70		

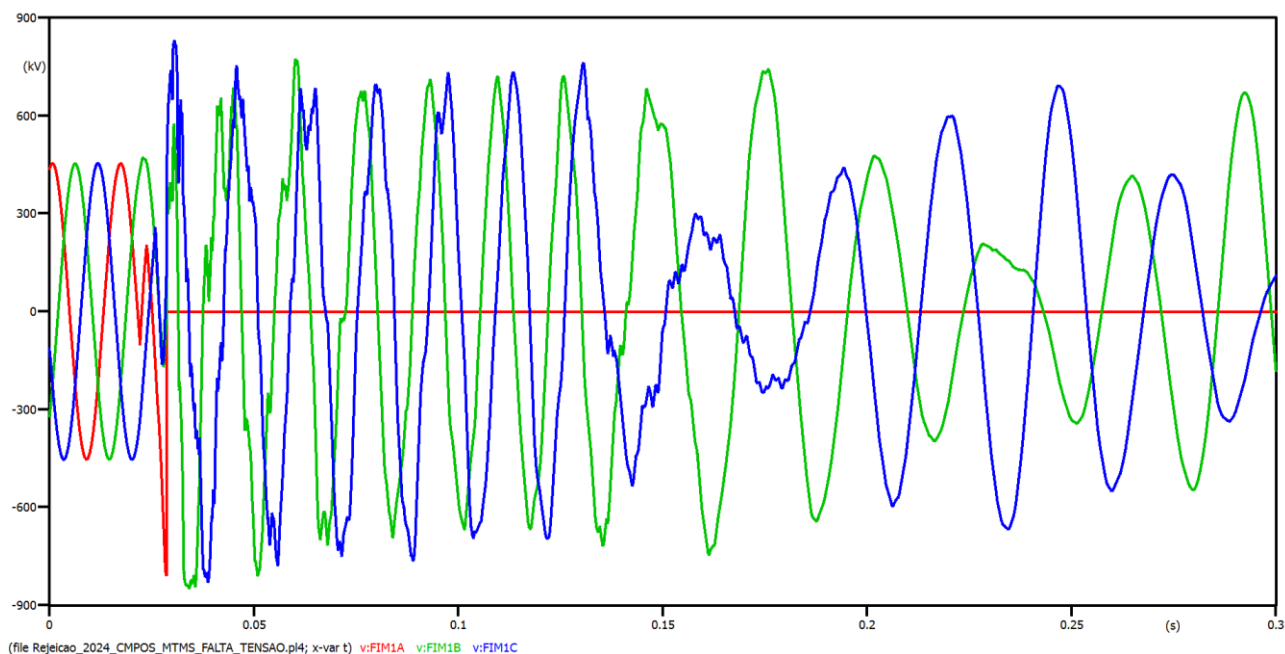


Figura 11-7 Rejeição dupla da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, em circuito duplo, C1 e C2, cenário intermediário, a partir de Campos 2, com falta, situação de maior energia nos PR - Tensões fase-terra em Campos 2

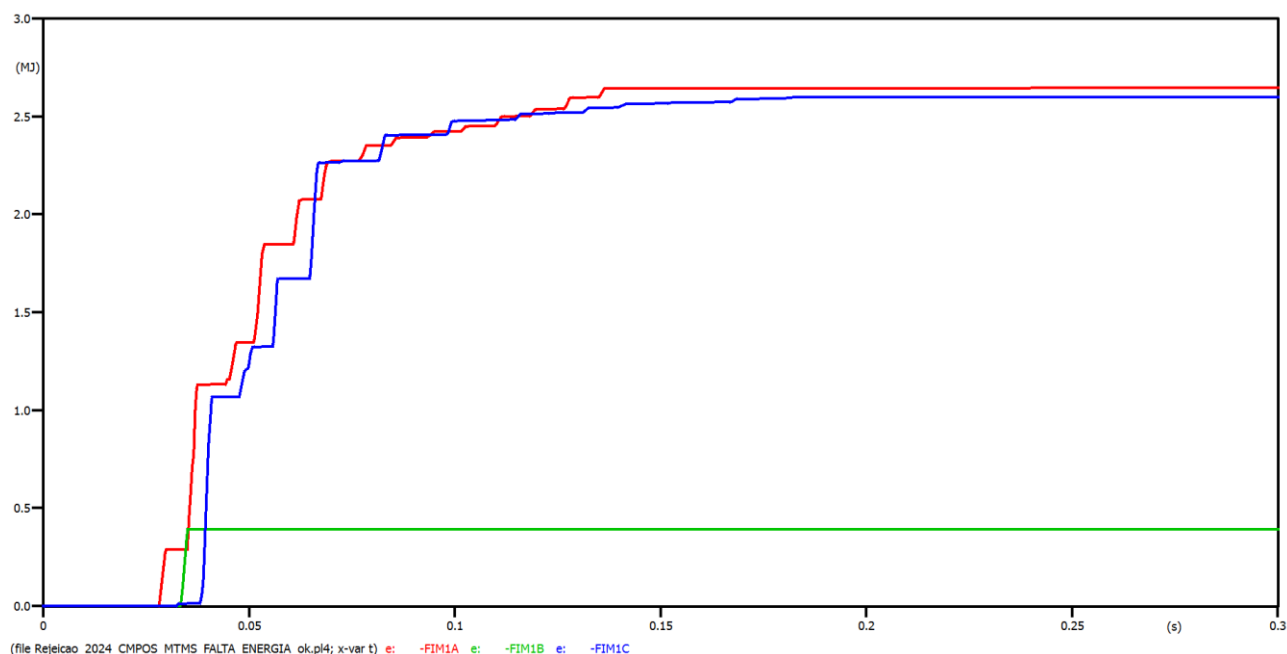


Figura 11-8 Rejeição dupla da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, em circuito duplo, C1 e C2, cenário intermediário, a partir de Campos 2, com falta - Energia nos PR no extremo de Campos 2

11.5 Rejeição com indisponibilidade de geração

Além das análises com os cenários de referência extraídos do Relatório R1, foi investigada uma condição de despacho considerando ausentes as usinas termelétricas futuras que irão se conectar às barras em 500 kV das subestações Lagos e Campos 2 (cenário sem termelétricas). Não obstante, esta avaliação, que está associada a um cenário de baixa probabilidade de ocorrência, é importante para mensurar situações potencialmente mais severas que aquelas consideradas até então. Contudo, vale salientar que essas análises não visam o dimensionamento do sistema, mas apenas produzir resultados qualitativos para condições adversas.

As simulações de rejeição de carga foram realizadas de acordo com os critérios e procedimentos definidos na Seção 5.6.

Utilizou-se como referência para as análises de sensibilidade o cenário inicial. No entanto, foram tornados nulos os despachos das usinas térmicas supracitadas. Com o intuito de atingir um fluxo de potência de até 900 MW por circuito no tronco em 500 kV Terminal Rio – Mutum, despachou-se cerca 2,2 GW de usinas termelétricas, conectadas entre as SEs João Neiva e Rio Novo Sul, as quais estão presentes no cenário final.

Por se tratar de uma análise de sensibilidade a uma situação extrema, foram selecionadas as situações que se considerou mais relevante para o objetivo da análise. Assim, para se identificar as condições que maximizam as energias absorvidas pelos para-raios de ZnO, foram exploradas as situações de rejeição com falta. De forma similar, foram realizadas rejeições apenas nos extremos do tronco de transmissão em 500 kV Terminal Rio – Mutum.

11.5.1 LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, em circuito duplo, C1 e C2

As simulações de rejeição de carga da LT 500 kV Terminal Rio – Lagos, em circuito duplo, C1 e C2, pela SE Terminal Rio, foram realizadas considerando as seguintes condições de rede:

- I) Rede Completa.
- II) Rede sem o C2 da LT 500 kV Campos 2 – Mutum.

Os resultados das simulações estão apresentados nas Figura 11-9 e Figura 11-10. Note que essas simulações indicariam a recomendação de pelo menos duas colunas de para-raios para as linhas de transmissão, caso nenhum reator de barra esteja conectado nas barras à montante das manobras. Por exemplo, os reatores de barra recomendados para as SEs Lagos e Campos 2.

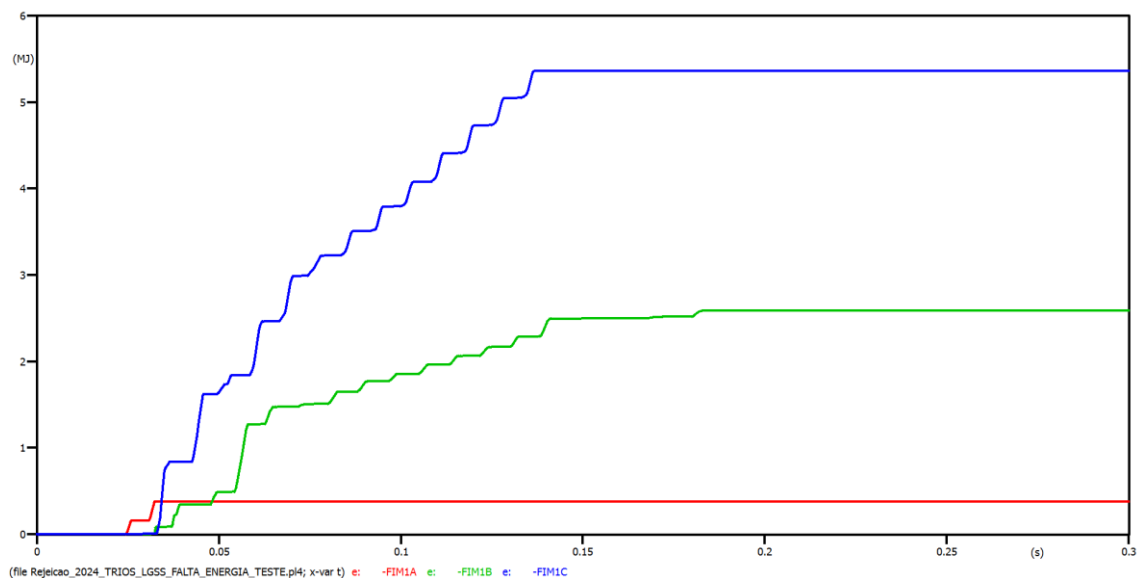


Figura 11-9 Rejeição dupla da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, em circuito duplo, C1 e C2, sem termelétricas em Lagos e Campos 2, a partir de Terminal Rio, configuração I, com falta - Energia nos PR no extremo de Terminal Rio

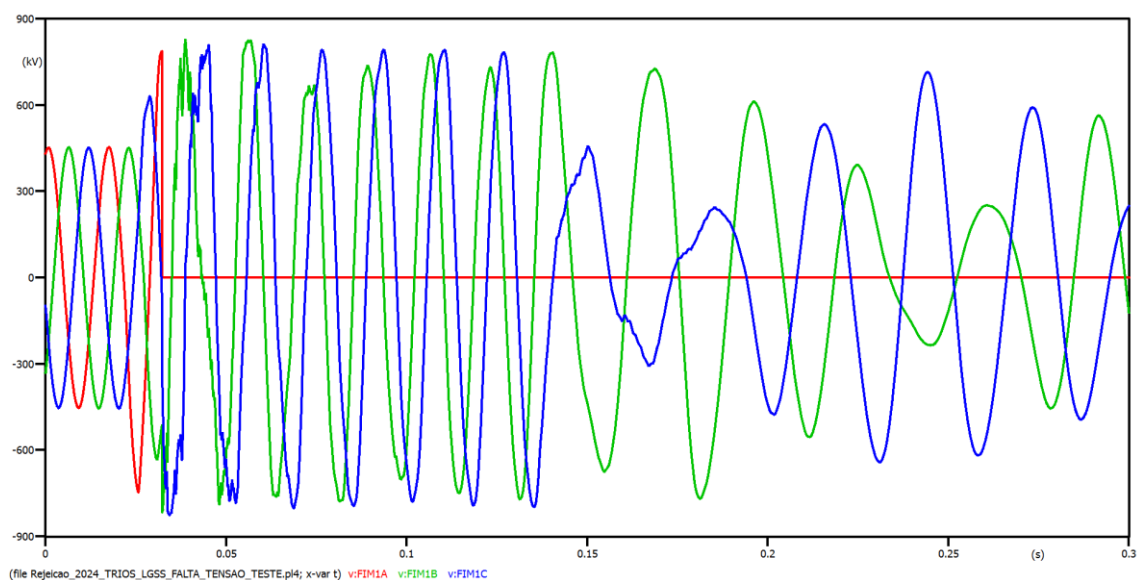


Figura 11-10 Rejeição dupla da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, em circuito duplo, C1 e C2, sem termelétricas em Lagos e Campos 2, a partir de Terminal Rio, configuração I, com falta, situação de maior energia nos PR - Tensões fase-terra em Terminal Rio.

A partir dos resultados apresentados nas Figura 11-11 e Figura 11-12, pode-se que concluir que a configuração II é ainda mais severa, haja vista que nesta condição seriam necessárias pelo menos quatro colunas de para-raios no terminal em análise para a cada circuito da LT.

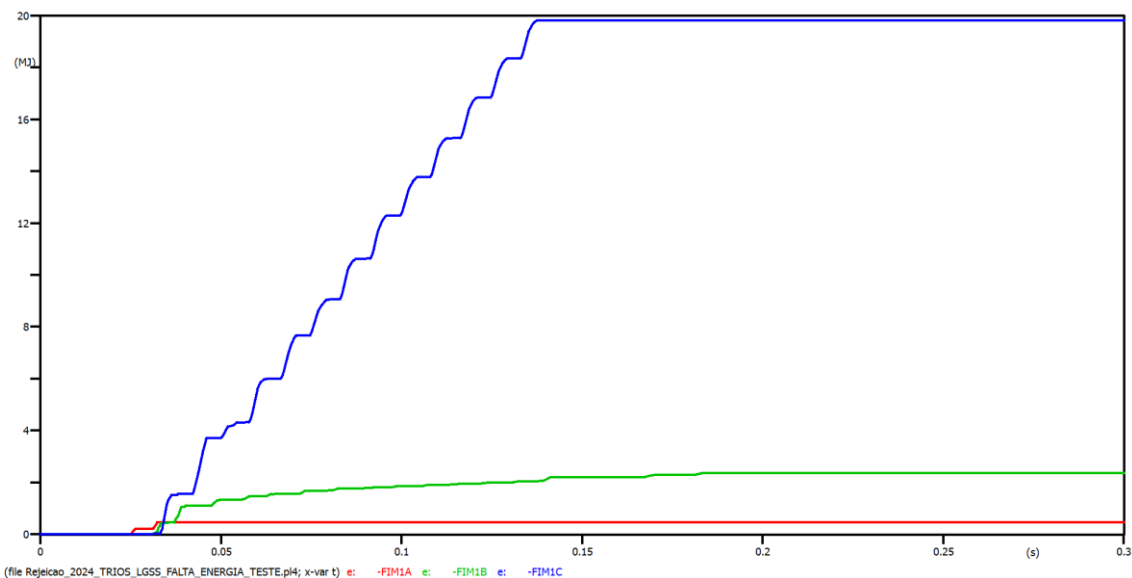


Figura 11-11 Rejeição dupla da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, em circuito duplo, C1 e C2, sem termelétricas em Lagos e Campos 2, a partir de Terminal Rio, configuração II, com falta - Energia nos PR no extremo de Terminal Rio

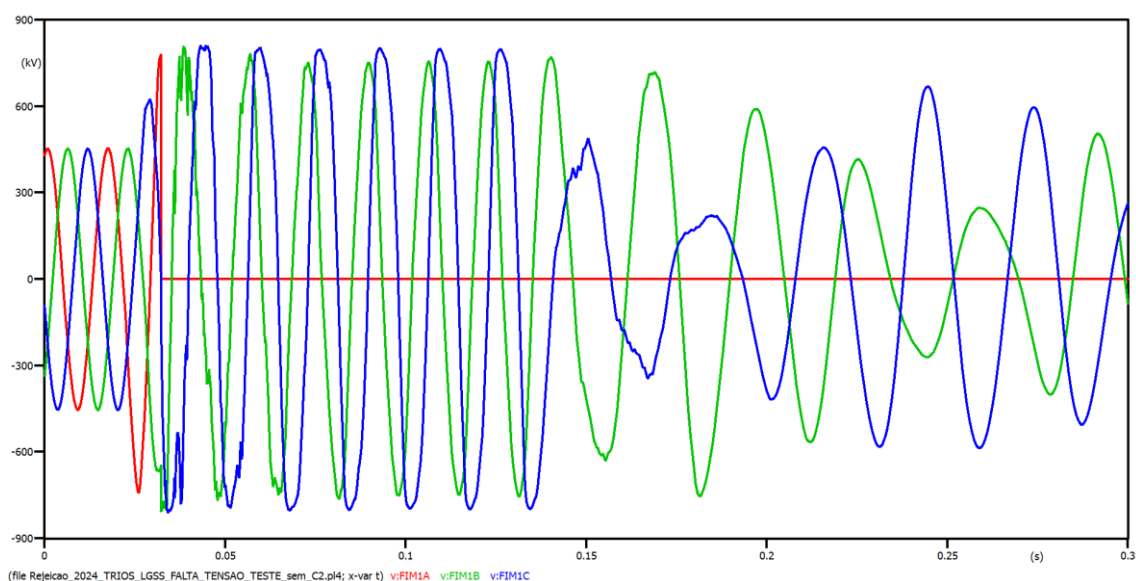


Figura 11-12 Rejeição dupla da LT 500 kV Terminal Rio - Lagos, em circuito duplo, C1 e C2, sem termelétricas em Lagos e Campos 2, a partir de Terminal Rio, configuração II, com falta, situação de maior energia nos PR - Tensões fase-terra em Terminal Rio.

Entretanto, a presença de pelo menos um dos três reatores de barra em 500 kV na SE Lagos e, concomitantemente, pelo menos um dos três reatores de barra em 500 kV na SE Campos 2 se mostrou eficiente para reduzir para apenas uma coluna a quantidade de para-raios ZnO necessária para absorver toda energia dessa manobra.

11.5.2 LT 500 kV Campos 2 - Mutum, em circuito duplo, C1 e C2

As simulações de rejeição de carga da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, em circuito duplo, C1 e C2, pela SE Mutum, foram realizadas considerando as seguintes configurações de rede:

- I. Rede Completa;
- II. Rede sem o C2 da LT 500 kV Terminal Rio – Lagos.

Os resultados das simulações estão apresentados nas Figura 11-13 e Figura 11-14. Note que essas simulações indicariam a recomendação de pelo menos duas colunas de para-raios para as linhas de transmissão, caso nenhum reator de barra esteja conectado nas barras à montante das manobras. Por exemplo, os reatores de barra recomendados para as SEs Lagos e Campos 2.

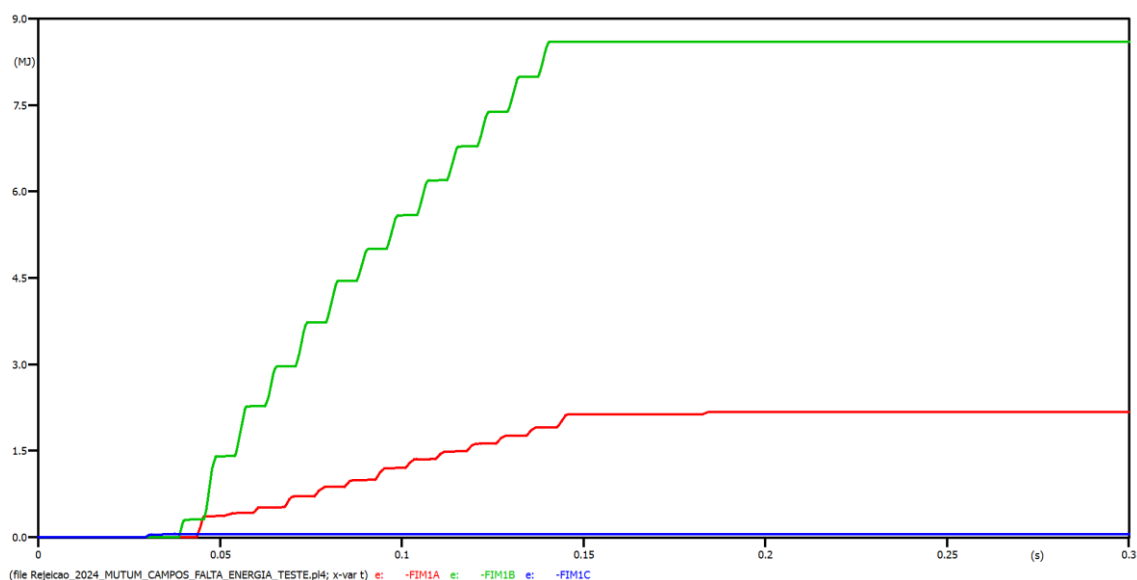


Figura 11-13 Rejeição dupla da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, em circuito duplo, C1 e C2, sem termelétricas em Lagos e Campos 2, a partir de Mutum, configuração I, com falta - Energia nos PR no extremo de Mutum

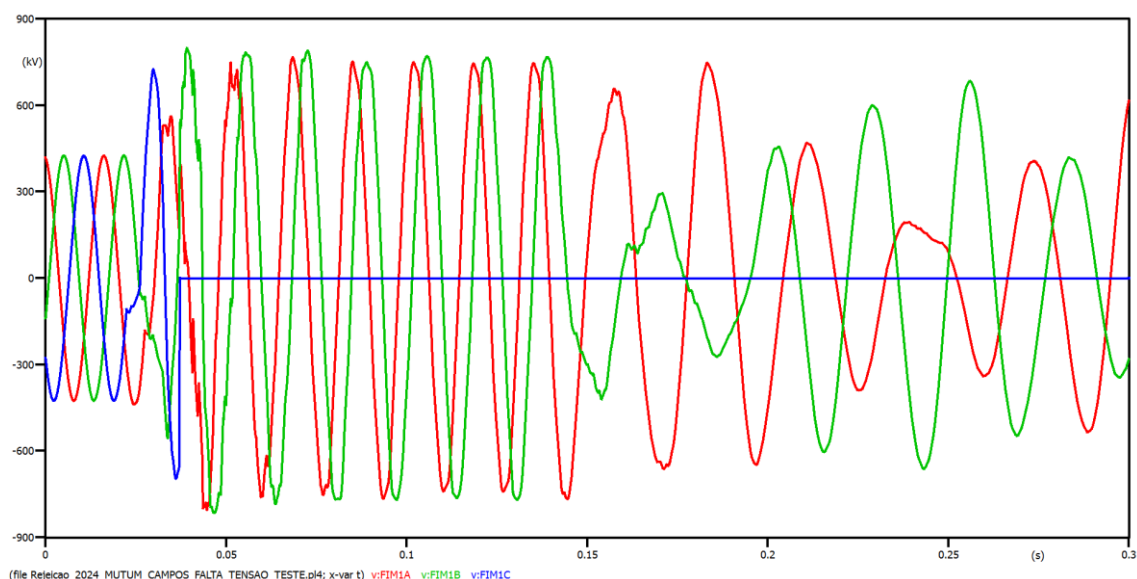


Figura 11-14 Rejeição dupla da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, em circuito duplo, C1 e C2, sem termelétricas em Lagos e Campos 2, a partir de Mutum, configuração I, com falta, situação de maior energia nos PR - Tensões fase-terra em Mutum.

A partir dos resultados apresentados nas Figura 11-15 e Figura 11-16, pode-se concluir que a configuração II é ainda mais severa, haja vista que nesta condição seriam necessárias pelo menos cinco colunas de para-raios no terminal em análise para a cada circuito da LT.

Entretanto, a presença de pelo menos um dos três reatores de barra de 500 kV na SE Lagos e, concomitantemente, pelo menos um dos três reatores de barra de 500 kV na SE Campos 2 se mostrou eficiente para reduzir para apenas duas colunas a quantidade de para-raios ZnO necessária para absorver toda energia dessa manobra.

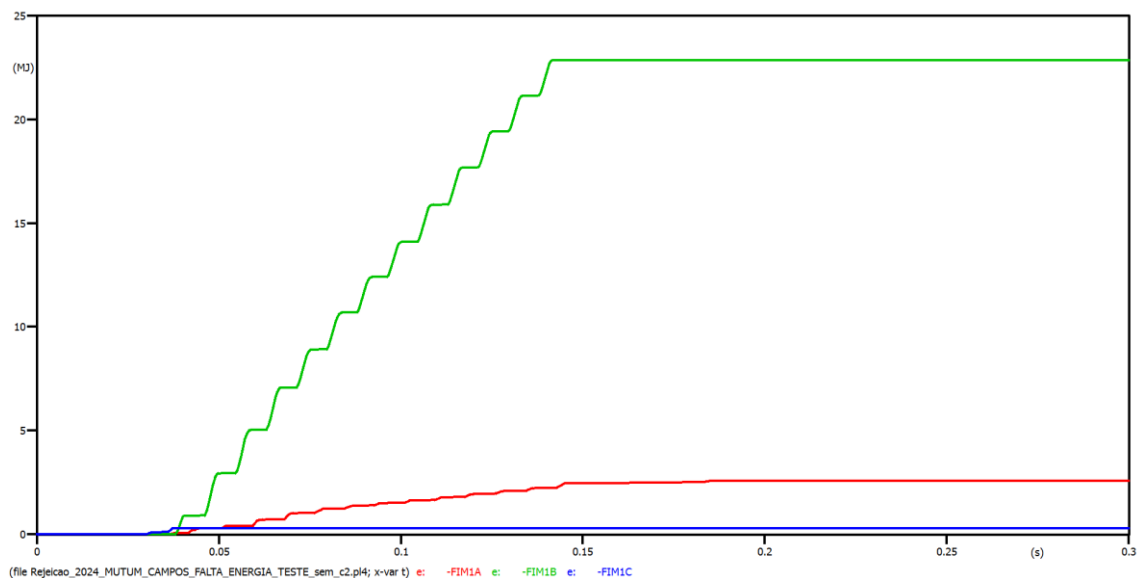


Figura 11-15 Rejeição dupla da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, em circuito duplo, C1 e C2, sem termelétricas em Lagos e Campos 2, a partir de Mutum, configuração II, com falta - Energia nos PR no extremo de Mutum

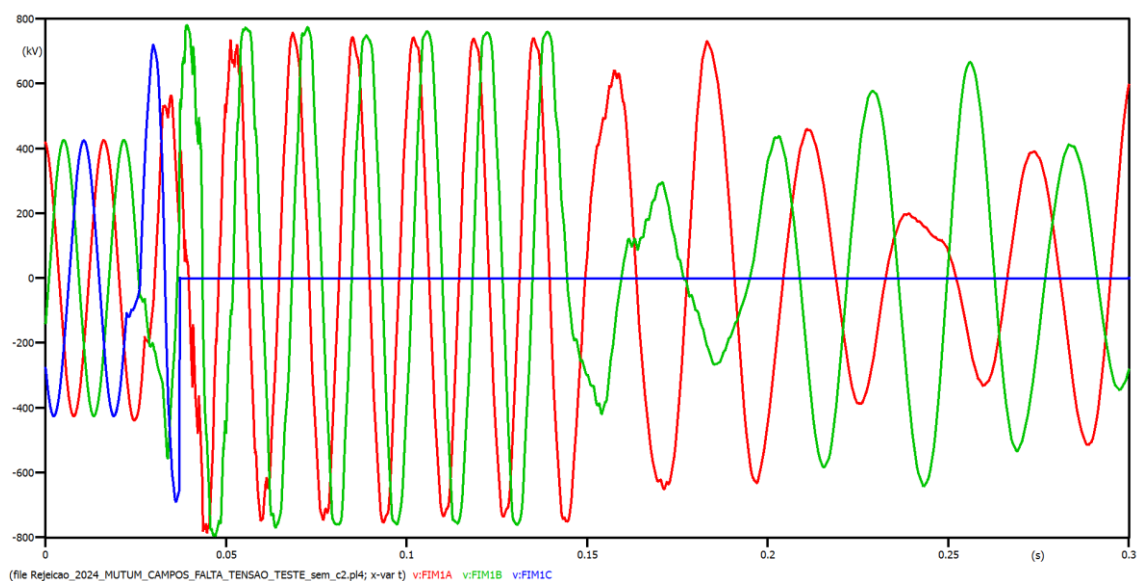


Figura 11-16 Rejeição dupla da LT 500 kV Campos 2 - Mutum, em circuito duplo, C1 e C2, sem termelétricas em Lagos e Campos 2, a partir de Mutum, configuração II, com falta, situação de maior energia nos PR - Tensões fase-terra em Mutum.

12 REFERÊNCIAS

- [1]. Expansão do sistema de transmissão para escoamento do potencial termelétrico dos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, Análise Técnico-Econômica de Alternativas – Relatório R1, nº EPE-DEE-RE-029/2018-rev1, julho de 2018.
- [2]. Salari, J. C.; Silva Filho, J., I.; Dart, F., C..O Sistema computacional ELEKTRA - Integração de modelos matemáticos para o dimensionamento otimizado de linhas de transmissão com feixes convencionais e não convencionais, X SEPOPE, Florianópolis, Brasil, maio 2006.
- [3]. Definição de parâmetros iniciais para o planejamento de linhas de transmissão aéreas – Nota Técnica, Nº EPE-DEE-NT-012/2018-rev0
- [4]. Procedimentos de Rede do ONS –“Submódulo 23.3 Diretrizes e Critérios Para Estudos Elétricos”. – Dezembro/2016
- [5]. Balossi, A., Malaguti, M., Ostano, P., Laboratory full-scale tests for determination of the secondary arc extinction time in high-speed reclosing, IEEE Summer Power Meeting, New Orleans, July 10-15, 1966.
- [6]. Diretrizes para a Elaboração de Projetos Básicos para Empreendimentos de Transmissão: Estudos elétricos, especificação das instalações, de equipamentos e de linhas de transmissão. ONS. 2013.
- [7]. Haubrich, H.-J., Hosemann, G., Thomas, R., Single-phase auto-reclosing in EHV Systems, CIGRE 1974, paper 31-09, Paris, 1974.
- [8]. Transmission Line Reference Book 345 kV and Above, Electric Power Research Institute, EPRI, 1975.

ANEXO A: DADOS DA REDE REPRESENTADA

A.1 Linhas de Transmissão

Tabela A.1.1 – Parâmetros distribuídos das linhas de transmissão em 500kV

BARRA DE	N BARRA DE	BARRA PARA	N BARRA PARA	Circuito	Comprimento (km)	R+ (Ω /km)	X+ (Ω /km)	C+ (uS/km)	R0 (Ω /km)	X0 (Ω /km)	C0 (uS/km)
Padre Paraíso 2	38975	Governador Valadares 6	38921	1	203	0,0139	0,1961	8,6585	0,3476	1,1405	3,1671
Padre Paraíso 2	38975	Governador Valadares 6	38921	2	200	0,0139	0,1961	8,6585	0,3476	1,1405	3,1671
Mutum	38974	RNS	39514	1	132	0,0174	0,2606	6,3411	0,3713	1,0748	3,3536
Mutum	38974	Viana	3849	1	120	0,0228	0,3461	4,7423	0,2999	1,0565	3,0925
Campos 2	38951	Mutum	38974	1	230	0,0139	0,192	8,6638	0,3216	1,4003	3,2557
Campos 2	38951	Mutum	38974	2	230	0,0139	0,192	8,6638	0,3216	1,4003	3,2557
Lagos	38950	Campos 2	38951	1	100	0,0139	0,192	8,6638	0,3216	1,4003	3,2557
Lagos	38950	Campos 2	38951	2	100	0,0139	0,192	8,6638	0,3216	1,4003	3,2557
Governador Valadares 6	38921	Mutum	38974	1	156	0,0139	0,192	8,66	0,3492	1,1377	3,1778
Governador Valadares 6	38921	Mutum	38974	2	156	0,0139	0,192	8,66	0,3492	1,1377	3,1778
Araraquara 2	5202	Fernão Dias	4322	1	240	0,0171	0,2666	6,1197	0,3725	1,4916	2,7542
Araraquara 2	5202	Taubaté 2	2662	1	356	0,0193	0,3189	5,158	0,2123	0,7996	3,2806
Fernão Dias	4322	Terminal Rio	4291	1	315	0,0172	0,2642	6,2583	0,3523	1,3472	3,2885
Fernão Dias	4322	Campinas	3700	1	86	0,0225	0,352	4,7192	0,1977	1,5372	3,1369
Estreito	4302	Fernão Dias	4322	1	342	0,0168	0,2783	5,912	0,3483	1,2285	3,028
Estreito	4302	Fernão Dias	4322	2	342	0,0168	0,2783	5,912	0,3483	1,2285	3,028
Estreito	4302	Cachoeira Paulista	3720	1	360	0,0139	0,2209	7,5478	0,3467	1,3906	3,2344
Estreito	4302	Cachoeira Paulista	3720	2	360	0,0139	0,2209	7,5478	0,3467	1,3906	3,2344
Terminal Rio	4291	Lagos	38950	1	214	0,0139	0,192	8,6638	0,3216	1,4003	3,2557
Terminal Rio	4291	Lagos	38950	2	214	0,0139	0,192	8,6638	0,3216	1,4003	3,2557
Resende	3782	Terminal Rio	4291	1	99	0,0225	0,352	4,7192	0,1977	1,5372	3,1369
Angra	3745	Nova Iguaçu	4326	1	110	0,023	0,352	4,719	0,198	1,537	3,137
Angra	3745	Zona Oeste	3781	1	98	0,0225	0,352	4,7192	0,1977	1,5372	3,1369
Angra	3745	Cachoeira Paulista	3720	1	103	0,0225	0,3592	4,6377	0,1977	1,5228	3,191
Adrianópolis	3727	Grajaú	3759	1	55	0,0151	0,311	5,3656	0,3215	1,4425	3,2608
Cachoeira Paulista	3720	Fernão Dias	4322	1	170	0,0225	0,352	4,7192	0,1977	1,5372	3,1369
Cachoeira Paulista	3720	Terminal Rio	4291	1	157	0,0174	0,3072	5,3384	0,3742	1,1263	3,0425
Cachoeira Paulista	3720	Baixada Fluminense	4288	1	154	0,0173	0,2677	6,243	0,337	1,282	3,654

BARRA DE	N BARRA DE	BARRA PARA	N BARRA PARA	Circuito	Comprimento (km)	R+ (Ω/km)	X+ (Ω/km)	C+ ($\mu\text{S}/\text{km}$)	R0 (Ω/km)	X0 (Ω/km)	C0 ($\mu\text{S}/\text{km}$)
Cachoeira Paulista	3720	Resende	3782	1	56	0,0225	0,352	4,7192	0,1977	1,5372	3,1369
Cachoeira Paulista	3720	Itajubá 3	1486	1	53	0,0225	0,352	4,7192	0,1977	1,5372	3,1369
Tijuco Preto	3669	Cachoeira Paulista	3720	1	181,5	0,019	0,264	6,306	0,363	1,343	3,563
Tijuco Preto	3669	Lorena	3702	1	164,5	0,0228	0,3483	4,76116	0,36434	1,4274	3,1002
Taubaté 2	2662	Nova Iguaçu	4326	1	231	0,0183	0,2649	6,21394	0,34442	1,2996	3,2096
Taubaté	2655	Cachoeira Paulista	3720	1	83	0,0251	0,3318	4,9612	0,3997	1,1794	2,9782
Taubaté	2655	Tijuco Preto	3669	1	108,5	0,0251	0,3318	4,9612	0,3997	1,1794	2,9782
Mesquita	1494	João Neiva 2	39511	1	236	0,0174	0,3072	5,3385	0,3742	1,1263	3,0425
Mesquita	1494	Mutum	38974	1	133	0,0228	0,3461	4,7423	0,2999	1,0565	3,0925
Mesquita	1494	Itabira 5	26510	1	70	0,0225	0,352	4,7199	0,198	1,5369	3,1366
Mesquita	1494	Itabira 5	26510	2	94	0,0238	0,3536	4,6596	0,339	1,3108	3,0574

Tabela A.1.2 – Parâmetros distribuídos das linhas de transmissão em 440kV

BARRA DE	N BARRA DE	BARRA PARA	N BARRA PARA	Circuito	Comprimento (km)	R+ (Ω/km)	X+ (Ω/km)	C+ ($\mu\text{S}/\text{km}$)	R0 (Ω/km)	X0 (Ω/km)	C0 ($\mu\text{S}/\text{km}$)
Fernão Dias	4321	Taubaté	2656	1	98,4	0,0255	0,3357	4,9241	0,1898	0,9378	3,1829

Tabela A.1.3 – Parâmetros distribuídos das linhas de transmissão em 345kV

BARRA DE	N BARRA DE	BARRA PARA	N BARRA PARA	Circuito	Comprimento (km)	R+ (Ω/km)	X+ (Ω/km)	C+ ($\mu\text{S}/\text{km}$)	R0 (Ω/km)	X0 (Ω/km)	C0 ($\mu\text{S}/\text{km}$)
Nova Iguaçu	4328	Jacarepaguá	3769	1	28,6	0,0225	0,352	4,7192	0,1977	1,5372	3,1369
Comperj	4320	Lagos	3616	1	113,5	0,0338	0,3746	4,4358	0,2094	1,6292	2,8973
Viana 2	3848	João Neiva 2	39311	1	76	0,0343	0,3571	4,6174	0,343	1,1403	2,6822
Viana 2	3848	Viana	3795	1	7,5	0,0346	0,3599	4,5955	0,2902	1,0849	2,4338
Viana 2	3848	Viana	3795	2	7,5	0,0346	0,3599	4,5955	0,2902	1,0849	2,4338
Viana	3795	Rio Novo Sul	39313	1	85	0,035	0,373	4,426	0,244	0,926	2,911
Macaé	3784	Venda das Pedras	3783	1	115,5	0,0339	0,375	4,318	0,3798	1,499	2,73
Adrianópolis	3729	Nova Iguaçu	4328	1	13,4	0,0225	0,352	4,7192	0,1977	1,5372	3,1369
Adrianópolis	3729	Comperj	4320	1	59	0,0338	0,3746	4,4358	0,2094	1,6292	2,8973
Adrianópolis	3729	Itutinga	3807	1	199	0,0398	0,3929	4,2537	0,396	1,47	3,0936
Adrianópolis	3729	Itutinga	3807	2	199	0,0338	0,3746	4,4358	0,2094	1,6292	2,8973
Adrianópolis	3729	Venda das Pedras	3783	1	106	0,0339	0,375	4,318	0,3798	1,499	2,73
Adrianópolis	3729	Jacaré	3769	1	38	0,0225	0,352	4,7192	0,1977	1,5372	3,1369
Lagos	3616	Macaé	3784	1	12	0,0338	0,3746	4,4358	0,2094	1,6292	2,8973

BARRA DE	N BARRA DE	BARRA PARA	N BARRA PARA	Circuito	Comprimento (km)	R+ (Ω/km)	X+ (Ω/km)	C+ (uS/km)	R0 (Ω/km)	X0 (Ω/km)	C0 (uS/km)
Lagos	3616	Macaé	3784	2	16	0,0343	0,3745	4,4594	0,4121	1,4926	3,0326

Tabela A.1.4 – Parâmetros distribuídos das linhas de transmissão em 230kV

BARRA DE	N BARRA DE	BARRA PARA	N BARRA PARA	Circuito	Comprimento (km)	R+ (Ω/km)	X+ (Ω/km)	C+ (uS/km)	R0 (Ω/km)	X0 (Ω/km)	C0 (uS/km)
Mesquita	1630	Governador Valadares 6	38986	1	97	0,1014	0,5099	3,2503	0,4462	1,68	2,246

Tabela A.1.5 – Parâmetros concentrados das linhas de transmissão curtas (até 50km) que foram modeladas como Pi

BARRA DE	N BARRA DE	BARRA PARA	N BARRA PARA	Circuito	Tensão (kV)	R+ (Ω)	X+ (Ω)	C+ (uS)	R0 (Ω)	X0 (Ω)	C0 (uS)
Zona Oeste	3781	CSA	4537	1	500	0,163	1,853	5,246	1,725	7,175	7,869
Zona Oeste	3781	CSA	4537	2	500	0,163	1,853	5,246	1,725	7,175	7,869
Zona Oeste	3781	Gerdau	40655	1	500	0,250	1,750	5,248	3,805	9,443	7,872
Zona Oeste	3781	Gerdau	40655	2	500	0,250	1,750	5,248	3,805	9,443	7,872
Cachoeira Paulista	3720	Lorena	3702	1	500	0,422	6,443	88,081	6,740	26,407	57,353
Terminal Rio	4291	Nova Iguaçu	4326	1	500	0,346	5,426	123,446	6,480	26,858	70,747
Terminal Rio	4291	Nova Iguaçu	4326	2	500	0,346	5,426	123,446	6,480	26,858	70,747
Zona Oeste	3781	Nova Iguaçu	4326	1	500	0,856	13,376	179,331	7,513	58,413	119,203
São José	3748	Nova Iguaçu	4326	1	500	0,345	7,153	123,372	7,452	32,821	71,300
Nova Iguaçu	4326	Grajaú	3759	1	500	1,059	16,545	221,804	9,293	72,247	147,435
Terminal Rio	4291	Adrianópolis	3728	1	500	0,338	5,280	70,789	2,966	23,058	47,054
Terminal Rio	4291	Adrianópolis	3728	2	500	0,338	5,280	70,789	2,966	23,058	47,054
Baixada Fluminense	4288	Adrianópolis	3727	1	500	0,407	6,291	146,711	7,920	30,127	85,869
Adrianópolis	3728	São José	3748	1	500	0,498	10,263	177,065	10,610	47,603	107,606
S. F. Energia	4382	Nova Iguaçu B	4325	1	138	1,257	5,066	37,492	4,327	19,585	56,238
S. F. Energia	4382	Nova Iguaçu B	4325	2	138	1,257	5,066	37,492	4,327	19,585	56,238
S. F. Energia	4382	Nova Iguaçu B	4325	3	138	1,257	5,066	37,492	4,327	19,585	56,238
S. F. Energia	4382	Nova Iguaçu B	4325	4	138	1,257	5,066	37,492	4,327	19,585	56,238
Termo Rio	4390	São José 1	3749	1	138	0,233	3,405	89,169	2,424	12,438	43,955

Tabela A.1.5 – Compensação reativa das linhas em 500kV

N BARRA DE	BARRA DE	N BARRA PARA	BARRA PARA	Circuito	Reatância Shunt DE (Mvar)	Reatância Shunt PARA(Mvar)
38975	Padre Paraíso 2	38921	Governador Valadares 6	1	-145	-145
38975	Padre Paraíso 2	38921	Governador Valadares 6	2	-145	-145
38974	Mutum	39514	Rio Novo Sul	1	0	-100
38974	Mutum	38951	Campos 2	1	-60	-60
38974	Mutum	38951	Campos 2	2	-60	-60
38950	Lagos	4291	Terminal Rio	1	-50	-50
38950	Lagos	4291	Terminal Rio	2	-50	-50
38921	Governador Valadares 6	38974	Mutum	1	-105	-105
38921	Governador Valadares 6	38974	Mutum	2	-105	-105
5202	Araraquara 2	4322	Fernão Dias	1	-136	-136
5202	Araraquara 2	2662	Taubaté 2	1	-136	-136
4322	Fernão Dias	4291	Terminal Rio	1	-136	-136
4322	Fernão Dias	3700	Campinas	1	0	-112,4
4302	Estreito	4322	Fernão Dias	1	-136	-136
4302	Estreito	4322	Fernão Dias	2	-136	-136
4302	Estreito	3720	Cachoeira Paulista	1	-240	-240
4302	Estreito	3720	Cachoeira Paulista	2	-240	-240
3745	Angra	3781	Zona Oeste	1	-136	0
3720	Cachoeira Paulista	3782	Resende	1	-136	0
2662	Taubaté 2	4326	Nova Iguaçu	1	0	-136
1494	Mesquita	39511	João Neiva 2	1	-100	-100
1494	Mesquita	38974	Mutum	1	-136	0

Tabela A.1.6 – Compensação reativa das linhas em 440kV

N BARRA DE	BARRA DE	N BARRA PARA	BARRA PARA	Circuito	Reatância Shunt DE (Mvar)	Reatância Shunt PARA(Mvar)
4321	Fernão Dias	2656	Taubaté	1	0	-180

A.2 Transformadores

Tabela A.2.1 – Parâmetros dos autotransformadores e transformadores

Subestação	S (MVA)	Unidades	Relação (kV)	Ligação	Xp(Ω)	Xs(Ω)	Xt(Ω)
Adrianópolis	560	3	500/345/13,8	YYD	69,250	-4,325	1,036
Adrianópolis	225	4	345/138/13,8	YYD	55,704	-0,114	0,475
Angra	760	1	500/19	YD	24,625	0,107	
Angra	1460	2	500/25	YD	11,875	0,089	
Angra - Defasador	400	1	500/138/13,8	YYD	104,425	-0,985	0,469
Araraquara 2 - Síncrono	1000	3	500/13,8	YD	35,738	0,082	
Baixada Fluminense - UTE	278	3	500/15	YD	62,750	0,169	
Cachoeira Paulista	250	2	500/230/13,8	YYD	119,250	0,133	0,436
CSA	300	2	500/138	YY	50,000	3,809	
CSA	420	1	138/13,8	YD	4,304	0,129	
CSA	420	1	138/13,8	YD	9,522	0,286	
Fernão Dias	1200	3	500/440/13,8	YYD	34,500	-8,131	1,789
Fernão Dias - CER	300	1	500/20	YD	191,250	0,918	
GNA 1 G - UTE	431	3	500/13,8	YD	36,780	0,084	
GNA 1 V - UTE	673	1	500/13,8	YD	35,266	0,081	
GNA 3 G - UTE	432	3	500/13,8	YD	36,780	0,084	
GNA 3 V - UTE	450	1	500/13,8	YD	35,266	0,081	
GNA 4 G - UTE	369	2	500/13,8	YD	36,815	0,084	
GNA 4 V - UTE	180	1	500/13,8	YD	23,585	0,054	
Governador Valadares 6	600	2	500/230/13,8	YYD	50,250	-0,899	0,289
Grajaú	600	4	525/138/13,8	YYD	59,011	-0,253	0,171
IMETAME G - UTE	459	3	500/13,8	YD	32,704	0,075	
IMETAME V - UTE	533	1	500/13,8	YD	28,134	0,064	
João Neiva 2	1050	1	500/345/13,8	YYD	28,750	1,785	1,428
Macaé	342	1	345/13,8	YD	19,336	0,093	
Macaé	225	3	345/13,8	YD	27,816	0,134	
Macaé	60	20	345/13,8	YD	108,206	0,519	
Mesquita	400	4	500/230/13,8	YYD	76,013	-2,953	0,408
Nossa Senhora de Fátima 1 G - UTE	344	1	500/13,8	YD	43,590	0,100	
Nossa Senhora de Fátima 1 V - UTE	190	1	500/13,8	YD	78,996	0,181	
Nossa Senhora de Fátima 2 G - UTE	344	1	500/13,8	YD	43,590	0,100	
Nossa Senhora de Fátima 2 V - UTE	190	1	500/13,8	YD	78,996	0,181	
Nossa Senhora de Fátima 3 G - UTE	344	1	500/13,8	YD	43,590	0,100	
Nossa Senhora de Fátima 3 V - UTE	190	1	500/13,8	YD	78,996	0,181	
Nova Iguaçu	900	3	500/138/13,8	YYD	44,250	-0,628	1,592
Nova Iguaçu	900	1	500/345/13,8	YYD	44,250	-3,928	1,592

Subestação	S (MVA)	Unidades	Relação (kV)	Ligação	Xp(Ω)	Xs(Ω)	Xt(Ω)
Novo Tempo G - UTE	314	3	500/13,8	YD	47,839	0,109	
Novo Tempo V - UTE	503	1	500/13,8	YD	29,834	0,068	
Presidente Kennedy 1 G - UTE	341	1	500/13,8	YD	43,965	0,100	
Presidente Kennedy 1 V - UTE	176	1	500/13,8	YD	85,000	0,194	
Presidente Kennedy 2 G - UTE	341	1	500/13,8	YD	43,965	0,100	
Presidente Kennedy 2 V - UTE	176	1	500/13,8	YD	85,000	0,194	
Resende	120	1	500/138	YY	103,750	7,903	
Resende	300	1	525/138/13,8	YYD	133,666	-0,286	1,054
Resende	150	1	525/34,5/13,8	YYD	229,596	-0,133	1,780
Rio Novo Sul	1050	1	500/345/13,8	YYD	29,616	-0,391	1,182
S. F. Energia	120	4	138/13,8	YD	19,837	0,595	
Santa Cruz	370	1	138/13,8	YD	17,597	0,528	
Santa Cruz	370	1	138/13,8	YD	5,527	0,166	
Santa Cruz 2 G - UTE	489	1	500/13,8	YD	30,706	0,070	
Santa Cruz 2 V - UTE	253	1	500/13,8	YD	59,365	0,136	
São José	600	5	525/138/13,8	YYD	62,999	-0,214	0,875
Taubaté	900	1	500/440/13,8	YYD	33,250	-5,808	1,143
Taubaté	1200	1	500/440/13,8	YYD	33,250	-5,808	1,143
Termo Rio G1	286	3	500/13,8	YD	100,000	0,229	
Termo Rio G2	286	3	500/13,8	YD	100,000	0,229	
Termo Rio G3	286	3	500/13,8	YD	100,000	0,229	
Vale Azul 2 G - UTE	369	1	500/13,8	YD	40,704	0,093	
Vale Azul 2 V - UTE	180	1	500/13,8	YD	83,293	0,190	
Vale Azul 3 G - UTE	369	1	500/13,8	YD	40,704	0,093	
Vale Azul 3 V - UTE	180	1	500/13,8	YD	83,293	0,190	
Viana A - UTE	112	10	345/13,8	YD	63,797	0,306	
Viana B - UTE	112	10	345/13,8	YD	63,797	0,306	
Viana 2	900	2	500/345/13,8	YYD	41,750	-1,944	1,128
Zona Oeste	900	2	525/138/13,8	YYD	44,391	-0,318	1,406

A.3 Pára-raios ZnO

Tabela A.3.1 – Curva de descarga 30x60 μ s e capacidades de dissipação do para-raios de 420 kV nominal

Corrente (A)	Tensão Residual 420 kV	
	Curva Mínima (V)	Curva Máxima (V)
2	633974	700708
6	656331	725418
20	681754	753518
60	705799	780094
200	733134	810306
600	760469	840519
1000	767600	848400
2000	790400	873600
Capacidade de dissipação máximas (kJ)	5460	

A.4 Equivalentes

Tabela A.4.1 – Parâmetros elétricos dos equivalentes próprios

TENSÃO (kV)	N BARRA	NOME BARRA	TIPO	R+ (Ω)	X+ (Ω)	R0 (Ω)	X0 (Ω)
500	38975	Padre Paraíso 2	GERADOR	5,689	88,060	2,588	52,088
500	26510	Itabira 5	GERADOR	2,096	45,523	3,230	27,295
500	5202	Araraquara 2	GERADOR	1,089	24,422	8,217	36,425
500	4302	Estreito	GERADOR	1,206	27,710	3,776	29,115
500	3700	Campinas	GERADOR	3,450	45,603	3,347	15,608
500	3669	Tijuco Preto	GERADOR	0,569	26,863	0,276	10,237
500	1486	Itajubá 3	GERADOR	17,859	311,375	4,066	96,325
440	4321	Fernão Dias	GERADOR	6,526	77,856	48,278	136,490
440	2656	Taubaté	GERADOR	23,209	229,881	47,070	227,112
345	39313	Rio Novo Sul	GERADOR	16,553	198,926	11,916	72,631
345	39311	João Neiva	GERADOR	11,963	147,186	4,012	53,159
345	3807	Itutinga	GERADOR	3,660	59,154	2,735	26,239
345	3795	Viana 1	GERADOR	3,648	72,264	2,120	20,741
345	3784	Macaé	GERADOR	103,793	703,795	8,114	81,163
345	3783	Venda das Pedras	GERADOR	1266,664	6801,565	-0,682	55,024
345	3616	Lagos	GERADOR	10,606	147,984	1,357	31,602
345	3769	Jacarepaguá	SHUNT	119025	119025	-1,832	42,812
230	38986	Governador Valadares 6	GERADOR	5,486	90,380	3,816	34,683
230	1630	Mesquita	GERADOR	4,229	61,438	1,019	15,880
138	4382	S. F. Energia	GERADOR	1,021	22,851	2,514	17,318
138	3749	São José 1	GERADOR	2,438	47,939	11,940	57,901

Tabela A.4.2 – Parâmetros elétricos dos equivalentes de transferência

TENSÃO (kV)	N BARRA DE	BARRA DE	N BARRA PARA	BARRA PARA	R+ (Ω)	X+ (Ω)	R0 (Ω)	X0 (Ω)
500	26510	Itabira 5	38975	Padre Paraíso 2	39,465	509,750	121222,500	129117,500
500	4302	Estreito	5202	Araraquara 2	10,509	122,410	652,450	1934,700
500	4302	Estreito	26510	Itabira 5	6,942	95,685	3577,250	4524,000
500	3700	Campinas	5202	Araraquara 2	2,080	31,145	38,135	273,675
500	3669	Tijuco Preto	3700	Campinas	4,842	120,338	3780,750	7637,000
500	3669	Tijuco Preto	5202	Araraquara 2	4,571	149,978	1405,625	4097,000
500	1486	Itajubá 3	3700	Campinas	34,350	838,750	2653,000	7397,000
500	1486	Itajubá 3	4302	Estreito	19,254	310,450	1428,250	3506,750
500	1486	Itajubá 3	5202	Araraquara 2	14,990	201,573	589,300	2075,275
345	3795	Viana 1	39311	João Neiva	36,498	149,781	-8756,669	-15854,130
345	3795	Viana 1	39313	Rio Novo Sul	4,886	43,783	143,901	472,398
345	3784	Macaé	39313	Rio Novo Sul	2,754	33,686	81,096	221,053
345	3616	Lagos	3807	Itutinga	24,885	224,957	7554,874	8881,765
345	3616	Lagos	39313	Rio Novo Sul	103,462	423,943	3297,112	7796,971

TENSÃO (kV)	N BARRA DE	BARRA DE	N BARRA PARA	BARRA PARA	R+ (Ω)	X+ (Ω)	R0 (Ω)	X0 (Ω)
230	38986	Governador Valadares 6	1630	Mesquita	13,011	57,783	31,629	279,333
138	4382	S. F. Energia	28508	Resende	15,873	52,935	675,891	1201,334
138	4325	Nova Iguaçu	4382	S. F. Energia	4,286	15,127	44,338	129,229
138	4325	Nova Iguaçu	28508	Resende	45,641	152,181	1879,262	3454,391
138	3779	Zona Oeste	3780	Santa Cruz	0,168	1,535	1,906	6,858
138	3760	Grajaú	3779	Zona Oeste	5,921	25,409	114,681	305,523
138	3760	Grajaú	3780	Santa Cruz	5,556	21,655	121,838	239,764
138	3750	São José 2	4325	Nova Iguaçu	1,172	6,956	5,149	27,340
138	3749	São José 1	4325	Nova Iguaçu	2,069	13,553	9,063	53,173
138	4390	Termo Rio	3749	São José 1	2,700	9,221	7,333	26,780
138	3747	Angra	3780	Santa Cruz	3,029	16,516	16,280	55,572
138	3730	Adrianópolis	3749	São José 1	7,720	32,160	49,244	134,578
138	3721	Cachoeira Paulista	4382	S. F. Energia	14,785	63,885	434,222	759,894
138	3721	Cachoeira Paulista	28508	Resende	35,073	152,594	962,579	1649,134

Tabela A.4.3 – Parâmetros elétricos dos equivalentes de transformação

DE (kV)	N BARRA DE	BARRA DE	PARA (kV)	N BARRA PARA	BARRA PARA	R+(Ω)	X+(Ω)	R0(Ω)	X0(Ω)
500	3700	Campinas	345	3807	Itutinga	284,000	1892,900	34187,500	45772,500
500	3669	Tijuco Preto	440	4321	Fernão Dias	11,596	218,733	2509,000	5925,750
500	1486	Itajubá 3	345	3807	Itutinga	204,078	791,425	4522,500	11995,250
440	4321	Fernão Dias	500	5202	Araraquara 2	10,787	143,880	6911,133	14183,330
440	2656	Taubaté	500	3669	Tijuco Preto	18,090	243,800	285,928	1277,760
440	2656	Taubaté	500	3702	Lorena	6,214	98,016	41,471	220,220
345	3807	Itutinga	500	4302	Estreito	8,267	85,534	565,357	1206,794
345	3807	Itutinga	500	5202	Araraquara 2	102,540	653,447	8025,737	15539,904
345	3807	Itutinga	500	26510	Itabira 5	9,725	82,893	3120,002	3717,865
345	3795	Viana 1	500	26510	Itabira 5	37,080	525,614	264414,038	148305,150
345	3769	Jacarepaguá	138	3779	Zona Oeste	3,921	70,841	28,677	232,563
345	3769	Jacarepaguá	138	3780	Santa Cruz	4,708	60,618	44,734	187,845
345	3616	Lagos	138	3749	São José 1	94,563	346,149	1219,292	3519,450
345	3616	Lagos	500	26510	Itabira 5	86,829	716,709	275364,338	144413,033
230	38986	Governador Valadares 6	345	39311	João Neiva	39,852	193,244	1797,119	3287,894
230	1630	Mesquita	500	26510	Itabira 5	6,742	37,186	82,127	200,359
138	3760	Grajaú	345	3769	Jacarepaguá	0,721	8,023	4,849	23,824
138	3749	São José 1	345	3783	Venda das Pedras	3,188	27,667	23,365	107,336
138	3730	Adrianópolis	345	3783	Venda das Pedras	1,542	11,084	9,245	44,136

A.5 Barras

Tabela A.5.1 – Compensação reativa de barra

TENSÃO (kV)	N BARRA	NOME BARRA	UNIDADES	UNIDADES EM OPERAÇÃO	Q(MVAR)
500	3700	Campinas	1	1	-136
500	3720	Cachoeira Paulista	1	1	-136
500	3728	Adrianópolis	2	2	-136
500	3849	Viana	1	1	-136
500	4322	Fernão Dias	2	2	-180
500	26510	Itabira 5	1	1	-100
500	38921	Governador Valadares 6	2	2	-150
500	38974	Mutum	2	2	-100
500	38975	Padre Paraíso 2	2	2	-150
500	38951	Campos 2	3	3	-100
500	38950	Lagos	3	3	-150
345	3729	Adrianópolis	2	0	-162,5

A.6 Geradores

Tabela A.6.1 – Dados de geradores

Subestação	Barra retida mais próxima	S (MVA)	Quantidade máxima de unidades	Tensão (kV)	Reatância Subtransitória (%) Base 100MVA
Baixada Fluminense G - UTE	Baixada Fluminense	172	2	13,8	8,41
Baixada Fluminense V - UTE	Baixada Fluminense	186	1	13,8	8,48
CSA G	CSA	128	2	13,8	10,44
CSA V	CSA	310	1	13,8	10,44
GNA 1 G - UTE	Campos 2	367	3	13,8	4,42
GNA 1 V - UTE	Campos 2	572	1	13,8	2,83
GNA 3 G - UTE	Campos 2	367	3	13,8	4,42
GNA 3 V - UTE	Campos 2	572	1	13,8	2,83
GNA 4 G - UTE	Campos 2	367	2	13,8	4,41
GNA 4 V - UTE	Campos 2	383	1	13,8	4,23
IMETAME G - UTE	João Neiva 2	390	3	13,8	3,92
IMETAME V - UTE	João Neiva 2	453	1	13,8	3,38
Macaé	Macaé	46	12	13,8	25,73
Macaé	Macaé	46	8	13,8	25,43
Norte Fluminense G	Macaé	190	3	13,8	11,19
Norte Fluminense V	Macaé	291	1	13,8	6,49
Nossa Senhora de Fátima 1 G - UTE	Lagos (500kV)	292	1	13,8	5,23
Nossa Senhora de Fátima 1 V - UTE	Lagos (500kV)	161	1	13,8	9,48

Subestação	Barra retida mais próxima	S (MVA)	Quantidade máxima de unidades	Tensão (kV)	Reatância Subtransitória (%) Base 100MVA
Nossa Senhora de Fátima 2 G - UTE	Lagos (500kV)	292	1	13,8	5,23
Nossa Senhora de Fátima 2 V - UTE	Lagos (500kV)	161	1	13,8	9,48
Nossa Senhora de Fátima 3 G - UTE	Lagos (500kV)	292	1	13,8	5,23
Nossa Senhora de Fátima 3 V - UTE	Lagos (500kV)	161	1	13,8	9,48
Novo Tempo G - UTE	Campos 2	282	3	13,8	5,74
Novo Tempo V - UTE	Campos 2	452	1	13,8	3,58
Presidente Kennedy 1 G - UTE	Rio Novo Sul	290	1	13,8	10,05
Presidente Kennedy 1 V - UTE	Rio Novo Sul	150	1	13,8	19,42
Presidente Kennedy 2 G - UTE	Rio Novo Sul	290	1	13,8	10,05
Presidente Kennedy 2 V - UTE	Rio Novo Sul	150	1	13,8	19,42
S. F. Energia	S. F. Energia	46	8	13,8	33,00
Santa Cruz 2 G - UTE	Zona Oeste	415	1	13,8	3,68
Santa Cruz 2 V - UTE	Zona Oeste	215	1	13,8	7,12
Termo Rio G1 A	São José	120	1	13,8	10,34
Termo Rio G1 B	São José	184	1	13,8	7,69
Termo Rio G2	São José	120	3	13,8	10,34
Termo Rio G3	São José	120	3	13,8	10,34
Vale Azul 2 G - UTE	Lagos (500kV)	313	1	13,8	4,88
Vale Azul 2 V - UTE	Lagos (500kV)	153	1	13,8	10,00
Vale Azul 3 G - UTE	Lagos (500kV)	313	1	13,8	4,88
Vale Azul 3 V - UTE	Lagos (500kV)	153	1	13,8	10,00
Viana A - UTE	Viana	8,7	10	13,8	247,48
Viana B - UTE	Viana	8,7	10	13,8	247,48

ANEXO B: ENTRADAS DE DADOS DO PROGRAMA ATP

```

BEGIN NEW DATA CASE
C -----
C Generated by ATPDRAW  julho, quinta-feira 12, 2018
C A Bonneville Power Administration program
C by H. K. Høidalen at SEFAS/NTNU - NORWAY 1994-2015
C -----
POWER FREQUENCY                60.
$DUMMY, XYZ000
C  dT  >< Tmax >< Xopt >< Copt ><Epsiln>
  2.5E-5      .3      60.      60.
    500        1        1        1        1        0        0        1        0
C      1        2        3        4        5        6        7        8
C 34567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
/BRANCH
C < n1 >< n2 ><ref1><ref2>< R >< L >< C >
C < n1 >< n2 ><ref1><ref2>< R >< A >< B ><Leng><><>0
C Equivalente Transformação GVV60 - JNVQ
51GVV60AOT1A      1797.13287.8
52GVV60BOT1B      39.852193.24
53GVV60COT1C
  TRANSFORMER      SP1A      0
    9999
  1OT1A      .00001.00001 230.
  2JNVQA      .00001.00001 345.
  TRANSFORMER SP1A      SP1B      0
  1OT1B
  2JNVQB
  TRANSFORMER SP1A      SP1C      0
  1OT1C
  2JNVQC
C Equivalente Transformação FRDR - RRQ2S
51FRDRA RT2A      6911.114183.
52FRDRB RT2B      10.787143.87
53FRDRC RT2C
  TRANSFORMER      SP2A      0
    9999
  1RT2A      .00001.00001 440.
  2RRQ2SA      .00001.00001 500.
  TRANSFORMER SP2A      SP2B      0
  1RT2B
  2RRQ2SB
  TRANSFORMER SP2A      SP2C      0
  1RT2C
  2RRQ2SC
C Equivalente Transformação TTNQ - STRS
51TTNQA QT3A      565.351206.7
52TTNQB QT3B      8.266885.533
53TTNQC QT3C
  TRANSFORMER      SP3A      0
    9999
  1QT3A      .00001.00001 345.
  2STRSA      .00001.00001 500.
  TRANSFORMER SP3A      SP3B      0
  1QT3B
  2STRSB
  TRANSFORMER SP3A      SP3C      0
  1QT3C
  2STRSC
C Equivalente Transformação TTNQ - RRQ2S
51TTNQA QT4A      8025.715539.
52TTNQB QT4B      102.54653.44
53TTNQC QT4C
  TRANSFORMER      SP4A      0
    9999
  1QT4A      .00001.00001 345.
  2RRQ2SA      .00001.00001 500.
  TRANSFORMER SP4A      SP4B      0
  1QT4B
  2RRQ2SB
  TRANSFORMER SP4A      SP4C      0
  1QT4C
  2RRQ2SC
C Equivalente Transformação TTNQ - TBR5S

```

51TTNQA QT5A	3120.03717.8		
52TTNQB QT5B	9.724582.892		
53TTNQC QT5C			
TRANSFORMER		SP5A	0
9999			
1QT5A	.00001.00001 345.		
2TBR5SA	.00001.00001 500.		
TRANSFORMER SP5A		SP5B	0
1QT5B			
2TBR5SB			
TRANSFORMER SP5A		SP5C	0
1QT5C			
2TBR5SC			
C Equivalente Transformação VIA1Q - TBR5S			
51VIA1QAQT6A	26441.14831.		
52VIA1QBQT6B	37.079525.61		
53VIA1QCQT6C			
TRANSFORMER		SP6A	0
9999			
1QT6A	.00001.00001 345.		
2TBR5SA	.00001.00001 500.		
TRANSFORMER SP6A		SP6B	0
1QT6B			
2TBR5SB			
TRANSFORMER SP6A		SP6C	0
1QT6C			
2TBR5SC			
C Equivalente Transformação JCRQ - ZNSM			
51JCRQA QT7A	28.676232.56		
52JCRQB QT7B	3.921270.841		
53JCRQC QT7C			
TRANSFORMER		SP7A	0
9999			
1QT7A	.00001.00001 345.		
2ZNSMA	.00001.00001 138.		
TRANSFORMER SP7A		SP7B	0
1QT7B			
2ZNSMB			
TRANSFORMER SP7A		SP7C	0
1QT7C			
2ZNSMC			
C Equivalente Transformação JCRQ - SCRM			
51JCRQA QT8A	44.734187.84		
52JCRQB QT8B	4.708160.618		
53JCRQC QT8C			
TRANSFORMER		SP8A	0
9999			
1QT8A	.00001.00001 345.		
2SCRMA	.00001.00001 138.		
TRANSFORMER SP8A		SP8B	0
1QT8B			
2SCRMB			
TRANSFORMER SP8A		SP8C	0
1QT8C			
2SCRMC			
C Equivalente Transformação GRJM - JCRQ			
51GRJMA MT9A	4.848923.824		
52GRJMB MT9B	0.72108.0230		
53GRJMC MT9C			
TRANSFORMER		SP9A	0
9999			
1MT9A	.00001.00001 138.		
2JCRQA	.00001.00001 345.		
TRANSFORMER SP9A		SP9B	0
1MT9B			
2JCRQB			
TRANSFORMER SP9A		SP9C	0
1MT9C			
2JCRQC			
C Equivalente Transformação SJS1M - VNDQ			
51SJS1MAMT10A	23.365107.33		
52SJS1MBMT10B	3.187927.667		
53SJS1MCMT10C			
TRANSFORMER		SP10A	0
9999			

1MT10A	.00001.00001	138.	
2VNDQA	.00001.00001	345.	
TRANSFORMER SP10A		SP10B	0
1MT10B			
2VNDQB			
TRANSFORMER SP10A		SP10C	0
1MT10C			
2VNDQC			
C Equivalente Transformação ADRM - VNDQ			
51ADRMA MT11A	9.245244.136		
52ADRMB MT11B	1.541711.083		
53ADRC MT11C			
TRANSFORMER		SP11A	0
9999			
1MT11A	.00001.00001	138.	
2VNDQA	.00001.00001	345.	
TRANSFORMER SP11A		SP11B	0
1MT11B			
2VNDQB			
TRANSFORMER SP11A		SP11C	0
1MT11C			
2VNDQC			
C Equivalente Transformação CMPS - TTNQ			
51CMPSA ST12A	34187.45772.		
52CMPSB ST12B	2841892.9		
53CMPSC ST12C			
TRANSFORMER		SP12A	0
9999			
1ST12A	.00001.00001	500.	
2TTNQA	.00001.00001	345.	
TRANSFORMER SP12A		SP12B	0
1ST12B			
2TTNQB			
TRANSFORMER SP12A		SP12C	0
1ST12C			
2TTNQC			
C Equivalente Transformação TJPS - FRDR			
51TJPSA ST13A	25095925.7		
52TJPSB ST13B	11.595218.73		
53TJPSC ST13C			
TRANSFORMER		SP13A	0
9999			
1ST13A	.00001.00001	500.	
2FRDRA	.00001.00001	440.	
TRANSFORMER SP13A		SP13B	0
1ST13B			
2FRDRB			
TRANSFORMER SP13A		SP13C	0
1ST13C			
2FRDRC			
C Equivalente Transformação LGSQ - SJS1M			
51LGSQA QT14A	1219.23519.4		
52LGSQB QT14B	94.562346.14		
53LGSQC QT14C			
TRANSFORMER		SP14A	0
9999			
1QT14A	.00001.00001	345.	
2SJS1MA	.00001.00001	138.	
TRANSFORMER SP14A		SP14B	0
1QT14B			
2SJS1MB			
TRANSFORMER SP14A		SP14C	0
1QT14C			
2SJS1MC			
C Equivalente Transformação LGSQ - TBR5S			
51LGSQA QT15A	275364144413		
52LGSQB QT15B	86.828716.70		
53LGSQC QT15C			
TRANSFORMER		SP15A	0
9999			
1QT15A	.00001.00001	345.	
2TBR5SA	.00001.00001	500.	
TRANSFORMER SP15A		SP15B	0
1QT15B			
2TBR5SB			

TRANSFORMER SP15A	SP15C	0
1QT15C		
2TBR5SC		
C Equivalente Transformação TBTR - TJPS		
51TBTRA RT16A	285.921277.7	
52TBTRB RT16B	18.090243.80	
53TBTRC RT16C		
TRANSFORMER	SP16A	0
9999		
1RT16A	.00001.00001 440.	
2TJPSA	.00001.00001 500.	
TRANSFORMER SP16A	SP16B	0
1RT16B		
2TJPSB		
TRANSFORMER SP16A	SP16C	0
1RT16C		
2TJPSC		
C Equivalente Transformação TBTR - LRNS		
51TBTRA RT17A	41.471220.22	
52TBTRB RT17B	6.213598.015	
53TBTRC RT17C		
TRANSFORMER	SP17A	0
9999		
1RT17A	.00001.00001 440.	
2LRNSA	.00001.00001 500.	
TRANSFORMER SP17A	SP17B	0
1RT17B		
2LRNSB		
TRANSFORMER SP17A	SP17C	0
1RT17C		
2LRNSC		
C Equivalente Transformação MSQO - TBR5S		
51MSQOA OT18A	82.127200.35	
52MSQOB OT18B	6.742137.186	
53MSQOC OT18C		
TRANSFORMER	SP18A	0
9999		
1OT18A	.00001.00001 230.	
2TBR5SA	.00001.00001 500.	
TRANSFORMER SP18A	SP18B	0
1OT18B		
2TBR5SB		
TRANSFORMER SP18A	SP18C	0
1OT18C		
2TBR5SC		
C Equivalente Transformação TJB3S - TTNQ		
51TJB3SAST19A	4522.511995.	
52TJB3SBST19B	204.07791.42	
53TJB3SCST19C		
TRANSFORMER	SP19A	0
9999		
1ST19A	.00001.00001 500.	
2TTNQA	.00001.00001 345.	
TRANSFORMER SP19A	SP19B	0
1ST19B		
2TTNQB		
TRANSFORMER SP19A	SP19C	0
1ST19C		
2TTNQC		
C	1	2
C	3	4
C	5	6
C	7	8
C	34567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890	
C	BARR1\BARR2\	\-R1-\-----X----
C Equivalente proprio -RNVQ - RNVE		
51RNVQA RNVEA	11.91572.631	
52RNVQB RNVEB	16.552198.92	
53RNVQC RNVEC		
C Equivalente proprio -JNVQ - JNVE		
51JNVQA JNVEA	4.012253.158	
52JNVQB JNVEB	11.963147.18	
53JNVQC JNVEC		
C Equivalente proprio -GVV60 - GVV6E		
51GVV60AGVV6EA	3.815534.683	
52GVV60BGVV6EB	5.486290.379	
53GVV60CGVV6EC		
C Equivalente proprio -PDP2S - PDP2E		

51PDP2SAPDP2EA	2.587552.087
52PDP2SBPDP2EB	5.689 88.06
53PDP2SCPDP2EC	
C Equivalente proprio -TBR5S - TBR5E	
51TBR5SATBR5EA	3.230227.295
52TBR5SBTBR5EB	2.096245.522
53TBR5SCTBR5EC	
C Equivalente proprio -RRQ2S - RRQ2E	
51RRQ2SARRQ2EA	8.216736.425
52RRQ2SBRRQ2EB	1.089224.421
53RRQ2SCRRQ2EC	
C Equivalente proprio -SFTM - SFTE	
51SFTMA SFTEA	2.513817.317
52SFTMB SFTEB	1.021322.850
53SFTMC SFTEC	
C Equivalente proprio -FRDR - FRDE	
51FRDRA FRDEA	48.278136.48
52FRDRB FRDEB	6.526277.856
53FRDRC FRDEC	
C Equivalente proprio -STRS - STRE	
51STRSA STREA	3.775529.115
52STRSB STREB	1.2062 27.71
53STRSC STREC	
C Equivalente proprio -TTNQ - TTNE	
51TTNQA TTNEA	2.734926.239
52TTNQB TTNEB	3.659859.154
53TTNQC TTNEC	
C Equivalente proprio -VIA1Q - VIA1E	
51VIA1QAVIA1EA	2.119720.741
52VIA1QBVIA1EB	3.648172.263
53VIA1QCVIA1EC	
C Equivalente proprio -MACQ - MACE	
51MACQA MACEA	8.114181.163
52MACQB MACEB	103.79703.79
53MACQC MACEC	
C Equivalente proprio -VNDQ - VNDE	
51VNDQA VNDEA	-0.68255.024
52VNDQB VNDEB	1266.66801.5
53VNDQC VNDEC	
C Equivalente proprio -JCRQ - JCRE	
C 51JCRQA JCREA	-1.83142.812
C 52JCRQB JCREB	119025119025
C 53JCRQC JCREC	
C Equivalente proprio -SJS1M - SJS1E	
51SJS1MASJS1EA	11.94057.901
52SJS1MBSJS1EB	2.438047.939
53SJS1MCSJS1EC	
C Equivalente proprio -CMPS - CMPE	
51CMPSA CMPEA	3.347215.608
52CMPSB CMPEB	3.450245.602
53CMPSC CMPEC	
C Equivalente proprio -TJPS - TJPE	
51TJPSA TJPEA	0.275510.236
52TJPSB TJPEB	0.569226.862
53TJPSC TJPEC	
C Equivalente proprio -LGSQ - LGSE	
51LGSQA LGSEA	1.357331.602
52LGSQB LGSEB	10.605147.98
53LGSQC LGSEC	
C Equivalente proprio -TBTR - TBTE	
51TBTRA TBTEA	47.069227.11
52TBTRB TBTEB	23.208229.88
53TBTRC TBTEC	
C Equivalente proprio -MSQO - MSQE	
51MSQOA MSQEA	1.018515.880
52MSQOB MSQEB	4.228561.438
53MSQOC MSQEC	
C Equivalente proprio -TJB3S - TJB3E	
51TJB3SATJB3EA	4.065596.325
52TJB3SBTJB3EB	17.859311.37
53TJB3SCTJB3EC	
C 1 2 3 4 5 6 7 8	
C 34567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890	
C BARR1\BARR2\	\-R1-\-----X-----\
51TBR5SAPDP2SA	121222129117

52TBR5SBPDF2SB	39.465509.75
53TBR5SCDP2SC	
51SFTMA RSNMA	675.891201.3
52SFTMB RSNMB	15.87352.934
53SFTMC RSNMC	
51NVGMA SFTMA	44.338129.22
52NVGMB SFTMB	4.285815.127
53NVGMC SFTMC	
51NVGMA RSNMA	1879.23454.3
52NVGMB RSNMB	45.640152.18
53NVGMC RSNMC	
51STRSA RRQ2SA	652.451934.7
52STRSB RRQ2SB	10.508122.41
53STRSC RRQ2SC	
51STRSA TBR5SA	3577.2 4524
52STRSB TBR5SB	6.941595.685
53STRSC TBR5SC	
51VIA1QAJNVQA	-8756.-15854
52VIA1QBJNVQB	36.497149.78
53VIA1QCJNVQC	
51VIA1QARNVQA	143.90472.39
52VIA1QBRNVQB	4.886243.783
53VIA1QCRNVQC	
51MACQA RNVQA	81.096221.05
52MACQB RNVQB	2.753533.686
53MACQC RNVQC	
51ZNSMA SCRMA	1.90596.8575
52ZNSMB SCRMB	0.16781.5354
53ZNSMC SCRMC	
51GRJMA ZNSMA	114.68305.52
52GRJMB ZNSMB	5.920925.408
53GRJMC ZNSMC	
51GRJMA SCRMA	121.83239.76
52GRJMB SCRMB	5.556221.654
53GRJMC SCRMC	
51SJS2MANVGMA	5.149327.339
52SJS2MBNVGMB	1.17246.9556
53SJS2MCNVGMC	
51SJS1MANVGMA	9.062653.172
52SJS1MBNVGMB	2.068913.553
53SJS1MCNVGMC	
51TRM1MASJS1MA	7.332526.779
52TRM1MBSJS1MB	2.70049.2212
53TRM1MCSJS1MC	
51NGRMA SCRMA	16.27955.572
52NGRMB SCRMB	3.028716.515
53NGRMC SCRMC	
51ADRMA SJS1MA	49.243134.57
52ADRMB SJS1MB	7.720432.159
53ADRMC SJS1MC	
51CCPMA SFTMA	434.22759.89
52CCPMB SFTMB	14.78563.885
53CCPMC SFTMC	
51CCPMA RSNMA	962.571649.1
52CCPMB RSNMB	35.073152.59
53CCPMC RSNMC	
51CMPSA RRQ2SA	38.135273.67
52CMPSB RRQ2SB	2.080231.145
53CMPSC RRQ2SC	
51TJPSC CMPSC	3780.7 7637
52TJPSC CMPSC	4.842120.33
53TJPSC CMPSC	
51TJPSC RRQ2SA	1405.6 4097
52TJPSC RRQ2SB	4.5705149.97
53TJPSC RRQ2SC	
51LGSQA TTNQA	7554.88881.7
52LGSQB TTNQB	24.884224.95
53LGSQC TTNQC	
51LGSQA RNVQA	3297.17796.9
52LGSQB RNVQB	103.46423.94
53LGSQC RNVQC	
51GVV6OAMSQOA	31.629279.33
52GVV6OBMSQOB	13.01057.782
53GVV6OCMSQOC	
51TJB3SACMPSA	2653 7397

52TJB3SBCMPSB	34.35838.75		
53TJB3SCCMPSC			
51TJB3SASTRSA	1428.23506.7		
52TJB3SBSTRSB	19.253310.45		
53TJB3SCSTRSC			
51TJB3SARRQ2SA	589.32075.2		
52TJB3SBRRQ2SB	14.990201.57		
53TJB3SCRRQ2SC			
C 3 MAQUINAS			
51X0114AX0001A	.05351364		
52X0114BX0001B	.05351364		
53X0114CX0001C			
C Trafo Elevador BXDD (4398) - BXFS (4288)			
TRANSFORMER	X0002A	1.E6	0
2.44	1180.		
7.09844394	1220.		
13.3360896	1280.		
64.8188076	1310.		
364.769025	1340.		
9999			
1X0001AX0001C	.0001 .0583	13.8	
2BXFSA	.0001	25.54288.68	
TRANSFORMER X0002A	X0002B		0
1X0001BX0001A			
2BXFSB			
TRANSFORMER X0002A	X0002C		0
1X0001CX0001B			
2BXFSC			
X0003A	.0001		0
X0003B	1.E7		0
X0003C	1.E7		0
C GRJAD			
51X0116AGRJADA	.399924		
52X0116BGRJADB	.399924		
53X0116CGRJADC			
51X0115AMSQDA	.399924		
52X0115BMSQDB	.399924		
53X0115CMSQDC			
C GRJBD			
51X0117AGRJBDA	.19044		
52X0117BGRJBDB	.19044		
53X0117CGRJBDC			
C GRJBD			
C LT 500 kV T.Rio - Adrianópolis C2			
1 TRIOSAADRSA	1.213511.20662.877		
2 TRIOSBADRSB	0.876 5.926-7.9111.213511.20662.877		
3 TRIOSCADRSC	0.876 5.926-7.911 0.876 5.926-7.9111.213511.20662.877		
C LT 500 kV T.Rio - Adrianópolis C1			
1 X0118AADRSA	1.213511.20662.877		
2 X0118BADRSB	0.876 5.926-7.9111.213511.20662.877		
3 X0118CADRSC	0.876 5.926-7.911 0.876 5.926-7.9111.213511.20662.877		
C LT 500 kV T.Rio - Nova Iguaçu C2			
1 TRIOSANIGSA	2.3907 12.57105.88		
2 TRIOSBNIGSB	2.0447 7.144-17.572.3907 12.57105.88		
3 TRIOSCNIGSC	2.0447 7.144-17.572.0447 7.144-17.572.3907 12.57105.88		
C LT 500 kV T.Rio - Nova Iguaçu C1			
1 TRIOSANIGSA	2.3907 12.57105.88		
2 TRIOSBNIGSB	2.0447 7.144-17.572.3907 12.57105.88		
3 TRIOSCNIGSC	2.0447 7.144-17.572.0447 7.144-17.572.3907 12.57105.88		
C LT 500 kV T. Rio - Cachoeira Paulista			
-1X0119ATRIOSA	.00037.00113.003041.57E5	0 0	0
-2X0119BTRIOSB	1.7E-5.00031.005341.57E5	0 0	0
-3X0119CTRIOSB			0
C LT 500 kV Cahoeira Paulista - Baixa Fluminense			
-1X0122ABXFSA	.00034.00128.003651.54E5	0 0	0
-2X0122BBXFSB	1.7E-5.00027.006241.54E5	0 0	0
-3X0122CBXFSC			0
C LT 500 kV T.Rio - Resende			
-1X0139ATRIOSA	.0002.00154.00314	9.9E4 0 0	0
-2X0139BTRIOSB	2.3E-5.00035.00472	9.9E4 0 0	0
-3X0139CTRIOSB			0
C Fernão Dias - 500 kV			
C LT 500 kV Fernão Dias - Cachoeiro Paulista			
-1X0120ACCPSA	.0002.00154.00314	1.7E5 0 0	0
-2X0120BCCPSB	2.3E-5.00035.00472	1.7E5 0 0	0

-3X0120CCCPSC		0
C Lorena - 500 kV		
C LT 500 kV Lorena - Cachoeira Paulista		
1 LRNSA CCPSA	2.527713.09877.839	
2 LRNSB CCPSB	2.10596.6544-10.242.527713.09877.839	
3 LRNSC CCPSC	2.10596.6544-10.242.10596.6544-10.242.527713.09877.839	
C LT 500 kV Cachoeiro Paulista - Itajuba 3		
-1CCPSA X0005A	.0002.00154.00314 5.3E4 0 0	0
-2CCPSB X0005B	2.3E-5.00035.00472 5.3E4 0 0	0
-3CCPSC X0005C		0
C Baixada Fluminense - 500 kV		
C Itajuba - 500 kV		
C Estreito - 500 kV		
C LT 500 kV Resende - Cachoeira Paulista		
-1CCPSA X0006A	.0002.00154.00314 5.6E4 0 0	0
-2CCPSB X0006B	2.3E-5.00035.00472 5.6E4 0 0	0
-3CCPSC X0006C		0
C LT 500 kV Fernão Dias - Terminal Rio		
-1FRDSA X0121A	.00035.00135.003293.15E5 0 0	0
-2FRDSB X0121B	1.7E-5.00026.006263.15E5 0 0	0
-3FRDSC X0121C		0
C Campinas - 500 kV		
C Araraquara 2 - 500 kV		
C LT 500 kV Fernão Dias - Campinas		
-1CMPSA FRDSA	.0002.00154.00314 8.6E4 0 0	0
-2CMPSB FRDSB	2.3E-5.00035.00472 8.6E4 0 0	0
-3CMPSC FRDSC		0
C LT 500 kV Fernão Dias - Araraquara		
-1RRQ2SAX0123A	.00037.00149.00275 2.4E5 0 0	0
-2RRQ2SBX0123B	1.7E-5.00027.00612 2.4E5 0 0	0
-3RRQ2SCX0123C		0
C LT 500 kV Fernão Dias - Estreito C1		
-1STRSA FRDSA	.00035.00123.003033.42E5 0 0	0
-2STRSB FRDSB	1.7E-5.00028.005913.42E5 0 0	0
-3STRSC FRDSC		0
C LT 500 kV Fernão Dias - Estreito C1		
-1X0124AFRDSA	.00035.00123.003033.42E5 0 0	0
-2X0124BFRDSB	1.7E-5.00028.005913.42E5 0 0	0
-3X0124CFRDSC		0
C LT 500 kV Cachoeira Paulista - Estreito C1		
-1X0125ACCPSA	.00035.00139.00323 3.6E5 0 0	0
-2X0125BCCPSB	1.4E-5.00022.00755 3.6E5 0 0	0
-3X0125CCCPSC		0
C LT 500 kV Cachoeira Paulista - Estreito C2		
-1STRSA CCPSA	.00035.00139.00323 3.6E5 0 0	0
-2STRSB CCPSB	1.4E-5.00022.00755 3.6E5 0 0	0
-3STRSC CCPSC		0
C Tijuco Preto - 500 kV		
C LT 500 kV Cachoeira Paulista - Tijuco Preto		
-1TJPSCA CCPSA	.00036.00134.003561.82E5 0 0	0
-2TJPSCB CCPSB	1.9E-5.00026.006311.82E5 0 0	0
-3TJPSCC CCPSC		0
C Angra - 500 kV		
C Taubaté - 500 kV		
C LT 500 kV Cachoeiro Paulista - Angra		
-1CCPSA NGRSA	.0002.00152.003191.03E5 0 0	0
-2CCPSB NGRSB	2.3E-5.00036.004641.03E5 0 0	0
-3CCPSC NGRSC		0
C LT 500 kV Cachoeiro Paulista - Taubaté		
-1TBTSA CCPSA	.0004.00118.00298 8.3E4 0 0	0
-2TBTSCB CCPSB	2.5E-5.00033.00496 8.3E4 0 0	0
-3TBTSCC CCPSC		0
C LT 500 kV Tijuco Preto - Lorena		
-1TJPSCA LRNSA	.00036.00143 .00311.65E5 0 0	0
-2TJPSCB LRNSB	2.3E-5.00035.004761.65E5 0 0	0
-3TJPSCC LRNSC		0
C LT 500 kV Tijuco Preto - Taubaté		
-1TJPSCA TBTSA	.0004.00118.002981.09E5 0 0	0
-2TJPSCB TBTSCB	2.5E-5.00033.004961.09E5 0 0	0
-3TJPSCC TBTSC		0
C Zona Oeste - 500 kV		
C LT 500 kV Angra - Zona Oeste		
-1NGRSA ZNSSA	.0002.00154.00314 9.8E4 0 0	0
-2NGRSB ZNSSB	2.3E-5.00036.00472 9.8E4 0 0	0
-3NGRSC ZNSSC		0

C LT 500 kV Angra - Nova Iguaçu			
-1NGRSA NIGSA	.0002.00154.00314	1.1E5 0 0	0
-2NGRSB NIGSB	2.3E-5.00036.00472	1.1E5 0 0	0
-3NGRSC NIGSC			0
C CSA - 500 kV			
C Guerdau - 500 kV			
C LT 500 kV Zona Oeste - Nova Iguaçu			
1 ZNSSA NIGSA	3.074228.389159.29		
2 ZNSSB NIGSB	2.219215.013-20.043.074228.389159.29		
3 ZNSSC NIGSC	2.219215.013-20.042.219215.013-20.043.074228.389159.29		
C LT 500 kV Zona Oeste - CSA C2			
1 ZNSSA CSASA	0.68333.62676.1203		
2 ZNSSB CSASB	0.52081.77420.87430.68333.62676.1203		
3 ZNSSC CSASC	0.52081.77420.87430.52081.77420.87430.68333.62676.1203		
C LT 500 kV Zona Oeste - CSA C1			
1 ZNSSA CSASA	0.68333.62676.1203		
2 ZNSSB CSASB	0.52081.77420.87430.68333.62676.1203		
3 ZNSSC CSASC	0.52081.77420.87430.52081.77420.87430.68333.62676.1203		
C LT 138 kV SFE - Nova Iguaçu C2			
1 NIGMA SFTMA	2.28039.905543.741		
2 NIGMB SFTMB	1.02344.83986.24862.28039.905543.741		
3 NIGMC SFTMC	1.02344.83986.24861.02344.83986.24862.28039.905543.741		
C LT 500 kV Zona Oeste - Guerdau C1			
1 ZNSSA GRDSA	1.4354.31426.1227		
2 ZNSSB GRDSB	1.1852.56420.8747 1.4354.31426.1227		
3 ZNSSC GRDSC	1.1852.56420.8747 1.1852.56420.8747 1.4354.31426.1227		
C Baixada Fluminense - 500 kV			
C LT 500 kV Baixada Fluminense - Adrianópolis C1			
1 X0126ABXFSA	2.910914.236126.43		
2 X0126BBXFSB	2.50437.9453-20.282.910914.236126.43		
3 X0126CBXFSC	2.50437.9453-20.282.50437.9453-20.282.910914.236126.43		
C Grajaú - 500 kV			
C São José - 500 kV			
C LT 500 kV Nova Iguaçu - São José			
1 NIGSA X0127A	2.71415.709106.01		
2 NIGSB X0127B	2.369 8.556-17.36 2.71415.709106.01		
3 NIGSC X0127C	2.369 8.556-17.36 2.369 8.556-17.36 2.71415.709106.01		
C LT 500 kV Adrianópolis - São José			
1 X0136ASJS1SA	3.8687 22.71153.91		
2 X0136BSJS1SB	3.370412.447-23.153.8687 22.71153.91		
3 X0136CSJS1SC	3.370412.447-23.153.370412.447-23.153.8687 22.71153.91		
C LT 500 kV Nova Iguaçu - Grajaú			
1 NIGSA GRJSA	3.802335.112197.01		
2 NIGSB GRJSB	2.744818.568-24.793.802335.112197.01		
3 NIGSC GRJSC	2.744818.568-24.792.744818.568-24.793.802335.112197.01		
C LT 500 kV Adrianópolis - Grajaú			
-1ADRSA GRJSA	.00032.00144.00326	5.5E4 0 0	0
-2ADRSB GRJSB	1.5E-5.00031.00537	5.5E4 0 0	0
-3ADRSC GRJSC			0
C Lagos - 500 kV			
C CAMPOS - 500 kV			
C Mutum - 500 kV			
C Governador Valadares 6 - 500 kV			
C Mesquita - 500 kV			
C Viana - 500 kV			
C Itabira 5 - 500 kV			
C Rio Novo Sul - 500 kV			
C João Neiva - 500 kV			
C LT 500 kV Mutum - Rio Novo Sul			
-1MTMSA RNVSA	.00037.00107.003351.32E5	0 0	0
-2MTMSB RNVSB	1.7E-5.00026.006341.32E5	0 0	0
-3MTMSC RNVSC			0
C LT 500 kV Mutum - Viana			
-1MTMSA VIASA	.0003.00106.00309	1.2E5 0 0	0
-2MTMSB VIASB	2.3E-5.00035.00474	1.2E5 0 0	0
-3MTMSC VIASC			0
C LT 500 kV Mutum - Governador Valadares 6 - C1			
-1MTMSA GVV6SA	.00035.00114.003181.56E5	0 0	0
-2MTMSB GVV6SB	1.4E-5.00019.008661.56E5	0 0	0
-3MTMSC GVV6SC			0
C LT 500 kV Mutum - Governador Valadares 6 - C2			
-1MTMSA X0133A	.00035.00114.003181.56E5	0 0	0
-2MTMSB X0133B	1.4E-5.00019.008661.56E5	0 0	0
-3MTMSC X0133C			0
C LT 500 kV Mutum - Mesquita			

-1MTMSA X0134A	.0003.00106.003091.33E5	0	0	0
-2MTMSB X0134B	2.3E-5.00035.004741.33E5	0	0	0
-3MTMSC X0134C				0
C LT 500 kV Mesquita - João Neiva				
-1MSQSA JNVSA	.00037.00113.003042.36E5	0	0	0
-2MSQSB JNVSB	1.7E-5.00031.005342.36E5	0	0	0
-3MSQSC JNVSC				0
C LT 500 kV Mesquita - Itabira 5 - C1				
-1MSQSA TBR5SA	.0002.00154.00314	7.E4	0	0
-2MSQSB TBR5SB	2.3E-5.00035.00472	7.E4	0	0
-3MSQSC TBR5SC				0
C LT 500 kV Mesquita - Itabira 5 - C2				
-1MSQSA TBR5SA	.00034.00131.00306	9.4E4	0	0
-2MSQSB TBR5SB	2.4E-5.00035.00466	9.4E4	0	0
-3MSQSC TBR5SC				0
C Padre Paraíso - 500 kV				
C LT 500 kV Governador Valadares - Padre Paraíso - C1				
-1GVV6SAPDP2SA	.00035.00114.00317	2.E5	0	0
-2GVV6SBPDP2SB	1.4E-5.00019.00866	2.E5	0	0
-3GVV6SCPDP2SC				0
C LT 500 kV Governador Valadares - Padre Paraíso - C2				
-1GVV6SAPDP2SA	.00035.00114.00317	2.03E5	0	0
-2GVV6SBPDP2SB	1.4E-5.00019.00866	2.03E5	0	0
-3GVV6SCPDP2SC				0
51X0135AX0007A	.08436492			
52X0135BX0007B	.08436492			
53X0135CX0007C				
C Trafo Elevador NGR1D (3581) - NGRS (3745)				
TRANSFORMER	5.6024	1190.X0008A	1.E6	0
	5.6024	1190.		
	12.7047	1310.		
	29.7686	1390.		
	161.0393	1410.		
	587.3399	1550.		
	9999			
1X0007A	.0001.01876	7.967		
2NGRSA	.000124.625288.68			
TRANSFORMER X0008A		X0008B		0
1X0007B				
2NGRSB				
TRANSFORMER X0008A		X0008C		0
1X0007C				
2NGRSC				
C Trafo Governador Valadares 6 500/230/13.8 - 2 x 600 MVA - MODIFICADO				
TRANSFORMER	13.951081.8X0009A	1.E6		0
	13.95	1081.7826		
	27.15	1179.0731		
	68.07	1287.2514		
	128.79	1348.4825		
	295.29	1398.4263		
	2281.6	1797.9766		
	4204.93	2117.6169		
	9999			
1GVV6SA	.5719	22.9288.68		
2GVV6OA	.0007	.026132.79		
3X0010AX0010B	.0037	.15	13.8	
TRANSFORMER X0009A		X0009B		0
1GVV6SB				
2GVV6OB				
3X0010BX0010C				
TRANSFORMER X0009A		X0009C		0
1GVV6SC				
2GVV6OC				
3X0010CX0010A				
C Adrianópolis - 345 kV				
C LT 345 kV Comperj - Lagos C1				
-1CPRJQALGSQA	.00021.00163	.00291.14E5	0	0
-2CPRJQBLGSQB	3.4E-5.00037.004441.14E5	0	0	0
-3CPRJQCLGSQC				0
C LT 345 kV Adrianópolis - Itutinga C1				
-1ADRQA TTNQA	.00035.00114.00317	1.99E5	0	0
-2ADRQB TTNQB	4.E-5.00019.00866	1.99E5	0	0
-3ADRQC TTNQC				0
C LT 345 kV Adrianópolis - Itutinga C2				
-1ADRQA TTNQA	.0004.00147.003091.99E5	0	0	0

-2ADRQB TTNQB	4.E-5.00039.004251.99E5	0 0	0
-3ADRQC TTNQC			0
C LT 345 kV Adrianópolis - Comperj C1			
-1ADRQA CPRJQA	.00021.00163 .0029	5.9E4 0 0	0
-2ADRQB CPRJQB	3.4E-5.00037.00444	5.9E4 0 0	0
-3ADRQC CPRJQC			0
C LT 345 kV Lagos - Macaé C1			
-1LGSQA MACQA	.00021.00163 .0029	1.2E4 0 0	0
-2LGSQB MACQB	3.4E-5.00037.00444	1.2E4 0 0	0
-3LGSQC MACQC			0
C LT 345 kV Lagos - Macaé C1			
-1LGSQA MACQA	.00041.00149.00303	1.6E4 0 0	0
-2LGSQB MACQB	3.4E-5.00037.00446	1.6E4 0 0	0
-3LGSQC MACQC			0
C LT 345 kV Adrianópolis - Venda das Pedras C1			
-1ADRQA VNDQA	.00038 .0015.002731.06E5	0 0	0
-2ADRQB VNDQB	3.4E-5.00038.004321.06E5	0 0	0
-3ADRQC VNDQC			0
C LT 345 kV Venda das Pedras - Macaé C1			
-1VNDQA MACQA	.00038 .0015.002731.16E5	0 0	0
-2VNDQB MACQB	3.4E-5.00038.004321.16E5	0 0	0
-3VNDQC MACQC			0
C LT 345 kV Adrianópolis - Jacarepaguá C1			
-1ADRQA JCRQA	.0002.00154.00314	3.8E4 0 0	0
-2ADRQB JCRQB	2.3E-5.00035.00472	3.8E4 0 0	0
-3ADRQC JCRQC			0
C LT 345 kV Adrianópolis - Nova Iguaçu C1			
-1NIGQA ADRQA	.0002.00154.0031413400.	0 0	0
-2NIGQB ADRQB	2.3E-5.00035.0047213400.	0 0	0
-3NIGQC ADRQC			0
C LT 345 kV Nova Iguaçu - Jacarepaguá C1			
-1NIGQA JCRQA	.0002.00154.0031428600.	0 0	0
-2NIGQB JCRQB	2.3E-5.00035.0047228600.	0 0	0
-3NIGQC JCRQC			0
C LT 345 kV Viana 2- Viana C2			
-1VIA1QAVIA2QA	.00029.00108.00243	7500. 0 0	0
-2VIA1QBVIA2QB	3.5E-5.00036 .0046	7500. 0 0	0
-3VIA1QCVIA2QC			0
C LT 345 kV Rio Novo Sul - Viana C1			
-1RNVQA VIA1QA	.00024.00093.00291	8.5E4 0 0	0
-2RNVQB VIA1QB	3.5E-5.00037.00443	8.5E4 0 0	0
-3RNVQC VIA1QC			0
C LT 345 kV Viana 2- Viana C1			
-1VIA1QAVIA2QA	.00029.00108.00243	7500. 0 0	0
-2VIA1QBVIA2QB	3.5E-5.00036 .0046	7500. 0 0	0
-3VIA1QCVIA2QC			0
C LT 345 kV Viana 2 - João Neiva 2 C1			
-1JNVQA VIA2QA	.00034.00114.00268	7.6E4 0 0	0
-2JNVQB VIA2QB	3.4E-5.00036.00462	7.6E4 0 0	0
-3JNVQC VIA2QC			0
C LT 440 kV Fernão Dias - Taubaté C1			
-1FRDRA TBTRA	.00019.00094.0031898400.	0 0	0
-2FRDRB TBTRB	2.5E-5.00034.0049298400.	0 0	0
-3FRDRC TBTRC			0
C Fernão Dias - 440 kV			
C Fernão Dias - 440 kV			
C Rio Novo Sul - 345 kV			
C Viana - 345 kV			
C Viana - 345 kV			
C Viana - 345 kV			
C Itutinga - 345 kV			
C Macaé - 345 kV			
C Jacarepaguá - 345 kV			
C Comperj - 345 kV			
C Lagos - 345 kV			
C Venda das Pedras - 345 kV			
C Trafo Adrianópolis 500/345/13.8 - 3x560 MVA - MODIFICADO			
TRANSFORMER	5.1562.5X0011A	1.E6	0
5.	1562.5		
12.5	1662.5		
32.5	1768.75		
60.	1812.5		
120.	1868.75		
180.	1906.25		
300.	2.E3		

	450.	2100.	
	9999		
1X0128A		.499319.972288.68	
2ADRQA		.001 .0397199.19	
3X0012AX0012B		.0088 .3524 13.8	
TRANSFORMER X0011A		X0011B	0
1X0128B			
2ADRQB			
3X0012BX0012C			
TRANSFORMER X0011A		X0011C	0
1X0128C			
2ADRQC			
3X0012CX0012A			
C RESISTENCIA PARA ATERRAMENTO DO TERCIARIO DO TRANSFORMADOR			
X0012A	1.E6		0
X0012B	1.E6		0
X0012C	1.E6		0
C Trafo São José 525/138/13.8 - 5 x 600 MVA - MODIFICADO			
TRANSFORMER	9.75	906.X0013A 1.E6	0
	9.75	906.	
	12.2	1140.	
	21.1	1230.	
	46.	1340.	
	192.	1440.	
	1400.	1590.	
	2330.	1710.	
	2790.	1750.	
	4350.	1900.	
	9999		
1X0137A		.298111.925303.11	
2SJS1MA		.0001 .0038 79.67	
3X0014AX0014B		.0044 .1764 13.8	
TRANSFORMER X0013A		X0013B	0
1X0137B			
2SJS1MB			
3X0014BX0014C			
TRANSFORMER X0013A		X0013C	0
1X0137C			
2SJS1MC			
3X0014CX0014A			
C RESISTENCIA PARA ATERRAMENTO DO TERCIARIO DO TRANSFORMADOR			
X0014A	1.E6		0
X0014B	1.E6		0
X0014C	1.E6		0
C São José - 138 kV			
C Trafo Rio Novo Sul 500/345/13.8 - 1x1050 MVA - MODIFICADO			
TRANSFORMER	4.8991193.9X0015A 1.E6		0
	4.8989794856	1193.910727	
	6.531972647	1307.61651	
	7.348469228	1330.357667	
	11.43095213	1364.469402	
	62.05374015	1387.210559	
	140.4374119	1409.951716	
	233.7466412	1432.692872	
	280.4012558	1444.063451	
	420.3814297	1478.175186	
	9999		
1RNVSA		.536921.475288.68	
2RNVQA		.003 .0119199.19	
3X0016AX0016B		.02991.1941 13.8	
TRANSFORMER X0015A		X0015B	0
1RNVSE			
2RNVQB			
3X0016BX0016C			
TRANSFORMER X0015A		X0015C	0
1RNVSC			
2RNVQC			
3X0016CX0016A			
C RESISTENCIA PARA ATERRAMENTO DO TERCIARIO DO TRANSFORMADOR			
X0016A	1.E6		0
X0016B	1.E6		0
X0016C	1.E6		0
C Trafo Zona Oeste 525/138/13.8 - 2 x 900 MVA - MODIFICADO			
TRANSFORMER	3.35931276.9X0017A 1.E6		0
	3.359300219	1276.915949	

5.150927002	1288.286527		
10.73576362	1320.124147		
80.34326356	1386.073501		
326.4120046	1436.104046		
808.471586	1524.794557		
1293.890468	1615.759184		
9999			
1ZNSSA	.493819.753303.11		
2ZNSMA	.0002 .0095 79.67		
3X0018AX0018B	.0177 .7081 13.8		
TRANSFORMER X0017A	X0017B		0
1ZNSSB			
2ZNSMB			
3X0018BX0018C			
TRANSFORMER X0017A	X0017C		0
1ZNSSC			
2ZNSMC			
3X0018CX0018A			
C RESISTENCIA PARA ATERRAMENTO DO TERCIARIO DO TRANSFORMADOR			
X0018A	1.E6		0
X0018B	1.E6		0
X0018C	1.E6		0
C Zona Oeste - 138 kV			
C Trafo Nova Iguaçu 500/138/13.8 - 3 x 900 MVA - MOD			
TRANSFORMER	8.82 1180.X0019A 1.E6		0
8.82	1180.		
25.6	1220.		
48.	1280.		
228.	1310.		
1220.	1350.		
9999			
1NIGSA	.297911.917288.68		
2NIGMA	.0002 .0063 79.67		
3X0020AX0020B	.0134 .5372 13.8		
TRANSFORMER X0019A	X0019B		0
1NIGSB			
2NIGMB			
3X0020BX0020C			
TRANSFORMER X0019A	X0019C		0
1NIGSC			
2NIGMC			
3X0020CX0020A			
C RESISTENCIA PARA ATERRAMENTO DO TERCIARIO DO TRANSFORMADOR			
X0020A	1.E6		0
X0020B	1.E6		0
X0020C	1.E6		0
C Nova Iguaçu- 138 kV			
C Trafo Grajaú 525/138/13.8 -0.0925 - 600 MVA - MOD			
TRANSFORMER	.09058851.49X0021A 1.E6		0
0.090579798	851.4857598		
9.331389496	1250.763619		
93.31389496	1421.322294		
217.5146892	1532.753962		
373.2555799	1648.733861		
933.1389496	1932.99832		
9999			
1GRJSA	1.377 55.1303.11		
2GRJMA XX0022	.0005 .019 79.67		
3GRJADAGRJADB	.0045 .179 13.8		
TRANSFORMER X0021A	X0021B		0
1GRJSB			
2GRJMB XX0022			
3GRJADBGRJADC			
TRANSFORMER X0021A	X0021C		0
1GRJSC			
2GRJMC XX0022			
3GRJADCGRJADA			
C RESISTENCIA PARA ATERRAMENTO DO TERCIARIO DO TRANSFORMADOR			
X0023A	1.E6		0
X0023B	1.E6		0
X0023C	1.E6		0
C Grajaú - 138 kV			
C Trafo Mesquita 500/230/13.8 - 4 x 400 MVA - MODIFICADO			
TRANSFORMER	18.6051081.8X0024A 1.E6		0
18.6048	1081.7826		

36.2039	1179.0731		
90.7611	1287.2514		
171.717	1348.4825		
393.7171	1398.4263		
3042.1305	1797.9766		
5606.5711	2117.6169		
9999			
1MSQSA	1.545261.807288.68		
2MSQOA	.0013 .0529132.79		
3MSQDA MSQDB	.011 .4403 13.8		
TRANSFORMER X0024A	X0024B	0	
1MSQSB			
2MSQOB			
3MSQDB MSQDC			
TRANSFORMER X0024A	X0024C	0	
1MSQSC			
2MSQOC			
3MSQDC MSQDA			
C Mesquita - 230 kV			
C Trafo Mesquita 500/230/13.8 - 4 x 400 MVA - MODIFICADO			
TRANSFORMER	18.6051081.8X0025A 1.E6	0	
18.6048	1081.7826		
36.2039	1179.0731		
90.7611	1287.2514		
171.717	1348.4825		
393.7171	1398.4263		
3042.1305	1797.9766		
5606.5711	2117.6169		
9999			
1MSQSA	1.545261.807288.68		
2MSQOA	.0013 .0529132.79		
3X0026AX0026B	.011 .4403 13.8		
TRANSFORMER X0025A	X0025B	0	
1MSQSB			
2MSQOB			
3X0026BX0026C			
TRANSFORMER X0025A	X0025C	0	
1MSQSC			
2MSQOC			
3X0026CX0026A			
C Trafo Rio Novo Sul 500/345/13.8 - 1x1050 MVA			
TRANSFORMER	X0029A 1.E6	0	
9999			
1X0027A	.74 29.62288.68		
2X0028A	-.0098 -.39199.19		
3X0030AX0030B	.0295 1.18 13.8		
TRANSFORMER X0029A	X0029B	0	
1X0027B			
2X0028B			
3X0030BX0030C			
TRANSFORMER X0029A	X0029C	0	
1X0027C			
2X0028C			
3X0030CX0030A			
C RESISTENCIA PARA ATERRAMENTO DO TERCIARIO DO TRANSFORMADOR			
X0030A	1.E6	0	
X0030B	1.E6	0	
X0030C	1.E6	0	
C Trafo Viana 2 500/345/13.8 - 2 x900 MVA - MOD			
TRANSFORMER	X0031A 1.E6	0	
9999			
1VIASA	.4677 18.7288.68		
2VIA2QA	.0015 .06199.19		
3X0032AX0032B	.0142 .57 13.8		
TRANSFORMER X0031A	X0031B	0	
1VIASB			
2VIA2QB			
3X0032BX0032C			
TRANSFORMER X0031A	X0031C	0	
1VIASC			
2VIA2QC			
3X0032CX0032A			
C RESISTENCIA PARA ATERRAMENTO DO TERCIARIO DO TRANSFORMADOR			
X0032A	1.E6	0	
X0032B	1.E6	0	

X0032C	1.E6		0
C RESISTENCIA PARA ATERRAMENTO DO TERCIARIO DO TRANSFORMADOR			
X0010A	1.E6		0
X0010B	1.E6		0
X0010C	1.E6		0
C Governador Valadares 6 - 230 kV			
C Trafo Nova Iguaçu 500/345/13.8 - 1 x 900 MVA - MODIFICADO			
TRANSFORMER	5.14	542.X0033A 1.E6	0
	5.14	542.	
	31.4	1080.	
	61.1	1220.	
	132.	1320.	
	203.	1370.	
	1210.	1510.	
	9999		
1NIGSA	1.008	40.31288.68	
2NIGQA	.0003	.01199.18	
3X0034AX0034B	.1383	5.53 13.8	
TRANSFORMER X0033A		X0033B	0
1NIGSB			
2NIGQB			
3X0034BX0034C			
TRANSFORMER X0033A		X0033C	0
1NIGSC			
2NIGQC			
3X0034CX0034A			
C RESISTENCIA PARA ATERRAMENTO DO TERCIARIO DO TRANSFORMADOR			
X0034A	1.E6		0
X0034B	1.E6		0
X0034C	1.E6		0
C Nova Iguaçu- 345 kV			
C Trafo Fernão Dias 500/440/13.8 - 3 x 1200 MVA - MODIFICADO			
TRANSFORMER	19.9291191.2	X0035A 1.E6	0
	19.929403	1193.910727	
	45.19452	1310.3005	
	105.896345	1392.6004	
	572.867217	1409.3852	
	2089.351572	1548.5369	
	9999		
1FRDSA	.1979	7.9288.68	
2FRDRA	.0016	.06254.03	
3X0036AX0036B	.0151	.6 13.8	
TRANSFORMER X0035A		X0035B	0
1FRDSB			
2FRDRB			
3X0036BX0036C			
TRANSFORMER X0035A		X0035C	0
1FRDSC			
2FRDRC			
3X0036CX0036A			
C RESISTENCIA PARA ATERRAMENTO DO TERCIARIO DO TRANSFORMADOR			
X0036A	1.E6		0
X0036B	1.E6		0
X0036C	1.E6		0
C Fernão Dias 440 kV			
C Trafo 1 Taubaté 500/440/13.8 - 1 x 900 MVA - MODIFICADO			
TRANSFORMER	3.3216	1190.X0037A 1.E6	0
	6.64313434	1191.	
	15.0648401	1310.	
	35.2987817	1393.	
	190.955739	1409.	
	696.450524	1549.	
	9999		
1TBTSA	.6375	25.5288.68	
2TBTRA	.0048	.194254.03	
3X0038AX0038B	.029	1.16 13.8	
TRANSFORMER X0037A		X0037B	0
1TBTSE			
2TBTRE			
3X0038BX0038C			
TRANSFORMER X0037A		X0037C	0
1TBTSC			
2TBTRE			
3X0038CX0038A			
C RESISTENCIA PARA ATERRAMENTO DO TERCIARIO DO TRANSFORMADOR			

X0038A	1.E6		0
X0038B	1.E6		0
X0038C	1.E6		0
C Taubaté 440 kV			
C Trafo C. Paulista 525/138/13.8 - 2 x 250 MVA			
TRANSFORMER	591.6388.54	X0039A 1.E6	0
	591.6	388.544	
	739.5	400.499	
	1109.25	418.432	
	1479.	436.365	
	2218.5	478.208	
	2958.	508.096	
	9999		
1CCPMA	.0017	.066 79.67	
2CCPSA	1.49	59.63303.11	
3X0141AX0141B	.0054	.218 13.8	
TRANSFORMER X0039A		X0039B	0
1CCPMB			
2CCPSB			
3X0141BX0141C			
TRANSFORMER X0039A		X0039C	0
1CCPMC			
2CCPSC			
3X0141CX0141A			
C RESISTENCIA PARA ATERRAMENTO DO TERCIARIO DO TRANSFORMADOR			
X0141A	1.E6		0
X0141B	1.E6		0
X0141C	1.E6		0
C Trafo Resende 525/138/13.8 - 1 x 300 MVA - MODIFICADO			
TRANSFORMER	.21211218.9	X0040A 1.E6	0
	0.2121	1218.926	
	4.4413	1245.0783	
	8.4916	1290.5606	
	66.9994	1387.2106	
	126.3937	1447.4746	
	183.2218	1498.6422	
	9999		
1RSNSA	3.2317	129.3303.11	
2RSNMA	.0005	.019 79.67	
3X0041AX0041B	.0266	1.063 13.8	
TRANSFORMER X0040A		X0040B	0
1RSNSB			
2RSNMB			
3X0041BX0041C			
TRANSFORMER X0040A		X0040C	0
1RSNSC			
2RSNMC			
3X0041CX0041A			
C RESISTENCIA PARA ATERRAMENTO DO TERCIARIO DO TRANSFORMADOR			
X0041A	1.E6		0
X0041B	1.E6		0
X0041C	1.E6		0
C Trafo Resende 525/34.5/13.8 - 1 x 150 MVA - MODIFICADO - Sat resende 500/138			
TRANSFORMER	.3919	1180.X0042A 1.E6	0
	0.3919	1180.	
	1.1358	1220.	
	2.1339	1280.	
	10.1255	1310.	
	54.3064	1350.	
	9999		
1RSNSA	4.9613	198.5303.11	
2RSNHA	3.E-5	.001 19.91	
3X0043AX0043B	.0461	1.845 13.8	
TRANSFORMER X0042A		X0042B	0
1RSNSB			
2RSNHB			
3X0043BX0043C			
TRANSFORMER X0042A		X0042C	0
1RSNSC			
2RSNHC			
3X0043CX0043A			
C RESISTENCIA PARA ATERRAMENTO DO TERCIARIO DO TRANSFORMADOR			
X0043A	1.E6		0
X0043B	1.E6		0
X0043C	1.E6		0

C Resende 34.5 kV			
C Angra - 138 kV			
C Trafo CSA2 500/138 - 1 x 300 MVA			
TRANSFORMER	1.2248	1080.X0045A	1.E6
	1.2248	1080.	0
	2.9827	1190.	
	4.6388	1300.	
	11.6943	1320.	
	20.5701	1340.	
	28.8256	1350.	
	44.1008	1360.	
	100.7042	1370.	
	622.798	1520.	
	9999		
1X0044A	1.25	50.288.68	
2CSAMA	.0952	3.809 79.67	
TRANSFORMER X0045A		X0045B	0
1X0044B			
2CSAMB			
TRANSFORMER X0045A		X0045C	0
1X0044C			
2CSAMC			
C Trafo CSA1 500/138 - 1 x 300 MVA			
TRANSFORMER	1.2248	1080.X0047A	1.E6
	1.2248	1080.	0
	2.9827	1190.	
	4.6388	1300.	
	11.6943	1320.	
	20.5701	1340.	
	28.8256	1350.	
	44.1008	1360.	
	100.7042	1370.	
	622.798	1520.	
	9999		
1X0046A	1.25	50.288.68	
2CSAMA	.0952	3.809 79.67	
TRANSFORMER X0047A		X0047B	0
1X0046B			
2CSAMB			
TRANSFORMER X0047A		X0047C	0
1X0046C			
2CSAMC			
C CSA - 138 kV			
C Resende 138 kV			
C Reator de Linha LT 500kV João Neiva 2 - Mesquita 100var			
JNVSA	8.3333	2500.	0
JNVSB	8.3333	2500.	0
JNVSC	8.3333	2500.	0
C Reator de Linha LT 500kV João Neiva 2 - Mesquita 100Mvar			
MSQSA	8.3333	2500.	0
MSQSB	8.3333	2500.	0
MSQSC	8.3333	2500.	0
C Reator de Linha LT 500kV Mutum - Rio Novo Sul 100Mvar			
RNVSA	8.3333	2500.	0
RNVSB	8.3333	2500.	0
RNVSC	8.3333	2500.	0
C Reator de Linha LT 500kV Mesquita - Mutum 136Mvar			
X0134A	6.1271838.2		0
X0134B	6.1271838.2		0
X0134C	6.1271838.2		0
C LT 500 kV Nova Iguaçu - Taubaté			
-1TBTSA NIGSA	.00034	.0013.003212.31E5 0 0	0
-2TBTSE NIGSB	1.8E-5	.00026.006212.31E5 0 0	0
-3TBTSC NIGSC			0
C Reator de Linha LT 500kV Taubaté - Nova Iguaçu 136Mvar			
NIGSA	6.1271838.2		0
NIGSB	6.1271838.2		0
NIGSC	6.1271838.2		0
C Reator de Linha LT 500kV Cachoeira Pauista - Resende 136Mvar			
CCPSA	6.1271838.2		0
CCPSB	6.1271838.2		0
CCPSC	6.1271838.2		0
C Reator de Linha LT 500kV Angra - Zona Oeste 136Mvar			
NGRSA	6.1271838.2		0
NGRSB	6.1271838.2		0

NGRSC	6.1271838.2	0
C Reator de Linha LT 500kV Estreito - Fernão Dias c1 136Mvar		
STRSA	6.1271838.2	0
STRSB	6.1271838.2	0
STRSC	6.1271838.2	0
C Reator de Linha LT 500kV Estreito - Fernão Dias c1 136Mvar		
FRDSA	6.1271838.2	0
FRDSB	6.1271838.2	0
FRDSC	6.1271838.2	0
C Reator de Linha LT 500kV Estreito - Fernão Dias c2 136Mvar		
X0124A	6.1271838.2	0
X0124B	6.1271838.2	0
X0124C	6.1271838.2	0
C Reator de Linha LT 500kV Estreito - Fernão Dias c2 136Mvar		
FRDSA	6.1271838.2	0
FRDSB	6.1271838.2	0
FRDSC	6.1271838.2	0
C Reator de Linha LT 500kV Terminal Rio - Fernão Dias 136Mvar		
FRDSA	6.1271838.2	0
FRDSB	6.1271838.2	0
FRDSC	6.1271838.2	0
C Reator de Linha LT 500kV Terminal Rio - Fernão Dias 136Mvar		
X0121A	6.1271838.2	0
X0121B	6.1271838.2	0
X0121C	6.1271838.2	0
C Reator de Linha LT 500kV Araraquara 2 - Fernão Dias 136Mvar		
RRQ2SA	6.1271838.2	0
RRQ2SB	6.1271838.2	0
RRQ2SC	6.1271838.2	0
C Reator de Linha LT 500kV Araraquara 2 - Fernão Dias 136Mvar		
X0123A	6.1271838.2	0
X0123B	6.1271838.2	0
X0123C	6.1271838.2	0
C LT 500 kV Araraquara 2 - Taubaté		
-1RRQ2SATBTSA	.00021 .0008.003283.56E5 0 0	0
-2RRQ2SBTBTB	1.9E-5.00032.005163.56E5 0 0	0
-3RRQ2SCTBTSC		0
C Reator de Linha LT 500kV Taubaté - Araraquara 2 136Mvar		
TBTSA	6.1271838.2	0
TBTB	6.1271838.2	0
TBTSC	6.1271838.2	0
C Reator de Linha LT 500kV Taubaté - Araraquara 2 136Mvar		
RRQ2SA	6.1271838.2	0
RRQ2SB	6.1271838.2	0
RRQ2SC	6.1271838.2	0
C Reator de Linha LT 500kV Lagos - Terminal Rio c1 50Mvar		
X0130A	16.667 5.E3	0
X0130B	16.667 5.E3	0
X0130C	16.667 5.E3	0
C Reator de Linha LT 500kV Lagos - Terminal Rio c2 50Mvar		
TRIOSA	16.667 5.E3	0
TRIOSB	16.667 5.E3	0
TRIOSC	16.667 5.E3	0
C Reator de Linha LT 500kV Campos - Mutum 60Mvar c1		
CMPOSA	13.8894166.7	0
CMPOSB	13.8894166.7	0
CMPOSC	13.8894166.7	0
C Reator de Linha LT 500kV Campos - Mutum 60Mvar c1		
MTMSA	13.8894166.7	0
MTMSB	13.8894166.7	0
MTMSC	13.8894166.7	0
C Reator de Linha LT 500kV Estreito - Cachoeira Paulista c1 240Mvar		
X0125A	3.4721041.7	0
X0125B	3.4721041.7	0
X0125C	3.4721041.7	0
C Reator de Linha LT 500kV Estreito - Cachoeira Paulista c1 240Mvar		
CCPSA	3.4721041.7	0
CCPSB	3.4721041.7	0
CCPSC	3.4721041.7	0
C Reator de Linha LT 500kV Estreito - Cachoeira Paulista c2 240Mvar		
STRSA	3.4721041.7	0
STRSB	3.4721041.7	0
STRSC	3.4721041.7	0
C Reator de Linha LT 500kV Estreito - Cachoeira Paulista c2 240Mvar		
CCPSA	3.4721041.7	0

CCPSB	3.4721041.7	0
CCPSC	3.4721041.7	0
C Reator de Linha LT 500kV	Padre Paraíso 2 - Governador Valadares c1 6 145Mvar	
GVV6SA	5.7471724.1	0
GVV6SB	5.7471724.1	0
GVV6SC	5.7471724.1	0
C Reator de Linha LT 500kV	Padre Paraíso 2 - Governador Valadares c1 6 145Mvar	
PDP2SA	5.7471724.1	0
PDP2SB	5.7471724.1	0
PDP2SC	5.7471724.1	0
C Reator de Linha LT 500kV	Padre Paraíso 2 - Governador Valadares c2 6 145Mvar	
GVV6SA	5.7471724.1	0
GVV6SB	5.7471724.1	0
GVV6SC	5.7471724.1	0
C Reator de Linha LT 500kV	Padre Paraíso 2 - Governador Valadares c2 6 145Mvar	
PDP2SA	5.7471724.1	0
PDP2SB	5.7471724.1	0
PDP2SC	5.7471724.1	0
C Reator de Linha LT 500kV	Campos - Mutum 60Mvar c2	
CMPOSA	13.8894166.7	0
CMPOSB	13.8894166.7	0
CMPOSC	13.8894166.7	0
C Reator de Linha LT 500kV	Campos - Mutum 60Mvar c2	
MTMSA	13.8894166.7	0
MTMSB	13.8894166.7	0
MTMSC	13.8894166.7	0
C Reator de Linha LT 500kV	Governador Valadares 6 - Mutum c1 105Mvar	
MTMSA	7.93652380.9	0
MTMSB	7.93652380.9	0
MTMSC	7.93652380.9	0
C Reator de Linha LT 500kV	Governador Valadares 6 - Mutum c1 105Mvar	
GVV6SA	7.93652380.9	0
GVV6SB	7.93652380.9	0
GVV6SC	7.93652380.9	0
C Reator de Linha LT 500kV	Governador Valadares 6 - Mutum c2 105Mvar	
MTMSA	7.93652380.9	0
MTMSB	7.93652380.9	0
MTMSC	7.93652380.9	0
C Reator de Linha LT 500kV	Governador Valadares 6 - Mutum c2 105Mvar	
X0133A	7.93652380.9	0
X0133B	7.93652380.9	0
X0133C	7.93652380.9	0
C Reator de Linha LT 440kV	Fernão Dias - Taubaté 180Mvar	
TBTRA	3.5851075.6	0
TBTRB	3.5851075.6	0
TBTRC	3.5851075.6	0
C Reator de Linha LT 500kV	Campinas - Fernão Dias 112,4Mvar	
CMPSA	7.4142224.2	0
CMPSB	7.4142224.2	0
CMPSC	7.4142224.2	0
C Reator de Barra Campinas	500kV 136Mvar	
CMPSA	6.1271838.2	0
CMPSB	6.1271838.2	0
CMPSC	6.1271838.2	0
C Reator de Barra Cachoeira Paulista	500kV 136Mvar	
CCPSA	6.1271838.2	0
CCPSB	6.1271838.2	0
CCPSC	6.1271838.2	0
C Reator de Barra Adrianópolis	500kV 136Mvar	
ADRSA	6.1271838.2	0
ADRSB	6.1271838.2	0
ADRSC	6.1271838.2	0
C Reator de Barra Adrianópolis	500kV 136Mvar	
ADRSA	6.1271838.2	0
ADRSB	6.1271838.2	0
ADRSC	6.1271838.2	0
C Reator de Barra Viana	500kV 136Mvar	
X0048A	6.1271838.2	0
X0048B	6.1271838.2	0
X0048C	6.1271838.2	0
C Reator de Barra Fernão Dias	500kV 180Mvar	
FRDSA	4.631388.9	0
FRDSB	4.631388.9	0
FRDSC	4.631388.9	0
C Reator de Barra Fernão Dias	500kV 180Mvar	

FRDSA	4.631388.9	0
FRDSB	4.631388.9	0
FRDSC	4.631388.9	0
C Reator de Barra 500kV Itabira 5 100Mvar		
TBR5SA	8.3333 2500.	0
TBR5SB	8.3333 2500.	0
TBR5SC	8.3333 2500.	0
C Reator de Barra 500kV Mutum 100Mvar		
MTMSA	8.3333 2500.	0
MTMSB	8.3333 2500.	0
MTMSC	8.3333 2500.	0
C Reator de Barra 500kV Mutum 100Mvar		
X0049A	8.3333 2500.	0
X0049B	8.3333 2500.	0
X0049C	8.3333 2500.	0
C Reator de Barra 500kV Governador Valadares 6 150Mvar		
X0050A	5.55561666.7	0
X0050B	5.55561666.7	0
X0050C	5.55561666.7	0
C Reator de Barra 500kV Governador Valadares 6 150Mvar		
X0051A	5.55561666.7	0
X0051B	5.55561666.7	0
X0051C	5.55561666.7	0
C Reator de Barra 500kV Padre Paraíso 2 150Mvar		
X0052A	5.55561666.7	0
X0052B	5.55561666.7	0
X0052C	5.55561666.7	0
C Reator de Barra 500kV Padre Paraíso 2 150Mvar		
X0053A	5.55561666.7	0
X0053B	5.55561666.7	0
X0053C	5.55561666.7	0
C Reator de Barra 500kV Campos 2 100Mvar		
CMPOSA	8.3333 2500.	0
CMPOSB	8.3333 2500.	0
CMPOSC	8.3333 2500.	0
C Reator de Barra 500kV Campos 2 100Mvar		
X0054A	8.3333 2500.	0
X0054B	8.3333 2500.	0
X0054C	8.3333 2500.	0
C Reator de Barra 500kV Lagos 150Mvar		
LGSSA	5.55561666.7	0
LGSSB	5.55561666.7	0
LGSSC	5.55561666.7	0
C Reator de Barra 500kV Lagos 150Mvar		
LGSSA	5.55561666.7	0
LGSSB	5.55561666.7	0
LGSSC	5.55561666.7	0
C Reator de Barra 500kV Campos 2 100Mvar		
CMPOSA	8.3333 2500.	0
CMPOSB	8.3333 2500.	0
CMPOSC	8.3333 2500.	0
C LT 138 kV SFE - Nova Iguaçu C1		
1 NIGMA SFTMA	2.28039.905543.741	
2 NIGMB SFTMB	1.02344.83986.24862.28039.905543.741	
3 NIGMC SFTMC	1.02344.83986.24861.02344.83986.24862.28039.905543.741	
C Termo Rio - 138 kV		
C Trafo Grajaú 525/138/13.8 -0.0925 - 600 MVA - MOD		
TRANSFORMER	.09058851.49X0055A 1.E6	0
0.090579798	851.4857598	
9.331389496	1250.763619	
93.31389496	1421.322294	
217.5146892	1532.753962	
373.2555799	1648.733861	
933.1389496	1932.99832	
9999		
1GRJSA	1.377 55.1303.11	
2GRJMA	.0005 .019 79.67	
3X0023AX0023B	.0045 .179 13.8	
TRANSFORMER X0055A	X0055B	0
1GRJSB		
2GRJMB		
3X0023BX0023C		
TRANSFORMER X0055A	X0055C	0
1GRJSC		
2GRJMC		

3X0023CX0023A			
C RESISTENCIA PARA ATERRAMENTO DO TERCIARIO DO TRANSFORMADOR			
X0056A	1.E6		0
X0056B	1.E6		0
X0056C	1.E6		0
C Trafo Grajaú 525/138/13.8 -0.0925 - 600 MVA - MOD			
TRANSFORMER	.09058851.49X0057A	1.E6	0
0.090579798	851.4857598		
9.331389496	1250.763619		
93.31389496	1421.322294		
217.5146892	1532.753962		
373.2555799	1648.733861		
933.1389496	1932.99832		
9999			
1GRJSA	1.377	55.1303.11	
2GRJMA	.0005	.019 79.67	
3X0056AX0056B	.0045	.179 13.8	
TRANSFORMER X0057A		X0057B	0
1GRJSB			
2GRJMB			
3X0056BX0056C			
TRANSFORMER X0057A		X0057C	0
1GRJSC			
2GRJMC			
3X0056CX0056A			
C Trafo Grajaú 525/138/13.8 -0.0925 - 600 MVA - MOD			
TRANSFORMER	.09058851.49X0058A	1.E6	0
0.090579798	851.4857598		
9.331389496	1250.763619		
93.31389496	1421.322294		
217.5146892	1532.753962		
373.2555799	1648.733861		
933.1389496	1932.99832		
9999			
1GRJSA	1.377	55.1303.11	
2GRJMA XX0059	.0005	.019 79.67	
3GRJBDAGRJBDB	.0045	.179 13.8	
TRANSFORMER X0058A		X0058B	0
1GRJSB			
2GRJMB XX0059			
3GRJBDBGRJBDC			
TRANSFORMER X0058A		X0058C	0
1GRJSC			
2GRJMC XX0059			
3GRJBDCGRJBDA			
C LT 500 kV Zona Oeste - Guerdau C2			
1 ZNSSA GRDSA	1.4354.31426.1227		
2 ZNSSB GRDSB	1.1852.56420.8747	1.4354.31426.1227	
3 ZNSSC GRDSC	1.1852.56420.8747	1.1852.56420.8747	1.4354.31426.1227
C Nova Iguaçu- 138 kV			
C LT 138 kV SFE - Nova Iguaçu C3			
1 NIGMA SFTMA	2.28039.905543.741		
2 NIGMB SFTMB	1.02344.83986.24862.28039.905543.741		
3 NIGMC SFTMC	1.02344.83986.24861.02344.83986.24862.28039.905543.741		
C LT 138 kV SFE - Nova Iguaçu C4			
1 NIGMA SFTMA	2.28039.905543.741		
2 NIGMB SFTMB	1.02344.83986.24862.28039.905543.741		
3 NIGMC SFTMC	1.02344.83986.24861.02344.83986.24862.28039.905543.741		
C LT 138 kV São José - Termo Rio			
1 SJSIMATRM1MA	963.96416.674098.		
2 SJSIMBTRM1MB	730.353010.5-1.5E4	963.96416.674098.	
3 SJSIMCTRM1MC	730.353010.5-1.5E4	730.353010.5-1.5E4	963.96416.674098.
C Reator de Linha LT 500kV Lagos - Terminal Rio c2 50Mvar			
X0132A	16.667	5.E3	0
X0132B	16.667	5.E3	0
X0132C	16.667	5.E3	0
C Reator de Barra 500kV Lagos 150Mvar			
X0060A	5.55561666.7		0
X0060B	5.55561666.7		0
X0060C	5.55561666.7		0
C Trafo Angra Defasador 500/138/13.8 - 1 x 400 MVA - MODIFICADO			
TRANSFORMER	2.9518	1190.X0061A	1.E6
2.9518	1190.		
6.6938	1310.		
15.6844	1390.		

84.848	1410.		
309.4562	1550.		
9999			
1NGRSA	2.2813	91.3288.68	
2NGRMA	.005	.019 79.67	
3X0062AX0062B	.0125	.499 13.8	
TRANSFORMER X0061A		X0061B	0
1NGRSB			
2NGRMB			
3X0062BX0062C			
TRANSFORMER X0061A		X0061C	0
1NGRSC			
2NGRMC			
3X0062CX0062A			
C RESISTENCIA PARA ATERRAMENTO DO TERCIARIO DO TRANSFORMADOR			
X0062A	1.E6		0
X0062B	1.E6		0
X0062C	1.E6		0
C Trafo João Neiva 2 500/345/13.8 - 1x1050 MVA - MODIFICADO			
TRANSFORMER	4.1315726.01	X0063A 1.E6	0
4.131472699	726.0114277		
4.343761811	896.0015741		
4.572380853	1094.986695		
17.79962546	1288.286527		
233.0281242	1412.225831		
454.7885956	1482.723417		
676.059169	1554.358061		
901.4122253	1619.170357		
9999			
1JNVSA	.8063	32.3288.68	
2JNVQA	.003	.12199.19	
3X0064AX0064B	.0355	1.42 13.8	
TRANSFORMER X0063A		X0063B	0
1JNVSB			
2JNVQB			
3X0064BX0064C			
TRANSFORMER X0063A		X0063C	0
1JNVSC			
2JNVQC			
3X0064CX0064A			
C RESISTENCIA PARA ATERRAMENTO DO TERCIARIO DO TRANSFORMADOR			
X0064A	1.E6		0
X0064B	1.E6		0
X0064C	1.E6		0
C Trafo Adianópolis 345/138/13.8 - 4x225 MVA			
TRANSFORMER	2.4	749.X0065A 1.E6	0
2.4	749.		
416.	927.083		
1.E3	1093.75		
1750.	1187.5		
3.E3	1312.5		
5170.	1510.416		
7830.	1781.25		
9999			
1ADRQA	.3344213.377288.68		
2ADRMA	-.0415-.1661199.19		
3X0066AX0066B	.00331.13253 13.8		
TRANSFORMER X0065A		X0065B	0
1ADRQB			
2ADRMB			
3X0066BX0066C			
TRANSFORMER X0065A		X0065C	0
1ADRQC			
2ADRMC			
3X0066CX0066A			
C RESISTENCIA PARA ATERRAMENTO DO TERCIARIO DO TRANSFORMADOR			
X0066A	1.E6		0
X0066B	1.E6		0
X0066C	1.E6		0
C Adrianópolis - 138 kV			
C Trafo 2 Taubaté 500/440/13.8 - 1 x 1200 MVA - MODIFICADO			
TRANSFORMER	3.3216	1190.X0067A 1.E6	0
9.8	1191.		
19.6	1310.		
47.03	1393.		

	254.75	1409.		
	928.85	1549.		
	9999			
1TB TSA	.6375	25.5288.68		
2TB TRA	.0048	.194254.03		
3X0068AX0068B	.029	1.16 13.8		
TRANSFORMER X0067A		X0067B		0
1TB TSB				
2TB TRB				
3X0068BX0068C				
TRANSFORMER X0067A		X0067C		0
1TB TSC				
2TB TRC				
3X0068CX0068A				
C RESISTENCIA PARA ATERRAMENTO DO TERCIARIO DO TRANSFORMADOR				
X0068A	1.E6			0
X0068B	1.E6			0
X0068C	1.E6			0
51X0142AX0069A		.123596		
52X0142BX0069B		.123596		
53X0142CX0069C				
C Trafo Elevador NFLUV (4049) - MACQ (3784)				
TRANSFORMER		X0070A	1.E6	0
9999				
1X0069AX0069C	.0001.09281	13.8		
2MACQA	.000119.336199.19			
TRANSFORMER X0070A		X0070B		0
1X0069BX0069A				
2MACQB				
TRANSFORMER X0070A		X0070C		0
1X0069CX0069B				
2MACQC				
51X0143AX0071A		.071034		
52X0143BX0071B		.071034		
53X0143CX0071C				
C Trafo MACQ (3784) - NFLVD (4051)				
TRANSFORMER		X0072A	1.E6	0
9999				
1X0071AX0071C	.0001.04451	13.8		
2MACQA	.0001 9.272199.19			
TRANSFORMER X0072A		X0072B		0
1X0071BX0071A				
2MACQB				
TRANSFORMER X0072A		X0072C		0
1X0071CX0071B				
2MACQC				
51X0144AX0073A		.058846		
52X0144BX0073B		.058846		
53X0144CX0073C				
C Trafo Elevador TRG1D (4391) - TRM1M (4390)				
TRANSFORMER		X0074A	1.E6	0
9999				
1X0073AX0073C	.0001.07098	13.8		
2TRM1MA	.0001 2.36679.674			
TRANSFORMER X0074A		X0074B		0
1X0073BX0073A				
2TRM1MB				
TRANSFORMER X0074A		X0074C		0
1X0073CX0073B				
2TRM1MC				
51X0145AX0075A		.09788616		
52X0145BX0075B		.09788616		
53X0145CX0075C				
TRANSFORMER		X0076A	1.E6	0
9999				
1X0075AX0075C	.0001.12912	13.8		
2CSAMA	.00014.303979.674			
TRANSFORMER X0076A		X0076B		0
1X0075BX0075A				
2CSAMB				
TRANSFORMER X0076A		X0076C		0
1X0075CX0075B				
2CSAMC				
51X0146AX0077A		.09940968		
52X0146BX0077B		.09940968		

53X0146CX0077C				
C Trafo Elevador CSGD (4540) - CSAM (4538)				
TRANSFORMER	X0078A	1.E6		0
9999				
1X0077AX0077C	.0001.14283	13.8		
2CSAMA	.0001	4.76179.674		
TRANSFORMER X0078A		X0078B		0
1X0077BX0077A				
2CSAMB				
TRANSFORMER X0078A		X0078C		0
1X0077CX0077B				
2CSAMC				
C ARA2D				
51X0147AX0148A	.04646736			
52X0147BX0148B	.04646736			
53X0147CX0148C				
C Trafo Elevador SÍNCRONO ARARAQUARA				
TRANSFORMER	X0079A	1.E6		0
9999				
1X0148AX0148C	.02	.08	13.8	
2RRQ2SA	.8935	35.74288.68		
TRANSFORMER X0079A		X0079B		0
1X0148BX0148A				
2RRQ2SB				
TRANSFORMER X0079A		X0079C		0
1X0148CX0148B				
2RRQ2SC				
C Filtro - Bipolo 1 - C1 - TIPO A				
X0080AX0081A		894.66		0
X0080BX0081B		894.66		0
X0080CX0081C		894.66		0
C Filtro - Bipolo 1 - L1 - TIPO A				
X0081AX0082A		4.065		0
X0081BX0082B		4.065		0
X0081CX0082C		4.065		0
XX0083		1.E8		0
C TRAF0 CONVERSOR XINGU 500Y/335,7D KV - 1186,3 MVA				
TRANSFORMER	2.81	1083.X0085A	1.E6	0
2.81		1083.		
13.1		1137.		
43.1		1188.		
673.		1231.		
712.		1248.		
2860.		1502.		
9999				
1X0084A	.3372	16.84288.68		
2X0138AX0138B	.456	22.77	335.7	
TRANSFORMER X0085A		X0085B		0
1X0084B				
2X0138BX0138C				
TRANSFORMER X0085A		X0085C		0
1X0084C				
2X0138CX0138A				
C TRAF0 CONVERSOR XINGU 500Y/335,7Y KV - 1186,3 MVA				
TRANSFORMER	2.35	1083.X0087A	1.E6	0
2.35		1083.		
8.7		1137.		
24.3		1191.		
735.		1223.		
765.		1235.		
3104.		1408.		
9999				
1X0086A	.3372	16.84288.68		
2X0140AXX0083	.1897	7.589193.82		
TRANSFORMER X0087A		X0087B		0
1X0086B				
2X0140BXX0083				
TRANSFORMER X0087A		X0087C		0
1X0086C				
2X0140CXX0083				
C Filtro - Bipolo 1 - R1 - TIPO A				
X0082A		200.		0
X0082B		200.		0
X0082C		200.		0
C Filtro - Bipolo 1 - C1 - TIPO A				

X0080AX0088A	894.66	0
X0080BX0088B	894.66	0
X0080CX0088C	894.66	0
C Filtro - Bipolo 1 - L2 - TIPO A		
X0082A	2.5973	0
X0082B	2.5973	0
X0082C	2.5973	0
C Filtro - Bipolo 1 - C2 - TIPO A		
X0082A	1584.5	0
X0082B	1584.5	0
X0082C	1584.5	0
XX0089	1.E8	0
C TRAF0 CONVERSOR XINGU 500Y/335,7D KV - 1186,3 MVA		
TRANSFORMER	2.81 1083.X0091A 1.E6	0
	2.81 1083.	
	13.1 1137.	
	43.1 1188.	
	673. 1231.	
	712. 1248.	
	2860. 1502.	
	9999	
1X0090A	.3372 16.84288.68	
2X0149AX0149B	.456 22.77 335.7	
TRANSFORMER X0091A	X0091B	0
1X0090B		
2X0149BX0149C		
TRANSFORMER X0091A	X0091C	0
1X0090C		
2X0149CX0149A		
C TRAF0 CONVERSOR XINGU 500Y/335,7Y KV - 1186,3 MVA		
TRANSFORMER	2.35 1083.X0093A 1.E6	0
	2.35 1083.	
	8.7 1137.	
	24.3 1191.	
	735. 1223.	
	765. 1235.	
	3104. 1408.	
	9999	
1X0092A	.3372 16.84288.68	
2X0150AXX0089	.1897 7.589193.82	
TRANSFORMER X0093A	X0093B	0
1X0092B		
2X0150BXX0089		
TRANSFORMER X0093A	X0093C	0
1X0092C		
2X0150CXX0089		
SJS1MA	22.527 4.8E5	0
SJS1MB	22.527 4.8E5	0
SJS1MC	22.527 4.8E5	0
JCRQA	168.89 25439.	0
JCRQB	168.89 25439.	0
JCRQC	168.89 25439.	0
X0138A	.1	0
X0138B	.1	0
X0138C	.1	0
X0149A	.1	0
X0149B	.1	0
X0149C	.1	0
C Filtro - Bipolo 1 - L1 - TIPO A		
X0088AX0096A	4.065	0
X0088BX0096B	4.065	0
X0088CX0096C	4.065	0
C Filtro - Bipolo 1 - R1 - TIPO A		
X0096A	200.	0
X0096B	200.	0
X0096C	200.	0
C Filtro - Bipolo 1 - L2 - TIPO A		
X0096A	2.5973	0
X0096B	2.5973	0
X0096C	2.5973	0
C Filtro - Bipolo 1 - C1 - TIPO B		
X0080AX0097A	890.78	0
X0080BX0097B	890.78	0
X0080CX0097C	890.78	0
C Filtro - Bipolo 1 - L1 - TIPO B		

X0097AX0098A	2.3871	0
X0097BX0098B	2.3871	0
X0097CX0098C	2.3871	0
C Filtro - Bipolo 1 - R1 - TIPO B		
X0097A	600.	0
X0097B	600.	0
X0097C	600.	0
C Filtro - Bipolo 1 - R2 - TIPO B		
X0098AX0099A	1.E3	0
X0098BX0099B	1.E3	0
X0098CX0099C	1.E3	0
C Filtro - Bipolo 1 - L2 - TIPO B		
X0098AX0099A	2.8416	0
X0098BX0099B	2.8416	0
X0098CX0099C	2.8416	0
C Filtro - Bipolo 1 - C2 - TIPO B		
X0098AX0099A	793.13	0
X0098BX0099B	793.13	0
X0098CX0099C	793.13	0
C Filtro - Bipolo 1 - R3 - TIPO B		
X0099A	1.E3	0
X0099B	1.E3	0
X0099C	1.E3	0
C Filtro - Bipolo 1 - 3 - TIPO B		
X0099A	5.6353	0
X0099B	5.6353	0
X0099C	5.6353	0
C Filtro - Bipolo 1 - C3 - TIPO B		
X0099A	18788.	0
X0099B	18788.	0
X0099C	18788.	0
C Filtro - Bipolo 1 - C1 - TIPO C		
X0080AX0151A	900.	0
X0080BX0151B	900.	0
X0080CX0151C	900.	0
C Filtro - Bipolo 1 - L1 - TIPO C		
X0151A	.1131	0
X0151B	.1131	0
X0151C	.1131	0
C Filtro - Bipolo 1 - C2 - TIPO A		
X0096A	1584.5	0
X0096B	1584.5	0
X0096C	1584.5	0
C Filtro - Bipolo 1 - C1 - TIPO B		
X0080AX0100A	890.78	0
X0080BX0100B	890.78	0
X0080CX0100C	890.78	0
C Filtro - Bipolo 1 - L1 - TIPO B		
X0100AX0101A	2.3871	0
X0100BX0101B	2.3871	0
X0100CX0101C	2.3871	0
C Filtro - Bipolo 1 - R1 - TIPO B		
X0100A	600.	0
X0100B	600.	0
X0100C	600.	0
C Filtro - Bipolo 1 - R2 - TIPO B		
X0101AX0102A	1.E3	0
X0101BX0102B	1.E3	0
X0101CX0102C	1.E3	0
C Filtro - Bipolo 1 - L2 - TIPO B		
X0101AX0102A	2.8416	0
X0101BX0102B	2.8416	0
X0101CX0102C	2.8416	0
C Filtro - Bipolo 1 - C2 - TIPO B		
X0101AX0102A	793.13	0
X0101BX0102B	793.13	0
X0101CX0102C	793.13	0
C Filtro - Bipolo 1 - R3 - TIPO B		
X0102A	1.E3	0
X0102B	1.E3	0
X0102C	1.E3	0
C Filtro - Bipolo 1 - 3 - TIPO B		
X0102A	5.6353	0
X0102B	5.6353	0
X0102C	5.6353	0

C Filtro - Bipolo 1 - C3 - TIPO B		
X0102A	18788.	0
X0102B	18788.	0
X0102C	18788.	0
C Filtro - Bipolo 1 - C1 - TIPO C		
X0080AX0152A	900.	0
X0080BX0152B	900.	0
X0080CX0152C	900.	0
C Filtro - Bipolo 1 - L1 - TIPO C		
X0152A	.1131	0
X0152B	.1131	0
X0152C	.1131	0
C Filtro - Bipolo 1 - C1 - TIPO A		
X0080AX0103A	894.66	0
X0080BX0103B	894.66	0
X0080CX0103C	894.66	0
C Filtro - Bipolo 1 - L1 - TIPO A		
X0103AX0104A	4.065	0
X0103BX0104B	4.065	0
X0103CX0104C	4.065	0
C Filtro - Bipolo 1 - R1 - TIPO A		
X0104A	200.	0
X0104B	200.	0
X0104C	200.	0
C Filtro - Bipolo 1 - L2 - TIPO A		
X0104A	2.5973	0
X0104B	2.5973	0
X0104C	2.5973	0
C Filtro - Bipolo 1 - C2 - TIPO A		
X0104A	1584.5	0
X0104B	1584.5	0
X0104C	1584.5	0
C Filtro - Bipolo 1 - C1 - TIPO B		
X0080AX0105A	890.78	0
X0080BX0105B	890.78	0
X0080CX0105C	890.78	0
C Filtro - Bipolo 1 - L1 - TIPO B		
X0105AX0106A	2.3871	0
X0105BX0106B	2.3871	0
X0105CX0106C	2.3871	0
C Filtro - Bipolo 1 - R1 - TIPO B		
X0105A	600.	0
X0105B	600.	0
X0105C	600.	0
C Filtro - Bipolo 1 - R2 - TIPO B		
X0106AX0107A	1.E3	0
X0106BX0107B	1.E3	0
X0106CX0107C	1.E3	0
C Filtro - Bipolo 1 - L2 - TIPO B		
X0106AX0107A	2.8416	0
X0106BX0107B	2.8416	0
X0106CX0107C	2.8416	0
C Filtro - Bipolo 1 - C2 - TIPO B		
X0106AX0107A	793.13	0
X0106BX0107B	793.13	0
X0106CX0107C	793.13	0
C Filtro - Bipolo 1 - R3 - TIPO B		
X0107A	1.E3	0
X0107B	1.E3	0
X0107C	1.E3	0
C Filtro - Bipolo 1 - 3 - TIPO B		
X0107A	5.6353	0
X0107B	5.6353	0
X0107C	5.6353	0
C Filtro - Bipolo 1 - C3 - TIPO B		
X0107A	18788.	0
X0107B	18788.	0
X0107C	18788.	0
C Filtro - Bipolo 1 - C1 - TIPO C		
X0080AX0153A	900.	0
X0080BX0153B	900.	0
X0080CX0153C	900.	0
C Filtro - Bipolo 1 - L1 - TIPO C		
X0153A	.1131	0
X0153B	.1131	0

X0153C	.1131		0
C Filtros Estreito			
X0108A	.1	4800.	0
X0108B	.1	4800.	0
X0108C	.1	4800.	0
C Filtros Araraquara			
X0109A	.1	3660.	0
X0109B	.1	3660.	0
X0109C	.1	3660.	0
C Reator de Linha LT 500kV Lagos - Terminal Rio c2 50Mvar			
X0131A	16.667	5.E3	0
X0131B	16.667	5.E3	0
X0131C	16.667	5.E3	0
C LT 230 kV Mesquita - Governador Valadares 6 - C1			
51GVV6OAMSQOA	48.51	170.01	
52GVV6OBMSQOB	10.53	51.444	
53GVV6OCMSQOC			
C RESISTENCIA PARA ATERRAMENTO DO TERCIARIO DO TRANSFORMADOR			
X0026A	1.E6		0
X0026B	1.E6		0
X0026C	1.E6		0
C Trafo Mesquita 500/230/13.8 - 4 x 400 MVA - MODIFICADO			
TRANSFORMER	18.6051081.8	X0110A 1.E6	0
18.6048	1081.7826		
36.2039	1179.0731		
90.7611	1287.2514		
171.717	1348.4825		
393.7171	1398.4263		
3042.1305	1797.9766		
5606.5711	2117.6169		
9999			
1MSQSA	1.545261.807288.68		
2MSQOA	.0013 .0529132.79		
3X0111AX0111B	.011 .4403 13.8		
TRANSFORMER X0110A		X0110B	0
1MSQSB			
2MSQOB			
3X0111BX0111C			
TRANSFORMER X0110A		X0110C	0
1MSQSC			
2MSQOC			
3X0111CX0111A			
C RESISTENCIA PARA ATERRAMENTO DO TERCIARIO DO TRANSFORMADOR			
X0111A	1.E6		0
X0111B	1.E6		0
X0111C	1.E6		0
C Trafo Mesquita 500/230/13.8 - 4 x 400 MVA - MODIFICADO			
TRANSFORMER	18.6051081.8	X0112A 1.E6	0
18.6048	1081.7826		
36.2039	1179.0731		
90.7611	1287.2514		
171.717	1348.4825		
393.7171	1398.4263		
3042.1305	1797.9766		
5606.5711	2117.6169		
9999			
1MSQSA	1.545261.807288.68		
2MSQOA	.0013 .0529132.79		
3X0113AX0113B	.011 .4403 13.8		
TRANSFORMER X0112A		X0112B	0
1MSQSB			
2MSQOB			
3X0113BX0113C			
TRANSFORMER X0112A		X0112C	0
1MSQSC			
2MSQOC			
3X0113CX0113A			
C RESISTENCIA PARA ATERRAMENTO DO TERCIARIO DO TRANSFORMADOR			
X0113A	1.E6		0
X0113B	1.E6		0
X0113C	1.E6		0
\$INCLUDE, C:\ATPDraw\Atp\TRLg.lib, X0130A, X0130B, X0130C, TRIOSA, TRIOSB \$\$			
, TRIOSC, X0131A, X0131B, X0131C, X0132A, X0132B, X0132C			
\$INCLUDE, C:\ATPDraw\Atp\LgCmp.lib, LGSSA#, LGSSB#, LGSSC#, LGSSA#, LGSSB# \$\$			
, LGSSC#, X0129A, X0129B, X0129C, CMPOSA, CMPOSB, CMPOSC			

```

$INCLUDE, C:\ATPDraw\Atp\CmpMt.lib, CMPOSA, CMPOSB, CMPOSC, CMPOSA, CMPOSB $$
, CMPOSC, MTMSA#, MTMSB#, MTMSC#, MTMSA#, MTMSB#, MTMSC#
/SOURCE
C < n 1><<< Ampl. >< Freq. ><Phase/T0>< A1 >< T1 >< TSTART >< TSTOP >
14TBR5EA 400083.325 60. -40. -1. 100.
14TBR5EB 400083.325 60. -160. -1. 100.
14TBR5EC 400083.325 60. -280. -1. 100.
14PDP2EA 391918.359 60. -30. -1. 100.
14PDP2EB 391918.359 60. -150. -1. 100.
14PDP2EC 391918.359 60. -270. -1. 100.
14RRQ2EA 465811.299 60. -20. -1. 100.
14RRQ2EB 465811.299 60. -140. -1. 100.
14RRQ2EC 465811.299 60. -260. -1. 100.
14STREA 441316.402 60. -20. -1. 100.
14STREB 441316.402 60. -140. -1. 100.
14STREC 441316.402 60. -260. -1. 100.
14CMPEA 427435.96 60. -31. -1. 100.
14CMPEB 427435.96 60. -151. -1. 100.
14CMPEC 427435.96 60. -271. -1. 100.
14TJPEA 440908.154 60. -24. -1. 100.
14TJPEB 440908.154 60. -144. -1. 100.
14TJPEC 440908.154 60. -264. -1. 100.
14TJB3EA 551951.689 60. -31. -1. 100.
14TJB3EB 551951.689 60. -151. -1. 100.
14TJB3EC 551951.689 60. -271. -1. 100.
14FRDEA 326565.973 60. -48. -1. 100.
14FRDEB 326565.973 60. -168. -1. 100.
14FRDEC 326565.973 60. -288. -1. 100.
14TBTEA 347402.965 60. -79. -1. 100.
14TBTEB 347402.965 60. -199. -1. 100.
14TBTEC 347402.965 60. -319. -1. 100.
14RNVEA 310297.278 60. -63. -1. 100.
14RNVEB 310297.278 60. -183. -1. 100.
14RNVEC 310297.278 60. -303. -1. 100.
14JNVEA 277723.147 60. -55. -1. 100.
14JNVEB 277723.147 60. -175. -1. 100.
14JNVEC 277723.147 60. -295. -1. 100.
14TTNEA 307888.613 60. -50. -1. 100.
14TTNEB 307888.613 60. -170. -1. 100.
14TTNEC 307888.613 60. -290. -1. 100.
14VIA1EA 291268.825 60. -55. -1. 100.
14VIA1EB 291268.825 60. -175. -1. 100.
14VIA1EC 291268.825 60. -295. -1. 100.
14MACEA 388460.496 60. -74. -1. 100.
14MACEB 388460.496 60. -194. -1. 100.
14MACEC 388460.496 60. -314. -1. 100.
14VNDEA 5722416.29 60. -149. -1. 100.
14VNDEB 5722416.29 60. -269. -1. 100.
14VNDEC 5722416.29 60. -389. -1. 100.
14LGSEA 270141.976 60. -62. -1. 100.
14LGSEB 270141.976 60. -182. -1. 100.
14LGSEC 270141.976 60. -302. -1. 100.
14MSQEA 192325.77 60. -73. -1. 100.
14MSQEB 192325.77 60. -193. -1. 100.
14MSQEC 192325.77 60. -313. -1. 100.
14GVV6EA 198498.484 60. -38. -1. 100.
14GVV6EB 198498.484 60. -158. -1. 100.
14GVV6EC 198498.484 60. -278. -1. 100.
14SFTEA 117746.972 60. -27. -1. 100.
14SFTEB 117746.972 60. -147. -1. 100.
14SFTEC 117746.972 60. -267. -1. 100.
14X0114A 10777.7549 60. -19. -1. 100.
14X0114B 10777.7549 60. -139. -1. 100.
14X0114C 10777.7549 60. -259. -1. 100.
14SJS1EA 260170.104 60. -65. -1. 100.
14SJS1EB 260170.104 60. -185. -1. 100.
14SJS1EC 260170.104 60. -305. -1. 100.
14X0116A 12023.7123 60. -27.4 -1. 100.
14X0116B 12023.7123 60. -147.4 -1. 100.
14X0116C 12023.7123 60. -267.4 -1. 100.
14X0147A 11267.6528 60. -11.2 -1. 100.
14X0147B 11267.6528 60. -131.2 -1. 100.
14X0147C 11267.6528 60. -251.2 -1. 100.
14X0117A 12023.7123 60. -27.4 -1. 100.
14X0117B 12023.7123 60. -147.4 -1. 100.

```

14X0117C	12023.7123	60.	-267.4	-1.	100.
14X0135A	10451.1562	60.	-16.3	-1.	100.
14X0135B	10451.1562	60.	-136.3	-1.	100.
14X0135C	10451.1562	60.	-256.3	-1.	100.
14X0149A-12286.19043		60.	-28.	-1.	100.
14X0149B-12286.19043		60.	-148.	-1.	100.
14X0149C-12286.19043		60.	-268.	-1.	100.
14X0143A	10816.9467	60.	-24.6	-1.	100.
14X0143B	10816.9467	60.	-144.6	-1.	100.
14X0143C	10816.9467	60.	-264.6	-1.	100.
14X0142A	10816.9467	60.	-24.3	-1.	100.
14X0142B	10816.9467	60.	-144.3	-1.	100.
14X0142C	10816.9467	60.	-264.3	-1.	100.
14X0144A	10816.9467	60.	-23.7	-1.	100.
14X0144B	10816.9467	60.	-143.7	-1.	100.
14X0144C	10816.9467	60.	-263.7	-1.	100.
14X0145A	10.8169467	60.	-13.2	-1.	100.
14X0145B	10.8169467	60.	-133.2	-1.	100.
14X0145C	10.8169467	60.	-253.2	-1.	100.
14X0146A	10816.9467	60.	-13.9	-1.	100.
14X0146B	10816.9467	60.	-133.9	-1.	100.
14X0146C	10816.9467	60.	-253.9	-1.	100.
14X0115A	10883.8994	60.	-40.	-1.	100.
14X0115B	10883.8994	60.	-160.	-1.	100.
14X0115C	10883.8994	60.	-280.	-1.	100.
14X0150A-12286.19043		60.	2.	-1.	100.
14X0150B-12286.19043		60.	-118.	-1.	100.
14X0150C-12286.19043		60.	-238.	-1.	100.
14X0138A-12286.19043		60.	-28.	-1.	100.
14X0138B-12286.19043		60.	-148.	-1.	100.
14X0138C-12286.19043		60.	-268.	-1.	100.
14X0140A-12286.19043		60.	2.	-1.	100.
14X0140B-12286.19043		60.	-118.	-1.	100.
14X0140C-12286.19043		60.	-238.	-1.	100.
14X0094A-16531.97265		60.	30.	-1.	100.
14X0094B-16531.97265		60.	-90.	-1.	100.
14X0094C-16531.97265		60.	-210.	-1.	100.
14X0095A-19797.95897		60.	20.	-1.	100.
14X0095B-19797.95897		60.	-100.	-1.	100.
14X0095C-19797.95897		60.	-220.	-1.	100.
/OUTPUT					
BLANK BRANCH					
BLANK SWITCH					
BLANK SOURCE					
BLANK OUTPUT					
BLANK PLOT					
BEGIN NEW DATA CASE					
BLANK					
BLANK					

ENTRADA DE DADOS COM CONFIGURAÇÃO COMPLETA

Os códigos a seguir apresentam a entrada de dados pela rotina line constants do ATP, a qual é fundamental para as linhas de transmissão:

- LT 500kV Terminal Rio – Lagos

Alternative Transients Program (ATP), GNU Linux or DOS. All rights reserved by Can/Am user group of Portland, Oregon, USA.							
Date (dd-mth-yy) and time of day (hh.mm.ss) = 12-Jul-18 12:30:34 Name of disk plot file is c:\atpdraw\atp\trlg.pl4							
Consult the 860-page ATP Rule Book of the Can/Am EMTF User Group in Portland, Oregon, USA. Source code date is 19 December 2003.							
Total size of LABCOM tables = 9872109 INTEGER words. 31 VARDIM List Sizes follow: 6002 10K 192K 900 420K 1200 15K							
120K 2250 3800 720 1200 72800 510 90K 800 90 254 120K 100K 3K 15K 192K 120 30K 160K 600 210K 1K 19 200							

Descriptive interpretation of input data cards. Input data card images are shown below, all 80 columns, character by character							
0 1 2 3 4 5 6 7 8							
01234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890							

Comment card. NUMDCD = 1. C data:C:\ATPDRAW\ATP\TRLG.DAT							
Marker card preceding new EMTF data case. BEGIN NEW DATA CASE							
Compute overhead line constants. Limit = 120 LINE CONSTANTS							
Erase all of 0 cards in the punch buffer. \$ERASE							

EPE-DEE-RE-050/2018-rev0 – Expansão do sistema de transmissão para escoamento do potencial termelétrico dos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo – Relatório R2


```

Request for metric (not English) units.      |METRIC
Line conductor card. 3.752E-01 5.240E-02 4 | 1.3752 .0524 4 3.198 -8. 31. 14. 90. 45. 4
Line conductor card. 3.752E-01 5.240E-02 4 | 2.3752 .0524 4 3.198 -7.5 40.2 23.2 90. 45. 4
Line conductor card. 3.752E-01 5.240E-02 4 | 3.3752 .0524 4 3.198 -7.5 49.4 32.2 90. 45. 4
Line conductor card. 3.752E-01 5.240E-02 4 | 4.3752 .0524 4 3.198 8. 31. 14. 90. 45. 4
Line conductor card. 3.752E-01 5.240E-02 4 | 5.3752 .0524 4 3.198 7.5 40.2 23.2 90. 45. 4
Line conductor card. 3.752E-01 5.240E-02 4 | 6.3752 .0524 4 3.198 7.5 49.4 32.2 90. 45. 4
Line conductor card. 5.000E-01 4.230E+00 4 | 0 .5 4.23 4 .914 -7.8 63.5 53.2 0.0 0.0 0
Line conductor card. 5.000E-01 4.230E+00 4 | 0 .5 4.23 4 .914 7.8 63.5 53.2 0.0 0.0 0
Blank card terminating conductor cards.      |BLANK CARD ENDING CONDUCTOR CARDS
Frequency card. 1.000E+03 6.000E+01 2.300E+02 | 1.E3 60. 230.

Line conductor table after sorting and initial processing.
Table Phase Skin effect Resistance Reactance data specification Diameter Horizontal Avg height
Row Number R-type R (ohm/km) X-type X(ohm/km) or GMR ( cm ) X (mtrs) Y (mtrs) Name
1 1 .37520 .05240 4 .000000 3.19800 -7.550 19.217
2 2 .37520 .05240 4 .000000 3.19800 -7.050 28.417
3 3 .37520 .05240 4 .000000 3.19800 -7.050 37.483
4 4 .37520 .05240 4 .000000 3.19800 8.450 19.217
5 5 .37520 .05240 4 .000000 3.19800 7.950 28.417
6 6 .37520 .05240 4 .000000 3.19800 7.950 37.483
7 1 .37520 .05240 4 .000000 3.19800 -8.450 19.217
8 1 .37520 .05240 4 .000000 3.19800 -8.450 20.117
9 1 .37520 .05240 4 .000000 3.19800 -7.550 20.117
10 2 .37520 .05240 4 .000000 3.19800 -7.950 28.417
11 2 .37520 .05240 4 .000000 3.19800 -7.950 29.317
12 2 .37520 .05240 4 .000000 3.19800 -7.050 29.317
13 3 .37520 .05240 4 .000000 3.19800 -7.950 37.483
14 3 .37520 .05240 4 .000000 3.19800 -7.950 38.383
15 3 .37520 .05240 4 .000000 3.19800 -7.050 38.383
16 4 .37520 .05240 4 .000000 3.19800 7.550 19.217
17 4 .37520 .05240 4 .000000 3.19800 7.550 20.117
18 4 .37520 .05240 4 .000000 3.19800 8.450 20.117
19 5 .37520 .05240 4 .000000 3.19800 7.050 28.417
20 5 .37520 .05240 4 .000000 3.19800 7.050 29.317
21 5 .37520 .05240 4 .000000 3.19800 7.950 29.317
22 6 .37520 .05240 4 .000000 3.19800 7.050 37.483
23 6 .37520 .05240 4 .000000 3.19800 7.050 38.383
24 6 .37520 .05240 4 .000000 3.19800 7.950 38.383
25 0 .50000 4.23000 4 .000000 .91400 -7.800 56.633
26 0 .50000 4.23000 4 .000000 .91400 7.800 56.633

Matrices are for earth resistivity = 1.00000000E+03 ohm-meters and frequency 6.00000000E+01 Hz. Correction factor =
1.00000000E-06
Blank card terminating frequency cards.      |BLANK CARD ENDING FREQUENCY CARDS
Request for flushing of punch buffer.        |$PUNCH

A listing of 80-column card images now being flushed from punch buffer follows.
=====
123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789
=====
C <++++> Cards punched by support routine on 12-Jul-18 12:36:49 <++++>
C **** TRANSPOSED Line calculated at 6.000E+01 HZ. ****
C LINE CONSTANTS
C $ERASE
C BRANCH IN AOUT AIN BOUT BIN COUT CIN DOUT DIN EOUT EIN FOUT_
C METRIC
C 1.3752 .0524 4 3.198 -8. 31. 14. 90. 45.
C 2.3752 .0524 4 3.198 -7.5 40.2 23.2 90. 45.
C 3.3752 .0524 4 3.198 -7.5 49.4 32.2 90. 45.
C 4.3752 .0524 4 3.198 8. 31. 14. 90. 45.
C 5.3752 .0524 4 3.198 7.5 40.2 23.2 90. 45.
C 6.3752 .0524 4 3.198 7.5 49.4 32.2 90. 45.
C 0 .5 4.23 4 .914 -7.8 63.5 53.2 0.0 0.0
C 0 .5 4.23 4 .914 7.8 63.5 53.2 0.0 0.0
C BLANK CARD ENDING CONDUCTOR CARDS
C 1.E3 60. 230.
$VINTAGE, 1
-1IN AOUT A 6.15743E-01 1.10527E+03 1.70291E+05 2.30000E+02 1
-2IN BOUT B 1.37462E-02 2.19703E+02 2.89770E+05 2.30000E+02 1
-3IN COUT C
-4IN DOUT D
-5IN EOUT E
-6IN FOUT F
$VINTAGE, -1,
=====< End of LUNIT7 punched cards as flushed by $PUNCH request >=====

Blank card ending "LINE CONSTANTS" cases.    |BLANK CARD ENDING LINE CONSTANT
Timing figures characterizing central processor (CP) solution speed. -----
Totals 0.016 0.000 0.016

```