



Empresa de Pesquisa Energética

ESTUDOS PARA A EXPANSÃO DA TRANSMISSÃO

Reavaliação do sistema
de atendimento a Novo Progresso

Janeiro de 2022

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



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



GOVERNO FEDERAL
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministério de Minas e Energia

Ministro

Bento Costa Lima Leite de Albuquerque Júnior

Secretária-Executiva do MME

Marisete Fátima Dadald Pereira

Secretário de Planejamento e Desenvolvimento

Energético

Paulo César Magalhães Domingues

Secretário de Energia Elétrica

Christiano Vieira da Silva

Secretário de Petróleo, Gás Natural e

Biocombustíveis

Rafael Bastos da Silva

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação

Mineral

Pedro Paulo Dias Mesquita

ESTUDOS PARA A EXPANSÃO DA TRANSMISSÃO

Reavaliação do sistema de
atendimento a Novo Progresso



Empresa de Pesquisa Energética

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

Presidente

Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais

Giovani Vitória Machado

Diretor de Estudos de Energia Elétrica

Erik Eduardo Rego

Diretor de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustíveis

Heloisa Borges Bastos Esteves

Diretor de Gestão Corporativa

Ângela Regina Livino de Carvalho

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

Sede

Esplanada dos Ministérios, Bloco "U", sala 744

70065-900 - Brasília - DF

Escritório Central

Praça Pio X, nº 54

20091-040 - Rio de Janeiro - RJ

Coordenação Geral

Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

Erik Eduardo Rego

Coordenação Executiva

José Marcos Bressane

Coordenação Técnica

Maxwell Cury Júnior

Equipe Técnica

Daniel José Tavares de Souza

Fabiano Schmidt


João Maurício Caruso

Lucas Simões de Oliveira

Nº EPE-DEE-NT-003/2022-rev0

Data: 19/01/2022

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

 <p>Empresa de Pesquisa Energética</p>	<p><i>Contrato</i> _____</p> <p><i>Data de assinatura</i> _____</p>
<p><i>Projeto</i></p> <p>ESTUDOS PARA A EXPANSÃO DA TRANSMISSÃO</p>	
<p><i>Área de estudo</i></p> <p>Estudos do Sistema de Transmissão</p>	
<p><i>Sub-área de estudo</i></p> <p>GET Centro-Oeste</p>	
<p><i>Produto (Nota Técnica ou Relatório)</i></p> <p>EPE-DEE-NT-003/2022-rev0 Reavaliação do sistema de atendimento a Novo Progresso</p>	
<p><i>Revisões</i></p> <p>rev0</p>	<p><i>Data</i> <i>Descrição sucinta</i></p> <p>19/01/2022 Emissão Original</p>

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

APRESENTAÇÃO

Esta Nota Técnica tem como objetivo identificar reforços que garantam maior confiabilidade e flexibilidade operativa em situações de manobras das linhas de transmissão de 230 kV Cláudia – Cachimbo – Novo Progresso indicando novos equipamentos de controle de tensão do sistema regional e atualizando as recomendações do Relatório “EPE-DEE-RE-005/2018-rev1 - Estudo de Suprimento à Região de Novo Progresso” [1], realizado em 2018.

No tempo decorrido de 2018 até o momento, ocorreram novas atualizações anuais das previsões de mercado bem como diversas alterações no sistema de transmissão planejado, em função de novos estudos realizados. Considerando que as obras recomendadas no referido Relatório voltaram à etapa de instrução do processo licitatório, prevendo-se nova licitação para o ano de 2022, tornou-se oportuna uma reavaliação das obras recomendadas, com a atualização de premissas e com foco principal nas características das linhas de transmissão de 230 kV entre Cláudia e Novo Progresso e em equipamentos adicionais para propiciar maior flexibilidade operativa em condições de manobras do sistema.

Além do exposto no parágrafo anterior, a necessidade da revisão realizada na presente Nota Técnica também é corroborada porque, analisando o sistema já atualizado em termos de cargas e configuração, mas com as obras de reforço indicadas na Rev1 de 2018, foram constatadas sobretensões durante manobras de energização e rejeição de carga, as quais estão documentadas no item 5 desta Nota Técnica.

Sumário

Apresentação	7
Sumário	8
Índice de Figuras	9
Índice de Tabelas	10
1 Introdução	11
2 Conclusões	13
3 Recomendações	14
4 Premissas	18
4.1 Horizonte e Critérios	18
4.2 Parâmetros Econômicos	18
4.3 Limites de Carregamento	18
4.4 Topologia e Mercado	18
4.5 Descrição dos Cenários Analisados.....	19
5 Diagnóstico	20
6 Análise para Determinação da necessidade sistêmica de compensação reativa ...	21
6.1 Energizações com Compensadores Síncronos em Cachimbo e Novo Progresso	21
6.2 Energizações com Indisponibilidade de um Compensador Síncrono.....	33
6.3 Rejeições	51
7 Avaliação Técnico-Econômica de Linhas de Transmissão Aéreas	57
7.1 Dados e Premissas	57
7.2 Critérios Para Análises Elétricas e Comparações Econômicas	58
7.3 Avaliações Econômicas	58
7.4 Características Técnicas da Solução de Referência	59
8 Análise de Ressonância e Extinção de Arco Secundário	61
8.1 Procedimentos e Critérios de Análise	61
9 Referências	64
10 Fichas PET/PELP	65
11 Anexos	84
11.1 Anexo 1 – Diagramas Unifilares	84
11.2 Anexo 2 – Plano de Obras completo – Atualização data base Maio/2021	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 - Sistema de Atendimento a Novo Progresso - 2018	11
Figura 3-1 - Representação esquemática das obras recomendadas.....	14
Figura 6-1 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Caso Base	23
Figura 6-2 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Caso pré-energização	24
Figura 6-3 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Pré-energização da LT 230 kV Cláudia – Cachimbo.....	25
Figura 6-4 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Energização da LT 230 kV Cláudia – Cachimbo	26
Figura 6-5 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Pré-energização da LT 230 kV Cachimbo – Novo Progresso	27
Figura 6-6 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Energização da LT 230 kV Cachimbo – Novo Progresso	28
Figura 6-7 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 - Sistema de 230 kV Restabelecido – Após fechamento em Novo Progresso	29
Figura 6-8 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 - Energização Inversa da LT 230 kV Cachimbo - Novo Progresso.....	30
Figura 6-9 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 - Pré-energização da LT 230 kV Cachimbo – Cláudia	31
Figura 6-10 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 - Energização Inversa da LT Cláudia - Cachimbo	32
Figura 6-11 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Energização LT 230 kv Cláudia – Cachimbo sem CS em Cachimbo	34
Figura 6-12 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Pré-energização da LT 230 kV Cachimbo – Novo Progresso sem CS e com RB em Cachimbo	35
Figura 6-13 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Energização LT 230 kV Cachimbo – Novo Progresso sem CS e com RB em Cachimbo.....	36
Figura 6-14 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Pré-energização da LT 230 kV Novo Progresso – Cachimbo sem CS Cachimbo sem RB Novo Progresso.....	37
Figura 6-15 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Energização Inversa LT 230 kV Cachimbo - Novo Progresso sem CS Cachimbo e sem RB Novo Progresso.....	38
Figura 6-16 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Energização Inversa LT 230 kV Cachimbo - Novo Progresso sem CS Cachimbo com RB Novo Progresso.....	39
Figura 6-17 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Pré-energização LT 230 kV Cachimbo Cláudia sem CS Cachimbo com RB em Cachimbo e Novo Progresso	40
Figura 6-18 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Energização Inversa LT 230 kV Cláudia - Cachimbo sem CS Cachimbo com RB em Cachimbo e Novo Progresso	41
Figura 6-19 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Energização Inversa LT 230 kV Cláudia - Cachimbo sem CS e RB em Cachimbo com RB em Novo Progresso (violação de tensão)	42
Figura 6-20 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Energização LT 230 kV Cláudia – Cachimbo sem CS Novo Progresso.....	43
Figura 6-21 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Pré-energização LT 230 kV Cachimbo – Novo Progresso sem CS Novo Progresso.....	44
Figura 6-22 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Energização LT 230 kV Cachimbo – Novo Progresso sem CS Novo Progresso	45
Figura 6-23 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Energização LT 230 kV Cachimbo – Novo Progresso sem CS Novo Progresso – Fechamento em Novo Progresso	46
Figura 6-24 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Pré-energização da LT 230 kV Novo Progresso – Cachimbo sem CS com RB Novo Progresso.....	47
Figura 6-25 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Energização Inversa da LT 230 kV Cachimbo - Novo Progresso sem CS com RB Novo Progresso (violação)	48

Figura 6-26 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Pré-energização da LT 230 kV Cachimbo – Cláudia sem CS e RB Novo Progresso com RB em Cachimbo 49

Figura 6-27 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Energização Inversa da LT 230 kV Cláudia - Cachimbo sem CS e RB Novo Progresso com RB em Cachimbo 50

Figura 6-28 - Carga Média Norte Seco, Ano 2033– Caso Origem para as Simulações 52

Figura 6-29 - Carga Média Norte Seco, Ano 2033– Rejeição Inversa da LT 230 kV Cachimbo - Novo Progresso 53

Figura 6-30 - Carga Média Norte Seco, Ano 2033– Rejeição Inversa da LT 230 kV Cláudia - Cachimbo 54

Figura 6-31 - Carga Média Norte Seco, Ano 2033– Rejeição Direta da LT 230 kV Cláudia - Cachimbo 55

Figura 6-32 - Carga Média Norte Seco, Ano 2033– Rejeição Direta da LT 230 kV Cachimbo – Novo Progresso. 56

Figura 7-1 - Dados técnicos básicos das LT 230 kV em CS 60

Figura 8-1 - LT 230 kV Cláudia - Cachimbo, C1. Prospecção da tensão induzida, em p.u., com o neutro dos reatores em derivação solidamente aterrados. Terminal Cláudia..... 62

Figura 8-2 - LT 230 kV Cachimbo – Novo Progresso, C1. Prospecção da tensão induzida, em p.u., com o neutro dos reatores em derivação solidamente aterrados. Terminal Novo Progresso..... 63

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3-1 – Plano de obras simplificado recomendado - Subestações 15

Tabela 3-2 - Plano de obras simplificado recomendado – Linhas de Transmissão 15

Tabela 5-1 - Simulações de manobras com sistema definido na revisão 1 do relatório [11]..... 20

Tabela 6-1 - Resultados das Simulações de Energização e Rejeição de Linhas de 230 kV..... 22

Tabela 7-1 - Dados do ambiente 57

Tabela 7-2 - Dados para avaliação econômica 57

Tabela 7-3 - Dados do sistema – Fluxos para cálculo de perdas 58

Tabela 7-4 - Dados do sistema – Fluxos máximos observados para diferentes condições de operação 58

Tabela 7-5 - Configurações com menor custo total..... 59

Tabela 7-6 - Características elétricas básicas das LT 230 kV em CS 59

Tabela 7-7 - Coordenadas da silhueta típica das LT 230 kV em CS 60

Tabela 8-1 - LT 230 kV Cláudia - Cachimbo, C1. Corrente de arco secundário a 60 Hz, valor eficaz, com o neutro dos reatores em derivação solidamente aterrados..... 62

Tabela 8-2 LT 230 kV Cachimbo – Novo Progresso, C1. Corrente de arco secundário a 60 Hz, valor eficaz, com o neutro dos reatores em derivação solidamente aterrados. 63

1 INTRODUÇÃO

O município de Novo Progresso pertence à região sudoeste do estado do Pará, e está localizado às margens da rodovia Cuiabá – Santarém (BR 163) a 367 km da divisa com o estado de Mato Grosso. Ao Norte do município de Novo Progresso, distando aproximadamente 80 km, encontra-se o povoado de Moraes Almeida, pertencente ao município de Itaituba, PA.

Com população estimada de 25.000 habitantes, possui dentre as principais atividades econômicas a indústria madeireira, existindo também atividades garimpeiras, de pecuária de corte e agrícolas. Uma das atividades econômicas em crescimento recente é a mineração em escala industrial com a vinda de multinacionais do setor, pois o subsolo é rico em ouro, chumbo e granito. A cidade tem um comércio forte graças a atividade florestal, principalmente da exportação de produtos manufaturados de madeiras de lei, tais como Ipê, Jatobá e Cumaru.

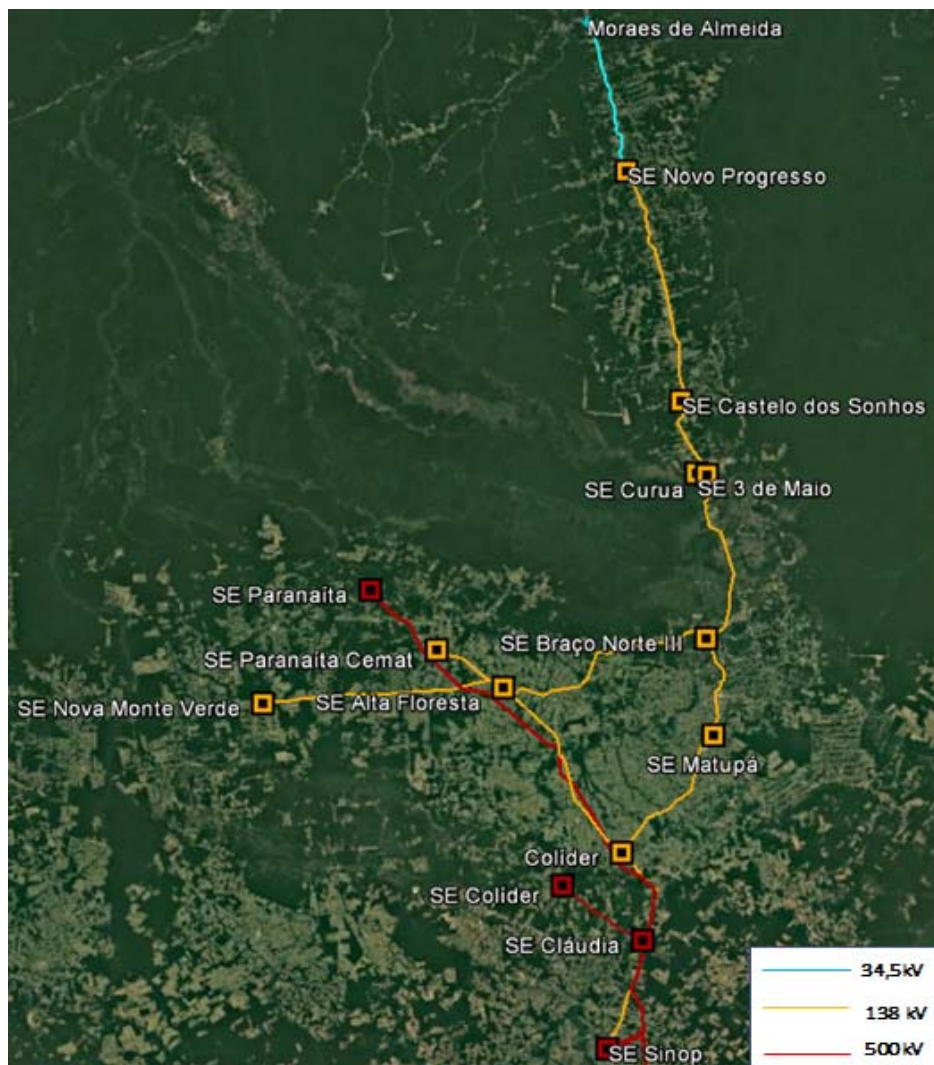


Figura 1-1 - Sistema de Atendimento a Novo Progresso - 2018

O sistema de distribuição responsável pelo suprimento de energia elétrica à região de Novo Progresso possui atualmente uma demanda na ordem de 70 MW, incluindo os municípios dos estados do Pará e do Mato Grosso. De acordo com o Estudo de conexão do Projeto Tocantinzinho [2], está prevista para

2020 a implantação de uma linha de distribuição em 138 kV com aproximadamente 200 km de extensão para a conexão do Consumidor Livre Tocantinzinho (Brazauro) na SE Novo Progresso, com uma demanda estimada de 18 MW.

Com a interligação na SE Novo Progresso 138 kV do Consumidor Livre Tocantinzinho (Brazauro), a partir de 2023 são verificadas subtensões generalizadas na rede de distribuição em 138 kV, indicando assim a necessidade de reforços no sistema. Dessa forma, levando-se também em consideração as características da rede responsável pelo suprimento de energia elétrica à região de Novo Progresso, tornou-se necessária a realização de um estudo de planejamento para essa região.

A Revisão 0 do estudo realizado, além das obras de reforço da solução estrutural indicada, recomendou a implantação de 1 banco de autotransformadores 500/230 kV de 300 MVA na SE Cláudia durante o horizonte considerado, além da possibilidade de instalação de mais 3 bancos no futuro, totalizando 1200 MVA de transformação. No entanto, durante a elaboração do Relatório R4 dessa subestação, foi verificada a possibilidade de instalação de no máximo 3 bancos de autotransformadores 500/230 kV, fato esse que poderia no futuro restringir o suprimento às cargas da região. Nesse sentido, com o objetivo de manter a capacidade de transformação da SE Cláudia, foi realizada em 2018 a Revisão 1 do estudo [1] que, além de consolidar as obras da Rev0, recomendou a implantação de bancos de autotransformadores 500/230 kV de 450 MVA, em substituição aos bancos de 300 MVA recomendados inicialmente.

No tempo decorrido de 2018 até o momento, ocorreram atualizações de mercado e do sistema de transmissão planejado. Considerando que as obras recomendadas no estudo voltaram à etapa de instrução do processo licitatório, prevendo-se nova licitação para o ano de 2022, tornou-se oportuna uma reavaliação das obras recomendadas, com foco principal nas características das linhas de transmissão de 230 kV entre Cláudia e Novo Progresso e em equipamentos adicionais para propiciar maior flexibilidade operativa em condições de manobras do sistema.

Além do exposto no parágrafo anterior, a necessidade da revisão realizada na presente Nota Técnica também é corroborada porque, analisando o sistema já atualizado em termos de cargas e configuração, mas com as obras de reforço indicadas na Rev1 de 2018, foram constatadas sobretensões durante manobras de energização e rejeição de carga, as quais estão documentadas no item 5 desta Nota Técnica.

2 CONCLUSÕES

No relatório R1 referido em [1] a solução indicada para as LT 230 kV Cláudia – Cachimbo – Novo Progresso, C1, em circuito simples, envolvia silhueta com geometria de fases compacta e dois subcondutores CAA HAWK (477 MCM) por fase, que resultava em um SIL da ordem de 218 MW. Nas avaliações apresentadas na Seção 5 foram constatadas algumas sobretensões nas manobras de energização e rejeição de carga. Visando uma otimização da compensação reativa (fixa e variável) necessária para melhorar esse desempenho, optou-se também por reavaliar antecipadamente a silhueta típica indicada para a LT, dada a sua capacitância elevada.

Adotando-se uma geometria de fases menos compacta, conforme Seção 7.4, e atualizando os custos de instalação e perdas, a solução ótima passou a ser 1 subcondutor CAA TERN (795 MCM) por fase, com SIL da ordem de 140 MW. Como esta solução tem menor capacitância, as sobretensões nas manobras citadas resultam menos severas, possibilitando o uso de elementos de compensação reativa de menor potência, implicando em uma solução mais robusta e econômica. Para essa configuração, foram necessários reatores de linha nas duas extremidades das LTs 230 kV Cláudia – Cachimbo (2x15 Mvar) e Cachimbo – Novo Progresso (2x10 Mvar), conforme análise apresentada na seção 6.

Para viabilizar as manobras de energização e rejeição das linhas de transmissão 230 kV Cláudia – Cachimbo – Novo Progresso, foram necessários dois compensadores síncronos nas subestações de Cachimbo e Novo Progresso, indicando-se a faixa de – 45/+45 Mvar para os equipamentos, similar à faixa dos compensadores indicados para o sistema de Cruzeiro do Sul em [3], que também serão licitados em 2022, e que dispõem de faixa suficiente para atender variações de premissas de carga e geração local, e até mesmo a eventual indicação de um segundo circuito do trecho em questão.

Como forma de incrementar a confiabilidade operativa, principalmente na situação de indisponibilidade de um dos dois compensadores, foram necessários dois reatores trifásicos de barramento, com 15 Mvar em Cachimbo e 10 Mvar em Novo Progresso.

Nota-se que é possível dispensar a revisão das versões atuais dos relatórios R2 associados as LT 230 kV Cláudia – Cachimbo – Novo Progresso, C1, em circuito simples, bem como para os transformadores 500/230 kV e 230/138 kV da SE Cláudia e 230/138 kV da SE Novo Progresso, uma vez que é esperado que as principais conclusões e recomendações dos referidos relatórios R2, no que diz respeito aos transitórios eletromagnéticos de manobra, se mantenham inalteradas.

3 RECOMENDAÇÕES

Com base nas análises efetuadas, recomenda-se:

- 1) A implantação do plano de obras ilustrado na Figura 3-1 e descrito na Tabela 3-1 para prover maior confiabilidade e controle de tensão nas subestações de Rede Básica de Fronteira dos estados de Mato Grosso e Pará.

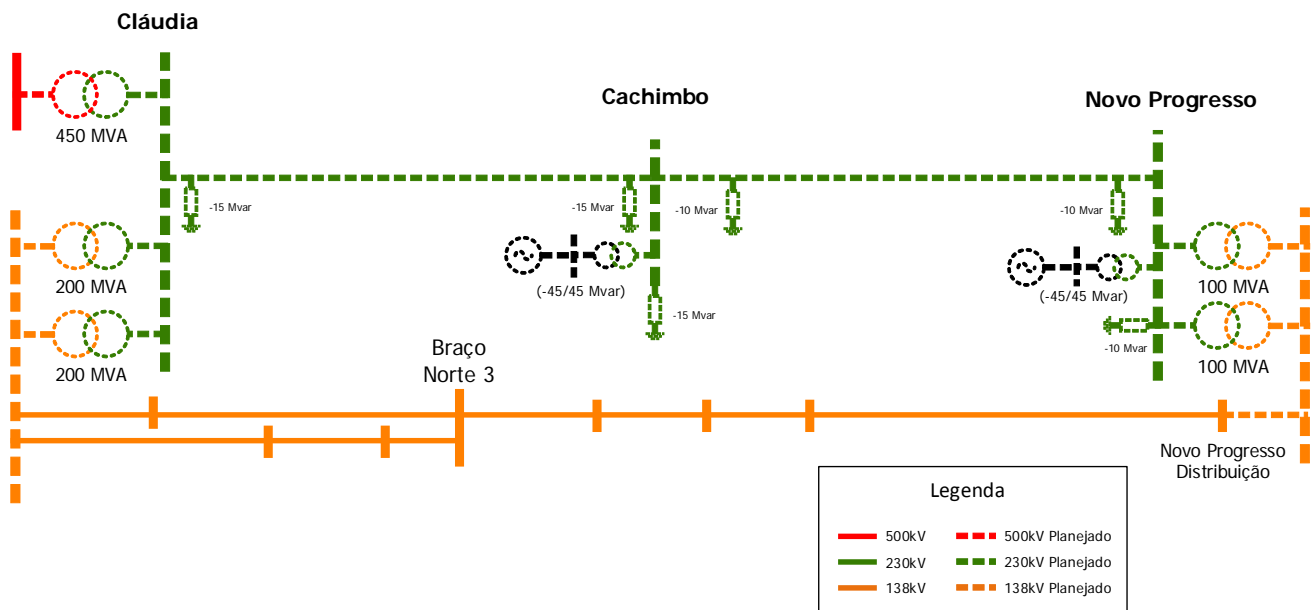


Figura 3-1 - Representação esquemática das obras recomendadas.

Tabela 3-1 – Plano de obras simplificado recomendado - Subestações

Ano	Subestação	Tensão	Descrição	Nº
2023	Cláudia	500/230 kV	ATR 500/230 kV - 1Ø – (3+1R) x 150 MVA - 1 x 450 MVA	1º
		230 kV	Novo Pátio 230 kV - BD4	-
			Reator de Linha Fixo - 3Ø – 15 Mvar Ref. LT Cláudia - Cachimbo C1	-
		230/138 kV	ATR 230/138 kV - 3Ø - 200 MVA	1º
	138 kV	Novo Pátio 138 kV – BPT	-	
	Cachimbo	230 kV	Novo Pátio 230 kV - BD4	-
			Compensador Síncrono (- 45 Mvar / 45 Mvar)	1
			Módulo de Conexão de Compensador Síncrono	1
			Reator de Barra Manobrável - 3Ø – 15 Mvar	1º
			Reator de Linha Fixo - 3Ø – 15 Mvar Ref. LT Cláudia - Cachimbo C1	-
			Reator de Linha Fixo - 3Ø – 10 Mvar Ref. LT Cachimbo - Novo Progresso C1	-
	Novo Progresso	230 kV	Novo Pátio 230 kV - BD4	-
			Compensador Síncrono (- 45 Mvar / 45 Mvar)	1
			Módulo de Conexão de Compensador Síncrono	1
			Reator de Barra Manobrável - 3Ø – 10 Mvar	1º
Reator de Linha Fixo - 3Ø – 10 Mvar Ref. LT Cachimbo - Novo Progresso C1			-	
230/138 kV		ATR 230/138 kV - 3Ø - 2 x 100 MVA ⁽¹⁾	1º e 2º	
138 kV	Novo pátio 138 kV – BPT	-		
2029	Cláudia	230/138 kV	ATR 230/138 kV - 3Ø - 200 MVA	2º

Tabela 3-2 - Plano de obras simplificado recomendado – Linhas de Transmissão

Ano	Tensão	Linha de Transmissão	Configuração	Extensão
2023	230 kV	LT 230 kV Cláudia – Cachimbo CS (C1)	1 x 795 MCM	278 km
		LT 230 kV Cachimbo – Novo Progresso CS (C1)	1 x 795 MCM	227 km

- 2) Que os transformadores elevadores dos compensadores síncronos sejam equipados com OLTC, com faixa de tapes suficiente para atender toda a excursão de potência reativa do compensador síncrono, medidos na alta tensão (230 kV), para qualquer condição de carga, com rede completa ou alterada e considerando a faixa de tensão operativa de condição normal e de emergência definida nos Procedimentos de Rede do ONS vigentes.
- 3) Dispensar a revisão das versões atuais dos relatórios R2 associados às linhas de transmissão 230 kV Cláudia – Cachimbo – Novo Progresso. No Relatório EPE-DEE-RE-005/2018-rev1 a solução de referência indicada para essas LTs envolvia silhueta com geometria de fases compacta e dois subcondutores por fase, que resultava em um SIL da ordem de 218 MW. Com a revisão proposta, cuja silhueta possui maior separação entre fases, o SIL ficará da ordem 140 MW. Apesar da redução na potência dos reatores em derivação, nota-se um pequeno

incremento nos graus de compensação das LT. Esses dois aspectos em conjunto indicam que há uma tendência de que as solicitações decorrentes dos transitórios de manobra sejam de menor intensidade que aquelas obtidas nos R2. Portanto, é esperado que as principais conclusões e recomendações dos referidos relatórios R2, no que diz respeito aos transitórios eletromagnéticos de manobra, se mantenham inalteradas, não indicando necessidade de revisão. Adicionalmente, essas mudanças na solução de referência também não devem resultar em dificuldades ao religamento monopolar, conforme análise realizada na Seção 8 desta Nota Técnica. Já com relação à caracterização das novas soluções de referência para as LT, deve-se considerar aquilo que consta nesta Nota Técnica, em especial na Seção 7, substituindo a caracterização anterior de [1].

- 4) Dispensar a revisão das versões atuais dos relatórios R2 associados aos transformadores 500/230 kV e 230/138 kV da SE Cláudia e 230/138 kV da SE Novo Progresso. As alterações na solução de referência das LT não resultam em impactos significativos para as manobras desses equipamentos. Portanto, é esperado que as principais conclusões e recomendações dos referidos relatórios R2, no que diz respeito aos transitórios eletromagnéticos de manobra, se mantenham inalteradas, não indicando necessidade de revisão.
- 5) Dispensar a elaboração de relatórios R2 para os compensadores síncronos das SE Cachimbo e Novo Progresso, e transformadores elevadores associados, uma vez que para estes equipamentos, com as características técnicas indicadas de potência reduzida, não se recomenda estudos de transitórios eletromagnéticos de manobra na fase de planejamento.
- 6) Considerar a adoção de medidas mitigatórias para redução dos impactos dos transitórios eletromagnéticos de manobra, dentre as quais a utilização de dispositivos sincronizadores, caso sejam identificadas nos estudos desenvolvidos nas etapas posteriores ao certame licitatório elevadas sobretensões, correntes e/ou energias nos para-raios de óxido metálico, bem como algum fenômeno de interação relevante entre as linhas 230 kV e transformadores objeto dos estudos e a rede elétrica adjacente ou equipamentos.
- 7) Dispensar a revisão dos Relatórios R3 e R5, tendo em vista que o escopo de reforços recomendados no presente estudo é composto essencialmente por obras cujas áreas consideradas para a instalação já foram definidas no relatório R1 [1], que recomendou originalmente essas subestações, quais sejam, Cachimbo e Novo Progresso, as quais serão devidamente licenciadas para a construção.
- 8) Dispensar a elaboração de revisões do Relatório R4, tendo em vista os equipamentos propostos estão alocados em subestações em fase de construção, mas com espaço físico já previsto em

sua área, conforme diagramas unifilares de [1], atualizados no Anexo 1 – Diagramas Unifilares desta Nota Técnica.

4 PREMISSAS

4.1 Horizonte e Critérios

De forma a definir o comportamento de longo prazo do sistema foi estabelecido como período de estudo os anos de 2026 a 2033. Para elaboração da documentação necessária para se recomendar à ANEEL uma nova instalação de transmissão integrante da Rede Básica foram consideradas as diretrizes constantes no documento [4], da EPE. Os critérios e procedimentos adotados neste estudo também estão de acordo com [5].

4.2 Parâmetros Econômicos

Os custos dos equipamentos da nova concepção proposta para o sistema de 230 kV da região foram atualizados com base nos Custos Modulares da ANEEL [6], atualizados à data base de março de 2021 pela EPE, conforme [7]. Para comparação econômica, foi considerada uma taxa de desconto de 8% a.a., ano base de referência 2023, ano horizonte 2033 e tempo de concessão das instalações de 30 anos.

4.3 Limites de Carregamento

Para os limites de carregamento das linhas e transformadores existentes, para as condições de operação normal e de emergência de curta duração, são os valores informados nos Contratos de Prestação de Serviços de Transmissão (CPST) e/ou Manual de Procedimentos da Operação (MPO).

Para as linhas de transmissão futuras, foram utilizados valores definidos no processo de licitação/autorização, informados pelos proprietários dos ativos, ou valores típicos definidos pela EPE. Novos transformadores foram considerados com capacidade de emergência de limite de longa duração de 120% por 4 horas, conforme o estabelecido na NBR 5356-7 [8] e no Submódulo 2.6 dos Procedimentos de Rede [9].

4.4 Topologia e Mercado

Os estudos foram realizados tomando como base os em casos de fluxo de potência do Plano Decenal de Energia (PDE) 2030, disponibilizados em [10], do Plano de Ampliações e Reforços (PAR), e foram atualizados com dados de mercado, topologia de rede e plano de geração de acordo com as informações mais recentes disponíveis.

4.5 Descrição dos Cenários Analisados

Para a realização do diagnóstico e avaliação do controle de tensão nos estados do Mato Grosso e Pará, tomou-se como base os cenários específicos preparados para a região Centro-Oeste no relatório “Diagnóstico Regional Da Rede Elétrica – PDE 2030 - Volume III – GET Centro-Oeste - EPE-DEE-RE-032/2021-rev0” [11], realizando as atualizações pertinentes de mercado e topologia descritas no item 4.4.

Adicionalmente, o despacho de geração das usinas da área do Mato Grosso e Pará na área de influência do estudo foram despachadas com 30 e 95 % da capacidade instalada nos cenários Norte seco e úmido respectivamente, e as usinas da bacia do Teles Pires, também nesses cenários, com 15 e 80 %, valores estes utilizados nos casos de diagnóstico do Plano Decenal Ciclo 2030.

5 DIAGNÓSTICO

Tendo em vista a nova licitação prevista para parte dos empreendimentos recomendados no relatório EPE-DEE-RE-005/2018-rev1 [1], e o tempo transcorrido desde a emissão original do estudo, identificou-se a oportunidade de novas avaliações levando em consideração as previsões de cargas atualizadas e experiências com a integração de cargas em regiões geograficamente remotas do país.

A necessidade de novas avaliações se tornou evidente após a simulação de casos adicionais de manobras utilizando-se o sistema definido no relatório R1 [1], as quais indicaram violações de critérios incontornáveis, conforme indicado na Tabela 5-1 a seguir, onde são indicados os resultados de manobras de energizações inversas nas LTs de 230 kV.

Tabela 5-1 - Simulações de manobras com sistema definido na revisão 1 do relatório [11].

	Manobra	Reatores LT		Reatores Barra		Síncronos		Observações
		NP/CA	CA/Cl	NP	CA	NP	CA	
NOVO PROGRESSO - CACHIMBO	Pré-energ	2x10	2x15	-	-	-	-	OK
	NP/CA	2x10	2x15	-	-	-	-	Sobretensões
	Pré-energ	2x10	2x15	-	-	15	-	OK
	NP/CA	2x10	2x15	-	-	-7,5	-	OK
	Pré-energ	2x10	2x15	10	-	21	-	V NP 1,03 - OK
	NP/CA	2x10	2x15	10	-	-2	-	OK
	Pré-energ	2x10	2x15	10	-	-	-	OK
	NP/CA	2x10	2x15	10	-	-	-	$\Delta V > 5\%$
	NP/CA	2x15	2x15	10	-	-	-	OK
	NP/CA	1x15+1x10	2x15	10	-	-	-	$\Delta V > 5\%$
CACHIMBO - CLÁUDIA	Pré-energ	2x10	2x15	-	-	-	-	Sobretensões
	Pré-energ	2x10	2x15	-	-	-7,5	-	OK
	CA/CLA	2x10	2x15	-	-	-32	-	Sobretensões
	Pré-energ	2x10	2x15	10	-	-0,1	-1,3	V 1,03 e 1,05 - OK
	CA/CLA	2x10	2x15	10	-	-0,4	-24,5	OK
	Pré-energ	2x10	2x15	10	-	-	-1,3	V 1,05 OK
	CA/CLA	2x10	2x15	10	-	-	-24,4	OK
	Pré-energ	2x10	2x15	-	-	-4	-11	OK
	CA/CLA	2x10	2x15	-	-	-34	4	OK
	Pré-energ	2x10	2x15	10	20	-	-	OK
	CA/CLA	2x10	2x15	10	20	-	-	$\Delta V > 5\%$
	Pré-energ	2x15	2x15	10	20	-	-	Subtensões
	Pré-energ	2x15	2x15	10	10	-	-	OK
CA/CLA	2x15	2x15	10	10	-	-	$\Delta V > 5\%$	
Pré-energ	1x15+1x10	2x15	10	10	-	-	OK	
CA/CLA	1x15+1x10	2x15	10	10	-	-	$\Delta V > 5\%$	

6 ANÁLISE PARA DETERMINAÇÃO DA NECESSIDADE SISTÊMICA DE COMPENSAÇÃO REATIVA

As manobras de energização e rejeição no sistema redefinido com base nas análises apresentadas no item 7, onde é indicada para as linhas 230 kV Cláudia – Cachimbo e Cachimbo – Novo Progresso nova configuração adotando-se 1 condutor de 795 MCM Tern por fase, com bancos de reatores trifásicos de linha de 15 Mvar no trecho Cláudia – Cachimbo e de 10 Mvar no trecho Cachimbo – Novo Progresso foram realizadas com o objetivo de avaliar a adequacidade dos módulos de reatores indicados para as linhas de transmissão e verificar a eventual necessidade de complementação por meio de reatores de barra manobráveis e/ou compensação reativa variável, para viabilizar as referidas manobras.

A meta da análise é reavaliar problemas durante energizações/rejeições das LTs de 230 kV mencionadas, buscando-se definir compensação síncrona adicional em Cachimbo e/ou Novo Progresso que viabilize as manobras das referidas LTs.

Complementarmente, será pesquisada a possibilidade de utilização de reatores manobráveis de barra em 230 kV nas subestações de Cachimbo e Novo Progresso, com valor a ser definido nas análises que serão apresentadas, de tal forma que, no caso de indisponibilidade da compensação síncrona, os reatores operem ligados, e que não ocorram violações de critérios durante as manobras, notadamente de energização, que tem por característica básica ser uma operação programável.

6.1 Energizações com Compensadores Síncronos em Cachimbo e Novo Progresso

As análises que serão apresentadas foram feitas considerando que a configuração das LTs de 230 kV Cláudia – Cachimbo – Novo Progresso de um condutor por fase, 795 MCM Tern, com reatores de linha de 15 Mvar nas duas extremidades da LT 230 kV Cláudia – Cachimbo e de 10 Mvar na LT 230 kV Cachimbo – Novo Progresso.

A princípio, os casos de energização serão avaliados no ano de 2026 em carga leve, no cenário Norte úmido, e os de rejeição no ano de 2033 em carga média, cenário Norte seco.

O caso origem para energizações, com o sistema da região, é mostrado na Figura 6-1 a seguir, correspondendo ao caso do ano de 2026, patamar de carga leve, cenário Norte úmido e, na Figura 6-2, está indicado o sistema na situação de pré-energização, com as LTs 230 kV Cláudia – Cachimbo – Novo Progresso desenergizadas.

Da Figura 6-3 à Figura 6-10 são mostradas as energizações a partir de Cláudia 230 kV (sentido direto) e Novo Progresso 230 kV (sentido inverso), considerando-se a instalação de um compensador síncrono em cada uma das duas subestações, e ainda sem a utilização de reatores de barra manobráveis.

Nas Figuras 6.11 a 6.27 são mostradas as energizações com a indisponibilidade de um dos dois síncronos de Cachimbo e Novo Progresso, utilizando-se reatores de barra manobráveis, e nas Figuras 6.28 a 6.32 são apresentadas as simulações de rejeição direta e inversa das linhas de transmissão de 230 kV.

Na Tabela 6-1 abaixo é mostrada a síntese das simulações de energização e rejeição de linhas de 230 kV realizadas.

Tabela 6-1 - Resultados das Simulações de Energização e Rejeição de Linhas de 230 kV

		Manobras com Compensadores Síncronos em Novo Progresso e Cachimbo 230 kV					
		Síncrono Cachimbo	Síncrono N Progresso	Reator Cachimbo	Reator N Progresso	Observação	
ENERGIZAÇÕES (CL NU - 2026)	Caso Origem - Sem LTs	0,0	0,0	-	-	-	
	Cláudia - Cachimbo	0,0	0,1	-	-	-	
	Cachimbo - Novo Progresso	-23,4	-1,4	-	-	-	
	Novo Progresso - Cachimbo	0,0	-20,4	-	-	-	
	Pré-energização Cach-Cláudia	-4,9	-15,6	-	-	-	
	Cachimbo - Cláudia	-27,9	-15,6	-	-	-	
	Manobras com Compensador Síncrono em Novo Progresso - Indisponibilidade em Cachimbo						
			Síncrono Cachimbo	Síncrono N Progresso	Reator Cachimbo	Reator N Progresso	Observação
		Cláudia - Cachimbo	0,0	-1,2	-	-	-
		Pré-energização Cach-N Pro	0,0	-1,3	15	-	-
		Cachimbo - Novo Progresso	0,0	-1,1	15	-	-
		N Pro - Cach sem RB N Pro	0,0	-23,5	-	-	-
		N Pro - Cach com RB N Pro	0,0	-13,0	-	10	-
		Pré-energização Cach-Cláudia	0,0	0,0	15	10	-
		Cachimbo - Cláudia	0,0	-22,0	15	10	-
	Manobras com Compensador Síncrono em Cachimbo - Indisponibilidade em Novo Progresso						
			Síncrono Cachimbo	Síncrono N Progresso	Reator Cachimbo	Reator N Progresso	Observação
		Cláudia - Cachimbo	0,0	0,0	-	-	-
		Pré-energização Cach-N Pro	8,4	0,0	-	-	-
		Cachimbo - Novo Progresso	-15,2	0,0	-	-	-
		Pré-energ N Pro - Cach	0,0	0,0	-	10	-
		Novo Progresso - Cachimbo	0,0	0,0	-	10	$\Delta V > 5\%$ (N Progresso)
		Pré-energização Cach-Cláudia	4,0	0,0	15	0	-
		Cachimbo - Cláudia	-18,1	0,0	15	0	-
REJEIÇÕES (CM NU - 2033)	Manobras com Compensadores Síncronos em Novo Progresso e Cachimbo 230 kV						
			Síncrono Cachimbo	Síncrono N Progresso	Reator Cachimbo	Reator N Progresso	Observação
		Caso Origem	-0,6	-4	-	-	-
		Rejeição Inversa em Cláudia	-27,6	18,1	-	-	$\Delta V > 5\%$ no Sistema de 138 kV
		Rejeição Inversa em Cachimbo	2,4	16,7	-	-	$\Delta V > 5\%$ no Sistema de 138 kV
		Rejeição Direta em Cachimbo	-4,6	17,3	-	-	$\Delta V > 5\%$ no Sistema de 138 kV
		Rejeição Direta em N Progresso	-21,3	36,0	-	-	$\Delta V > 5\%$ no Sistema de 138 kV

Os resultados indicam que a LT 230 kV Cachimbo – Novo Progresso não deverá ser energizada em sentido inverso, a partir de Novo Progresso, caso o compensador síncrono desta subestação não esteja disponível, e que há necessidade de compensação reativa adicional no sistema de Distribuição na área de Alta Floresta 138 kV.

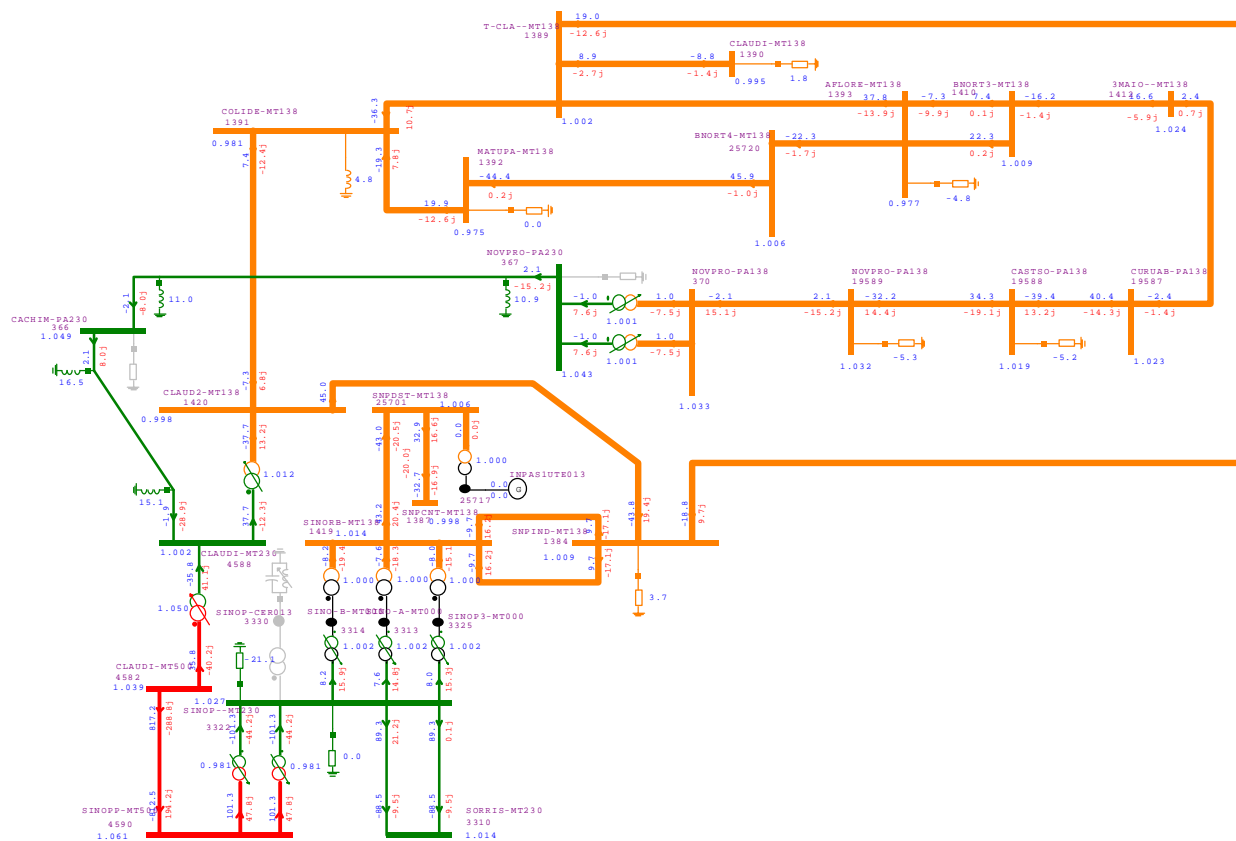


Figura 6-1 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Caso Base

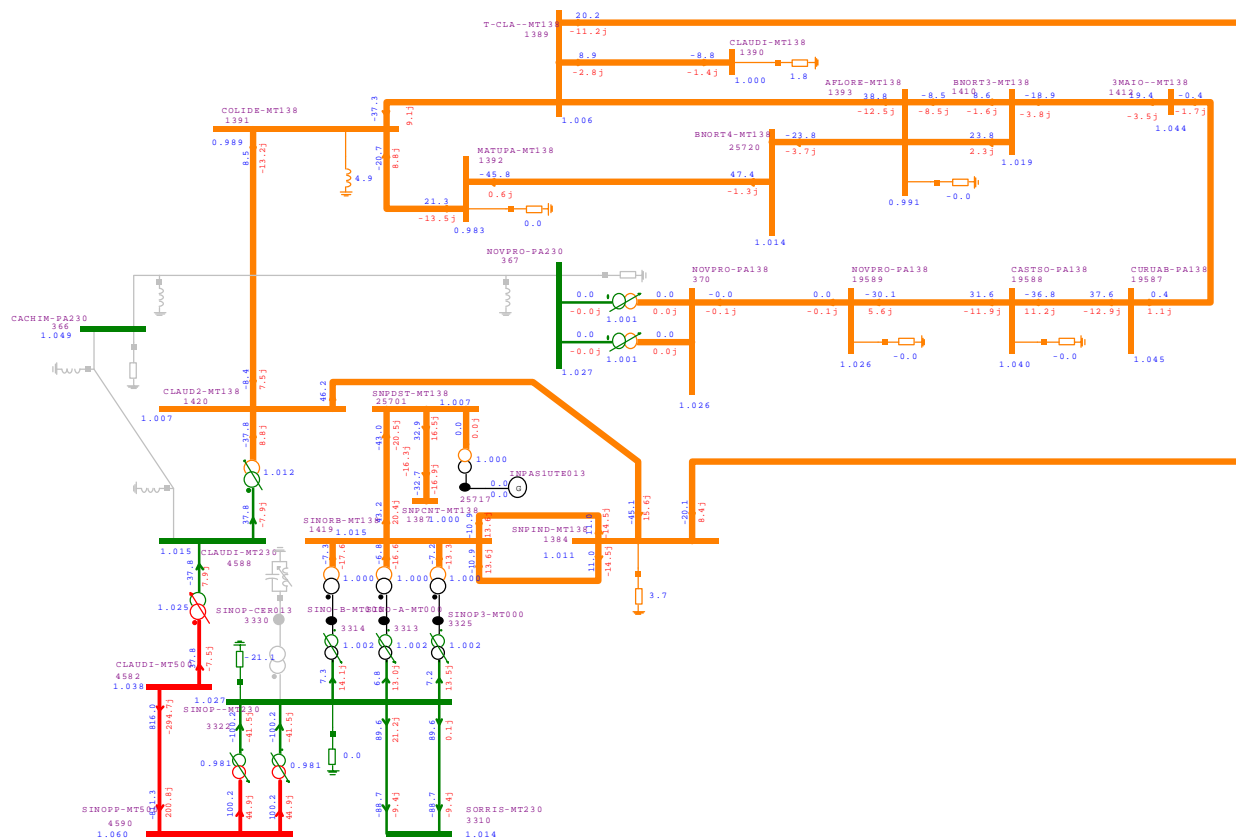


Figura 6-2 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Caso pré-energização

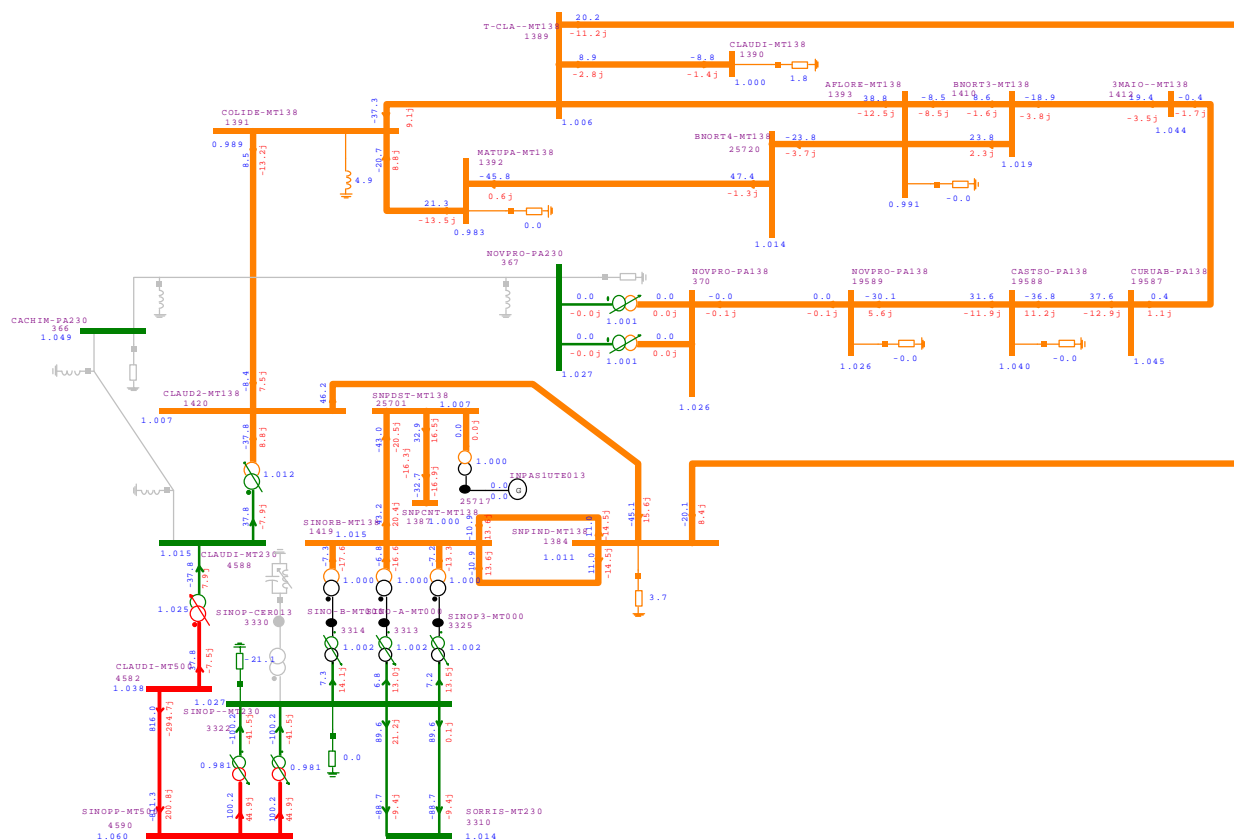


Figura 6-3 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Pré-energização da LT 230 kV Cláudia – Cachimbo

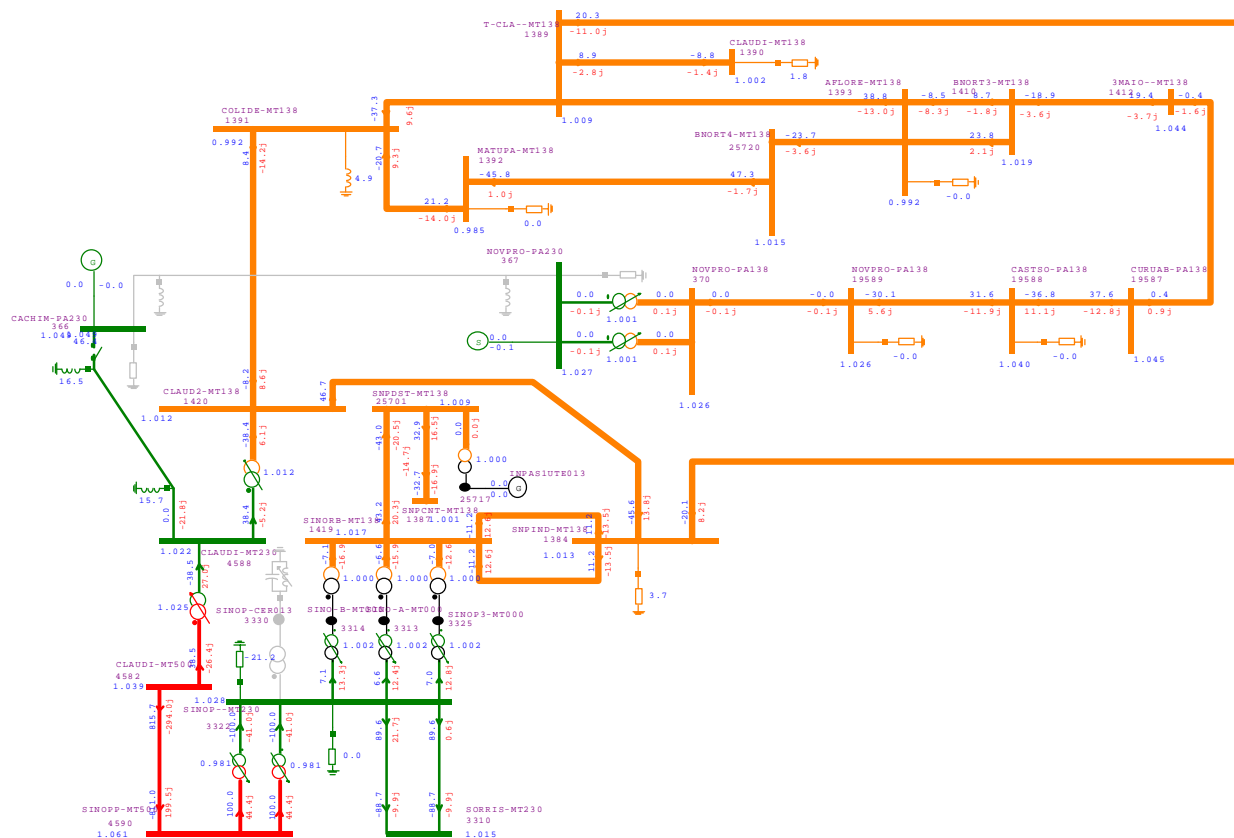
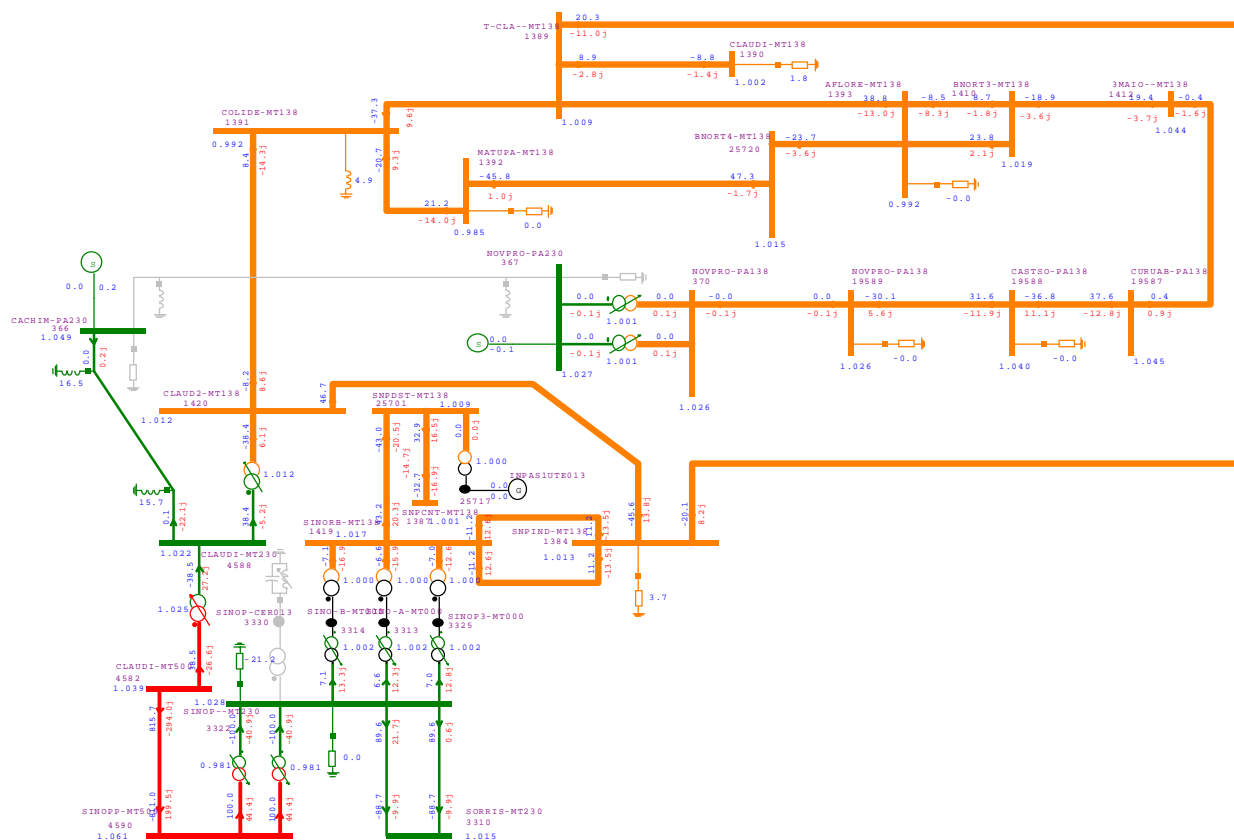
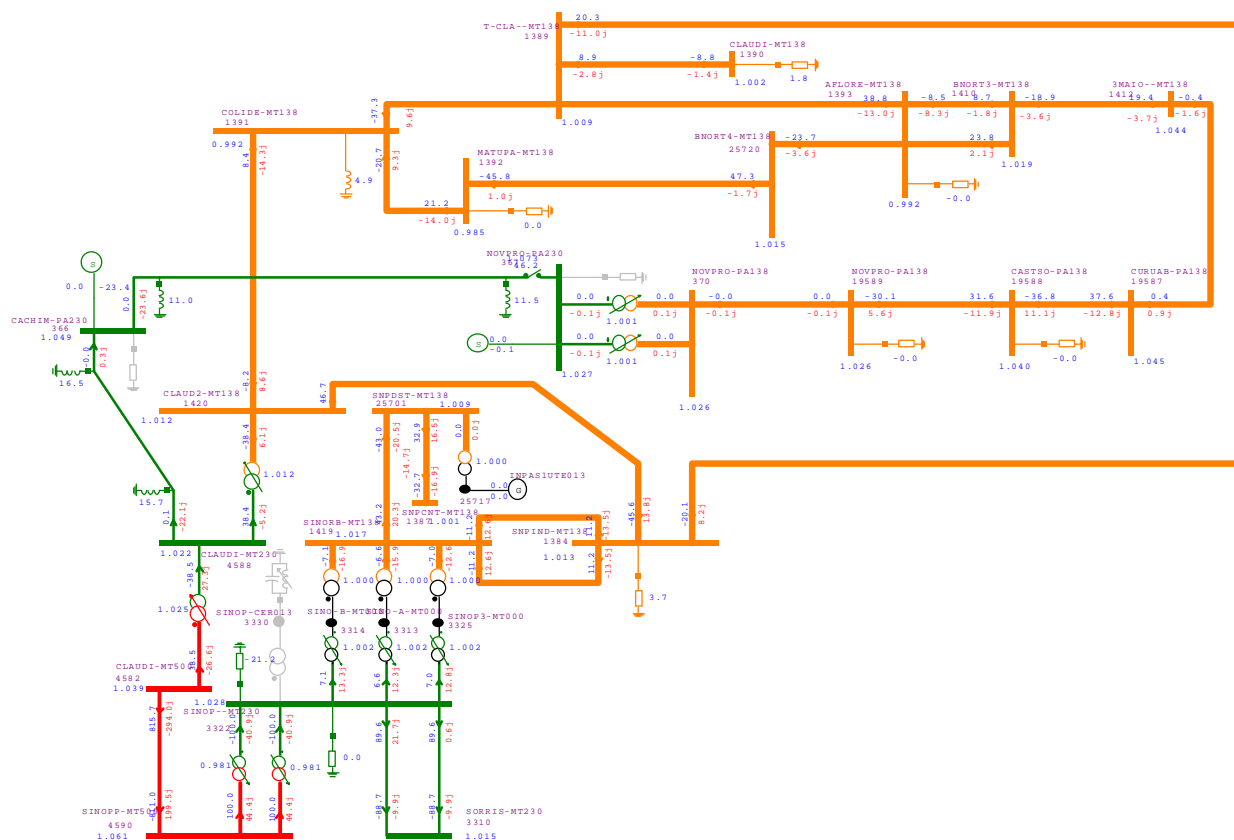


Figura 6-4 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Energização da LT 230 kV Cláudia – Cachimbo





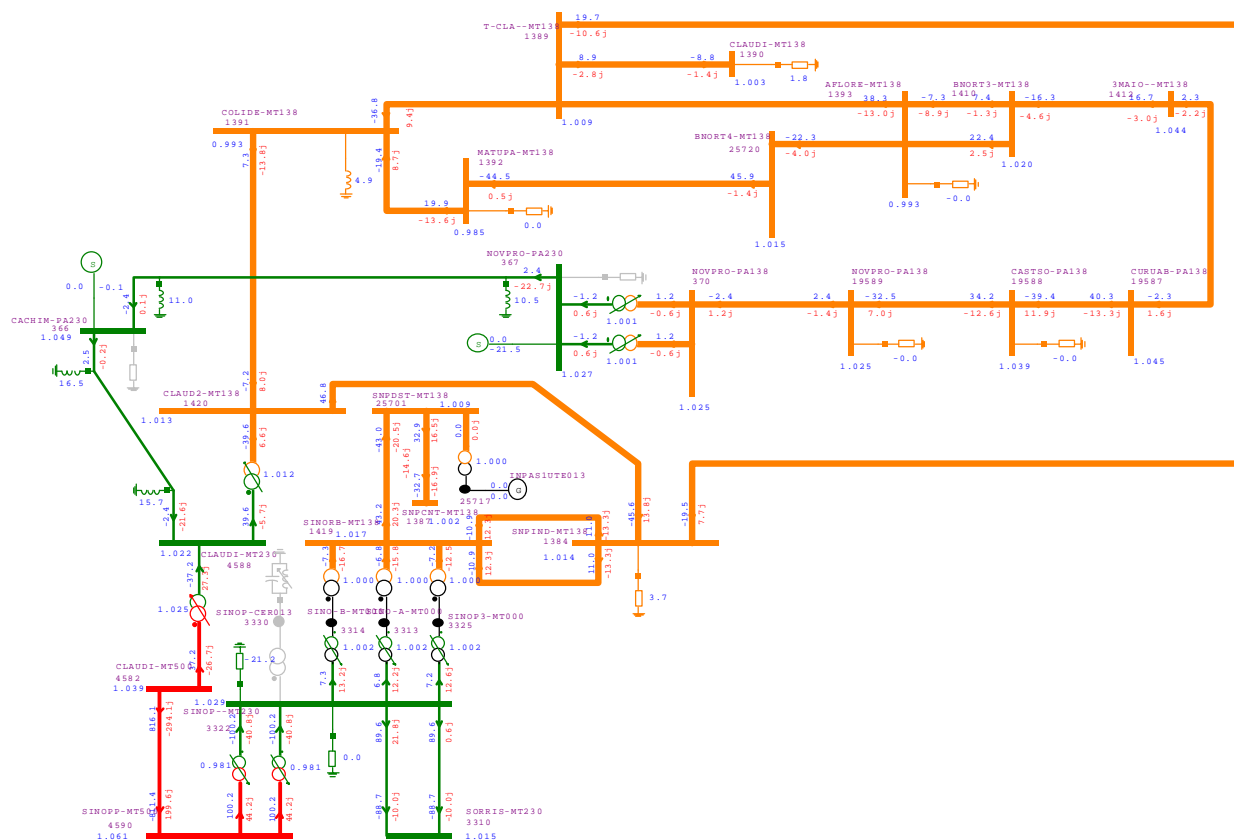


Figura 6-7 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 - Sistema de 230 kV Restabelecido – Após fechamento em Novo Progresso

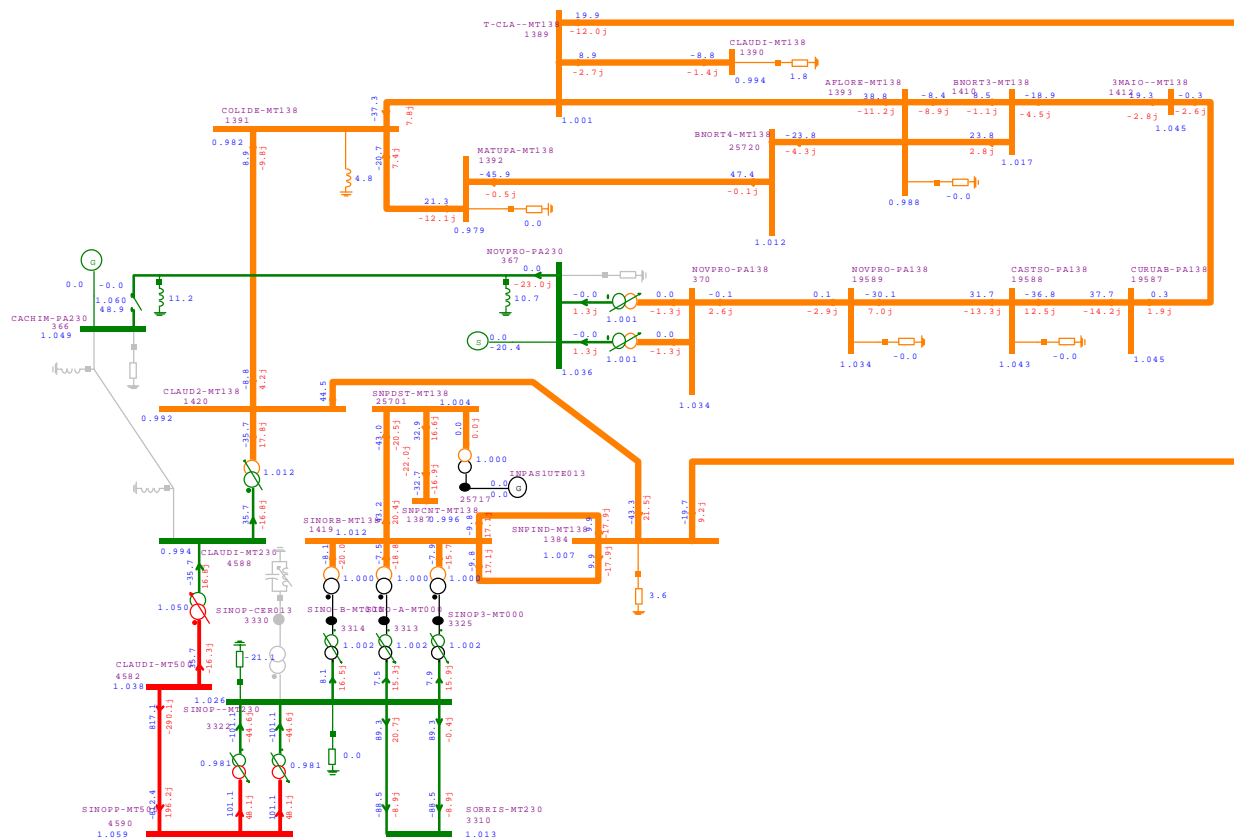


Figura 6-8 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 - Energização Inversa da LT 230 kV Cachimbo - Novo Progresso

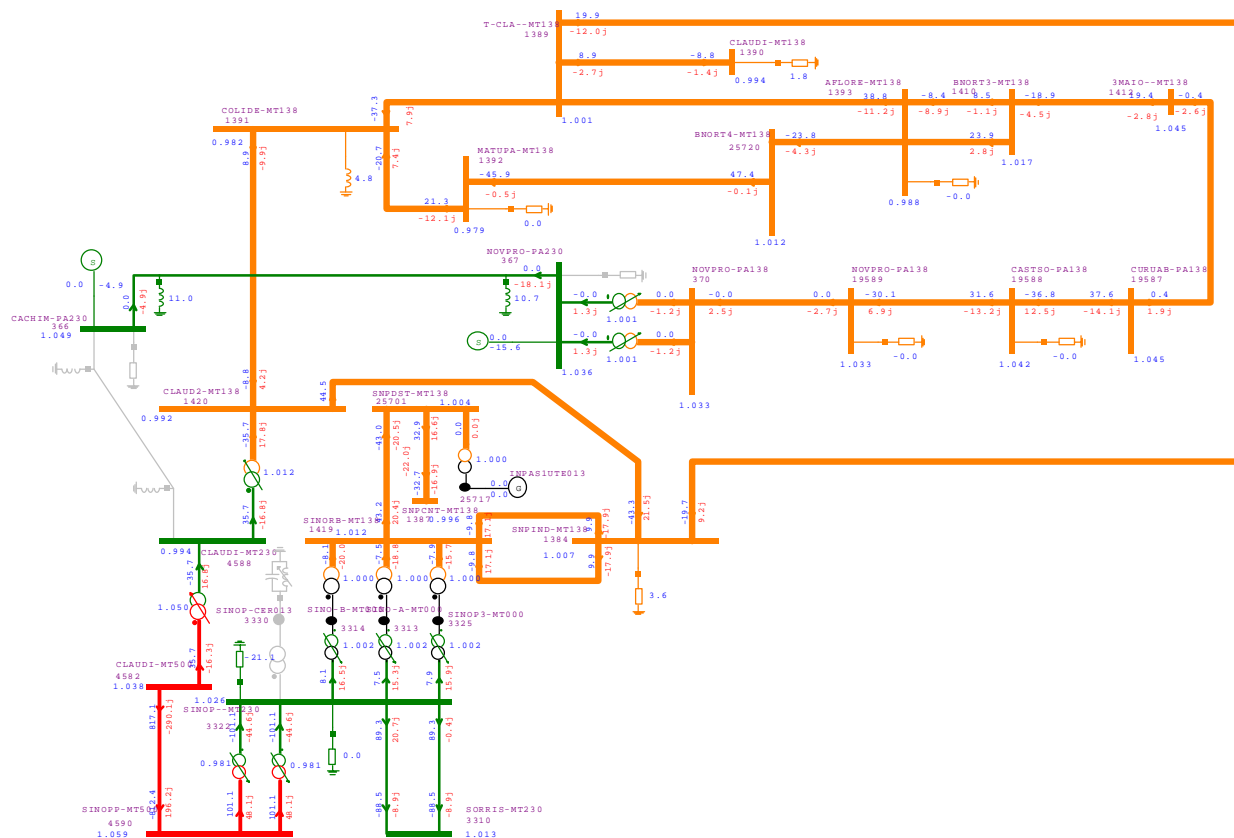


Figura 6-9 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 - Pré-energização da LT 230 kV Cachimbo – Cláudia

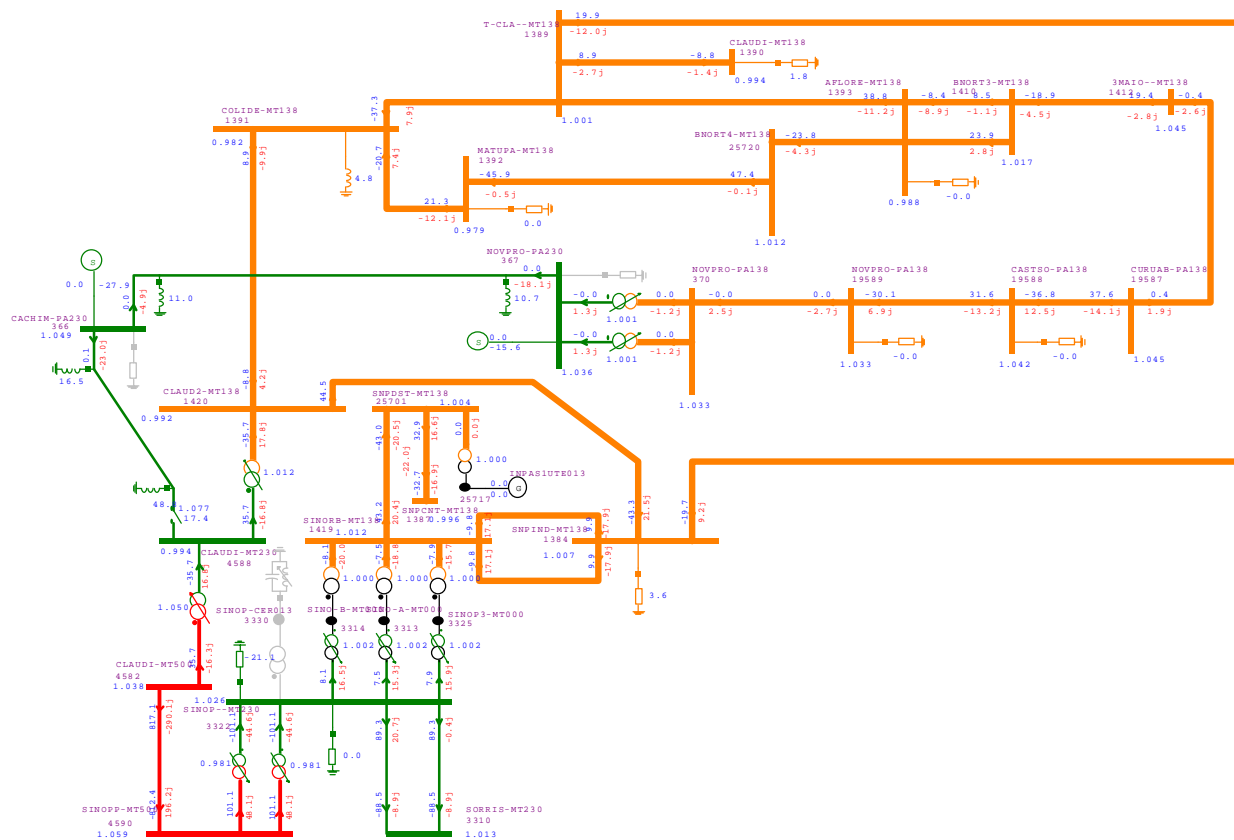


Figura 6-10 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 - Energização Inversa da LT Cláudia - Cachimbo

6.2 Energizações com Indisponibilidade de um Compensador Síncrono

A análise a seguir mostra a possibilidade de se propiciar um incremento na confiabilidade sistêmica no caso de indisponibilidade de um compensador síncrono em Cachimbo ou Novo Progresso, através da utilização de reatores de barra em 230 kV nas subestações de Cachimbo e Novo Progresso.

Pelos resultados obtidos conclui-se que com a utilização desses reatores as manobras de energização diretas e inversas são viáveis no caso de indisponibilidade do compensador síncrono em Cachimbo (Figura 6-11 a Figura 6-19) e, na indisponibilidade do compensador síncrono de Novo Progresso (Figura 6-20 a Figura 6-27), apenas a energização inversa da LT 230 kV Cachimbo – Novo Progresso, a partir de Novo Progresso, apresenta problemas de variação de tensão superior a 5% no sistema de 138 kV, não atendendo dessa forma aos critérios estabelecidos.

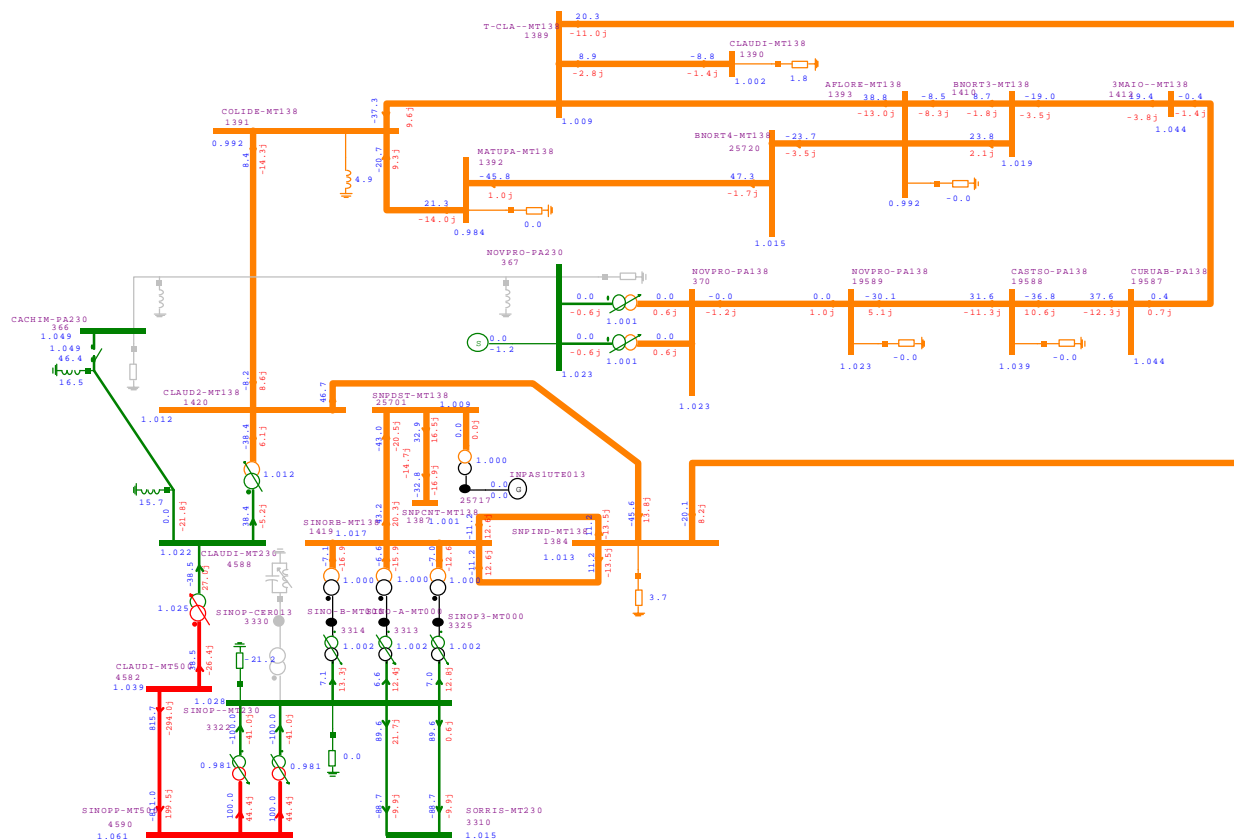


Figura 6-11 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Energização LT 230 kv Cláudia – Cachimbo sem CS em Cachimbo

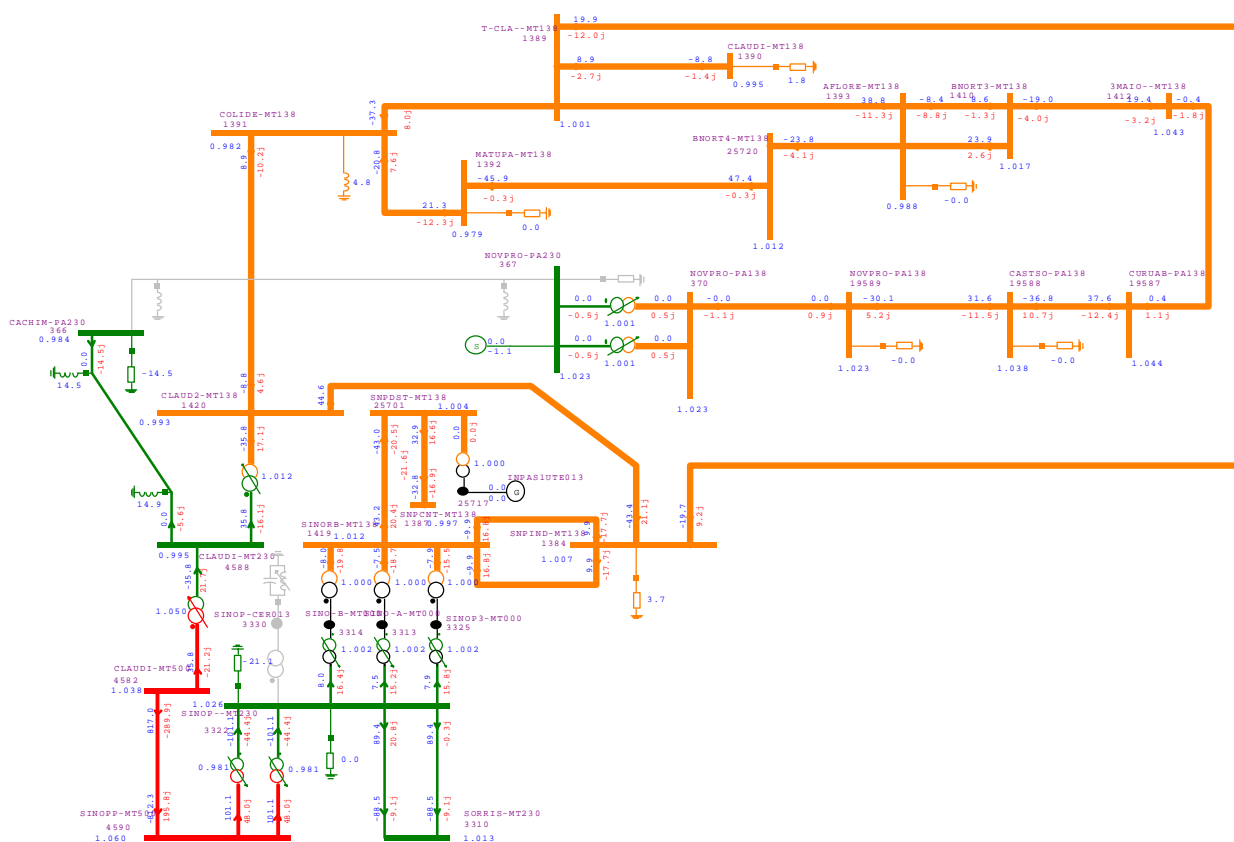


Figura 6-12 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Pré-energização da LT 230 kV Cachimbo – Novo Progresso sem CS e com RB em Cachimbo

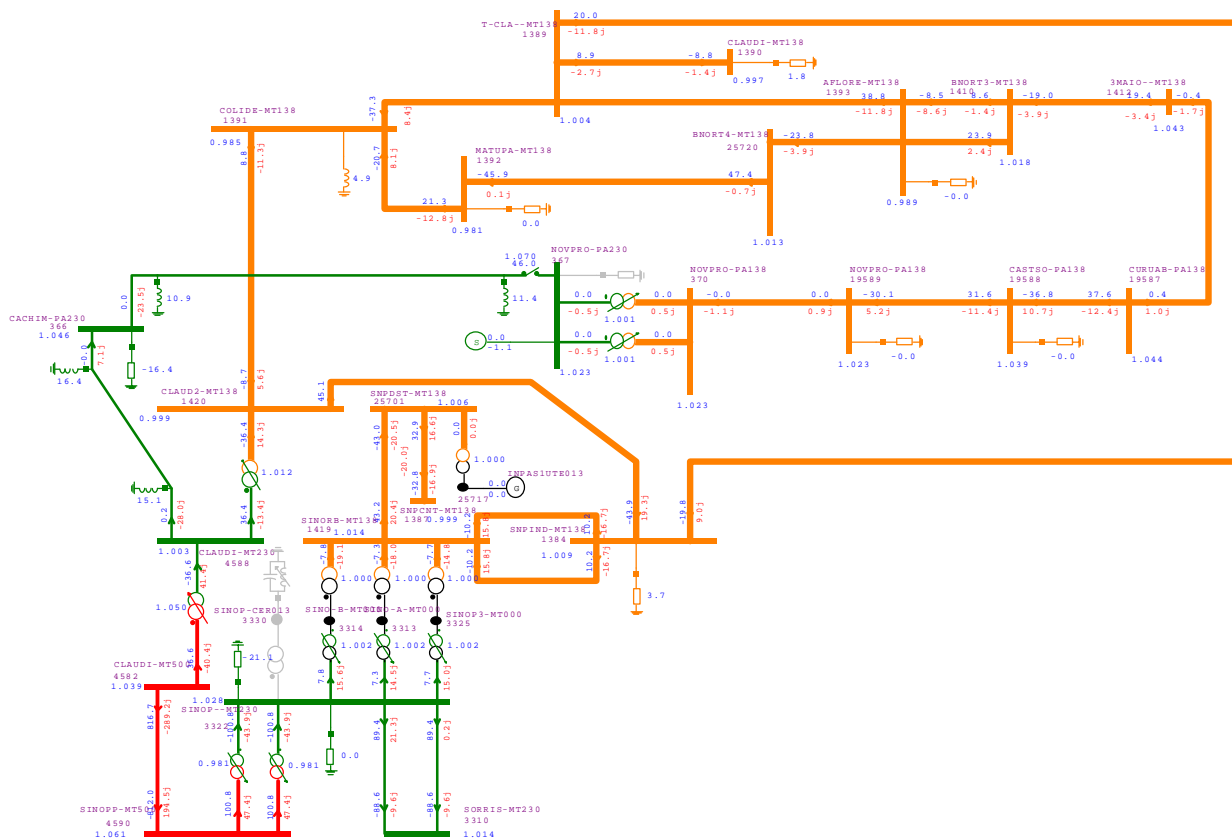


Figura 6-13 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Energização LT 230 kV Cachimbo – Novo Progresso sem CS e com RB em Cachimbo

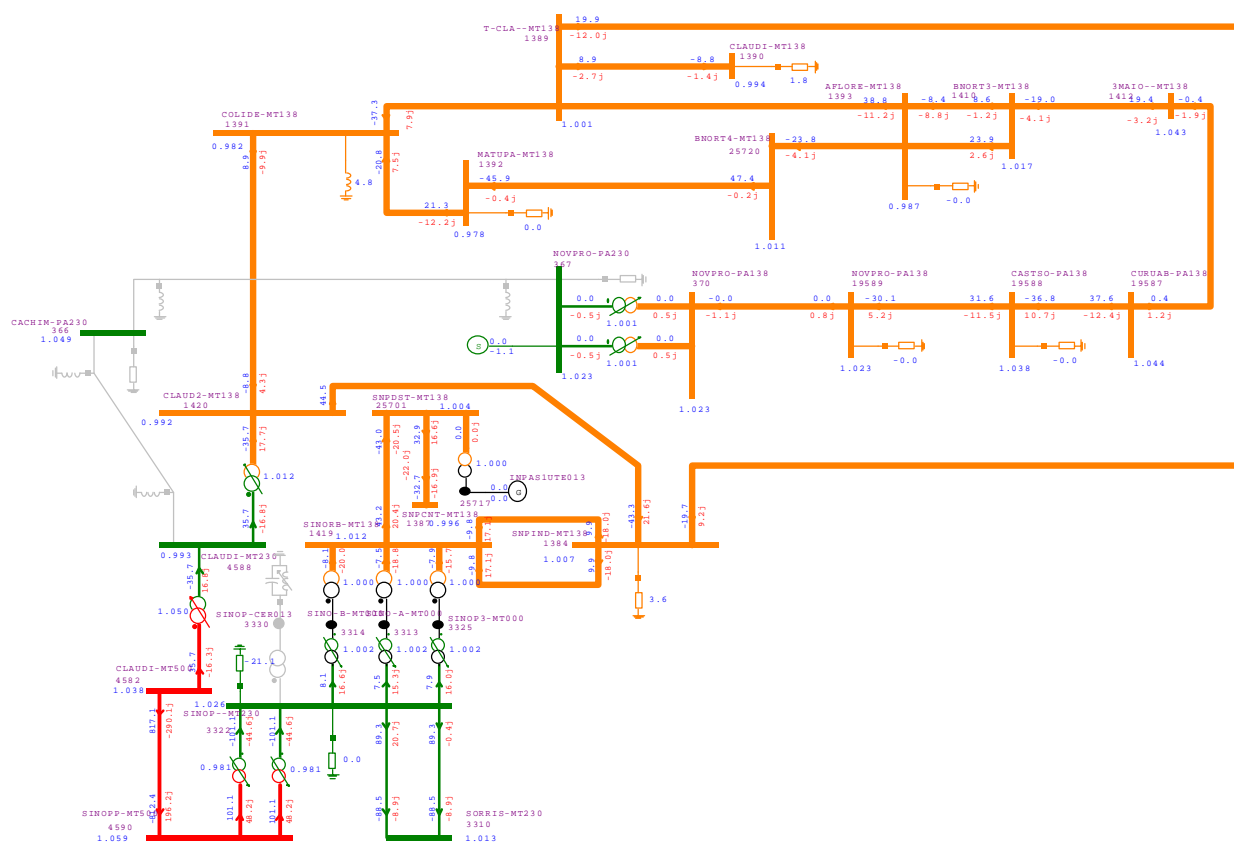


Figura 6-14 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Pré-energização da LT 230 kV Novo Progresso – Cachimbo sem CS Cachimbo sem RB Novo Progresso

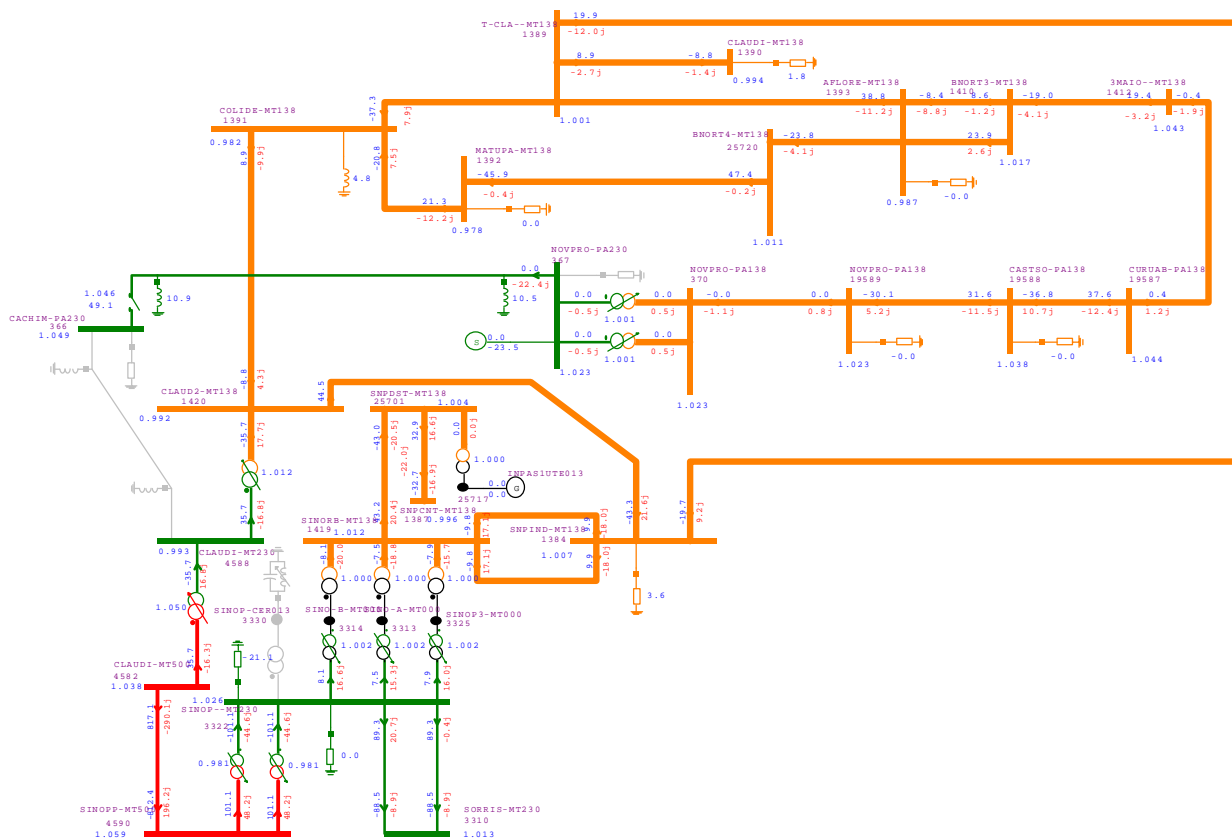


Figura 6-15 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Energização Inversa LT 230 kV Cachimbo - Novo Progresso sem CS Cachimbo e sem RB Novo Progresso

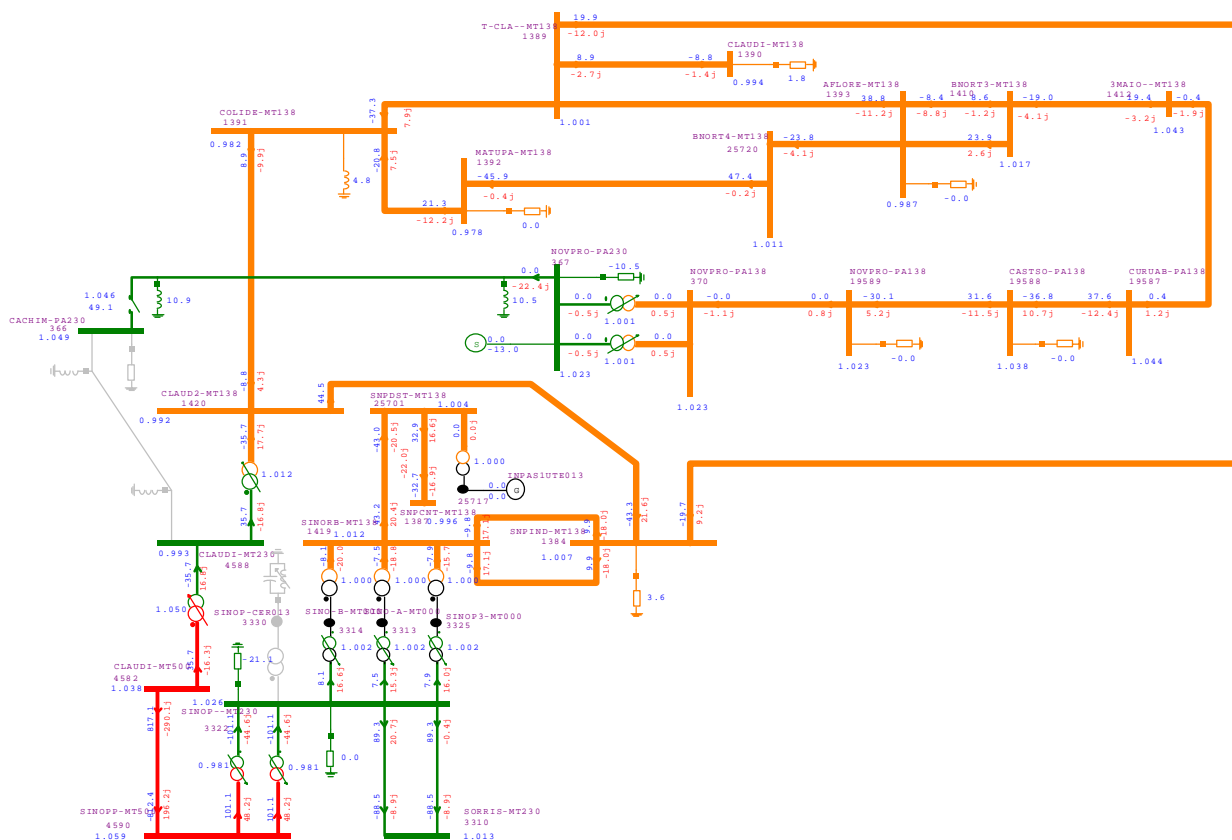


Figura 6-16 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Energização Inversa LT 230 kV Cachimbo - Novo Progresso sem CS Cachimbo com RB Novo Progresso

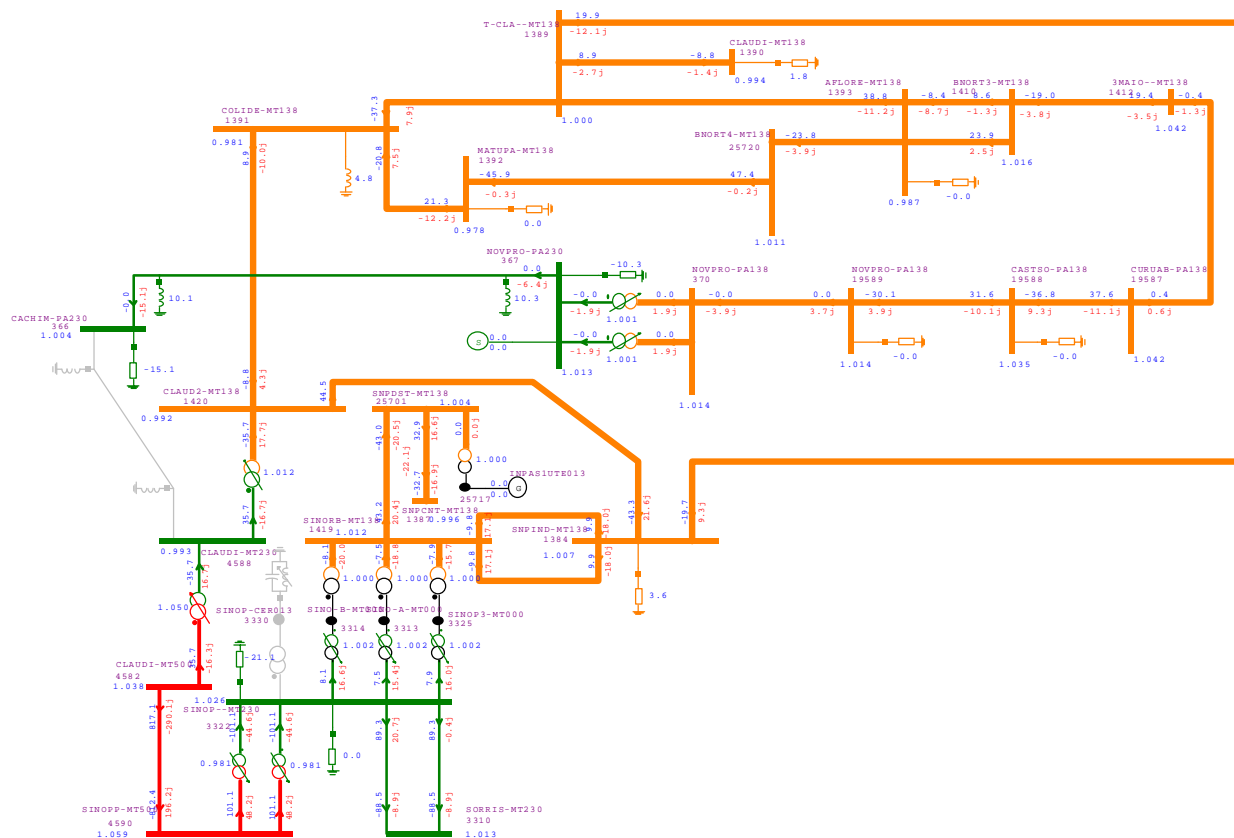


Figura 6-17 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Pré-energização LT 230 kV Cachimbo Cláudia sem CS Cachimbo com RB em Cachimbo e Novo Progresso

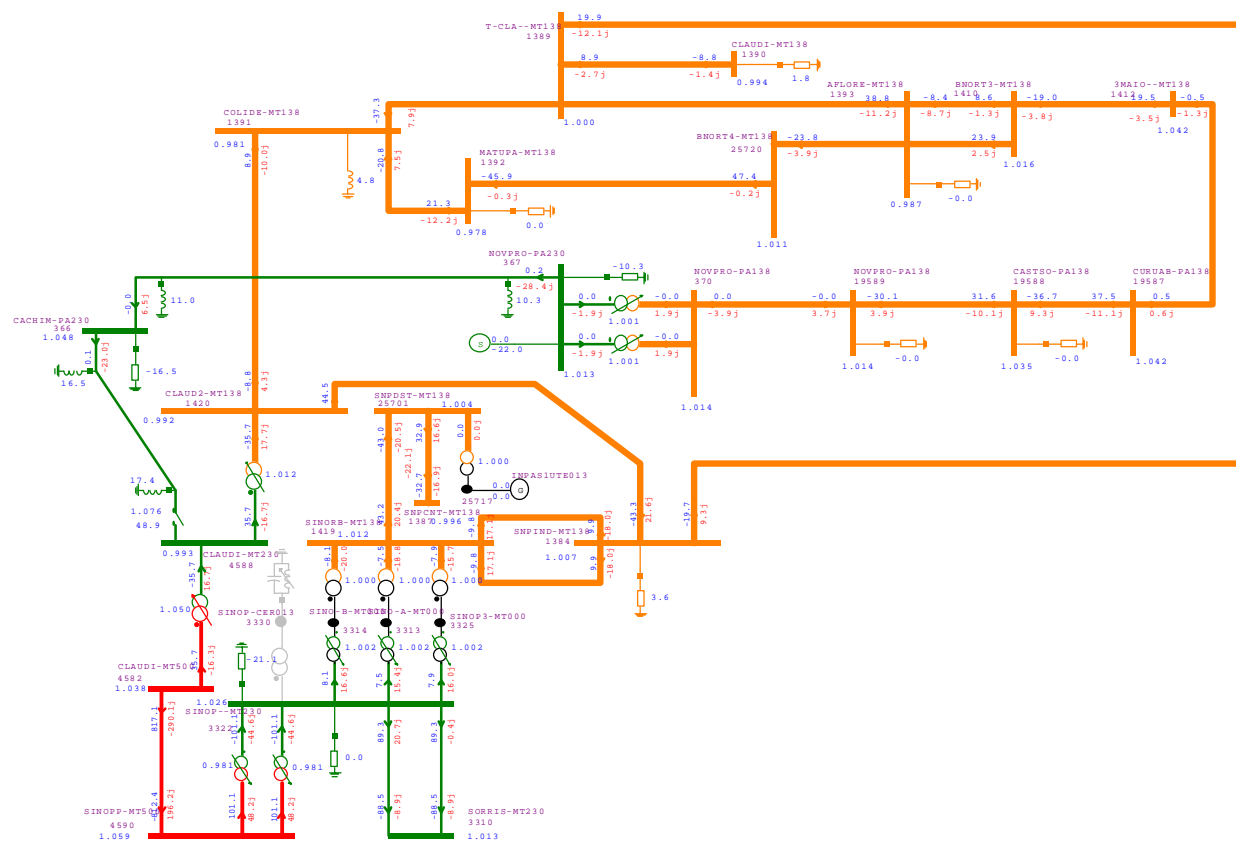


Figura 6-18 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Energização Inversa LT 230 kV Cláudia - Cachimbo sem CS Cachimbo com RB em Cachimbo e Novo Progresso

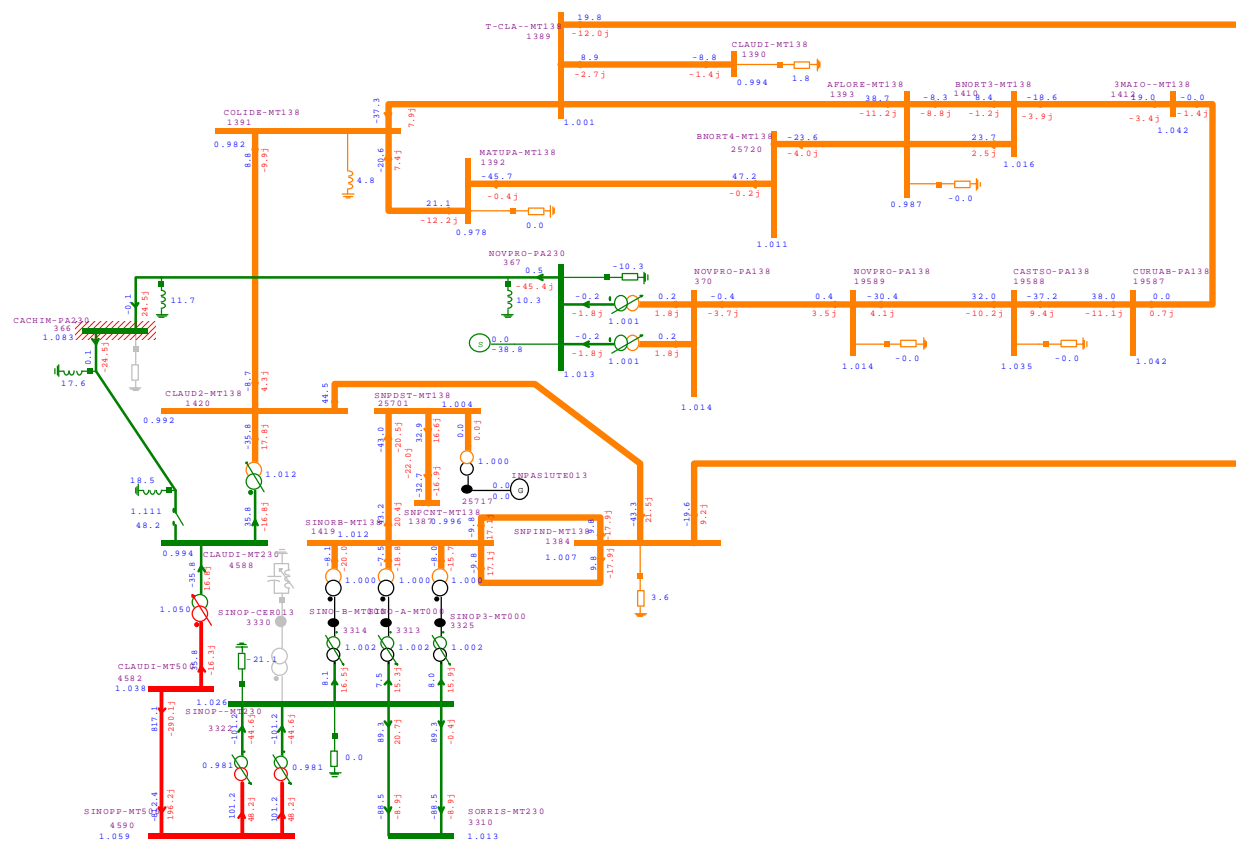


Figura 6-19 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Energização Inversa LT 230 kV Cláudia - Cachimbo sem CS e RB em Cachimbo com RB em Novo Progresso (violação de tensão)

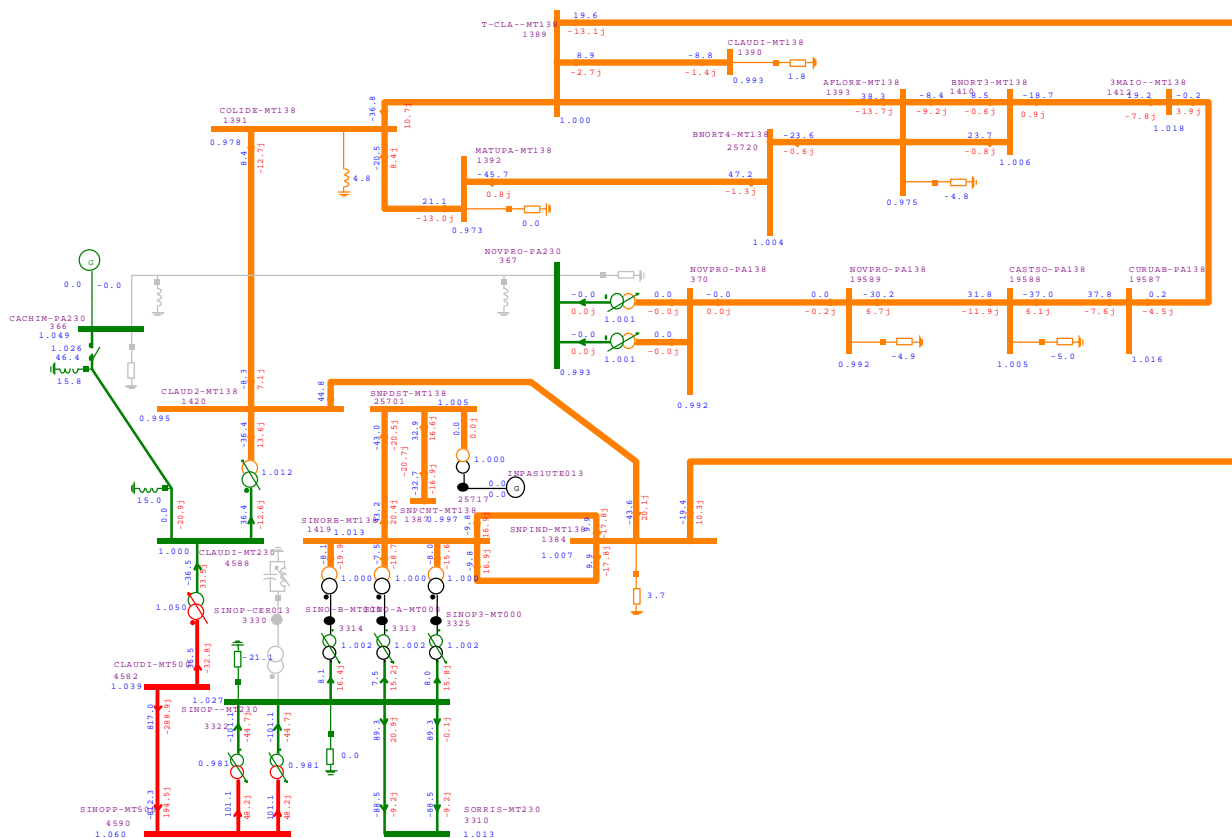


Figura 6-20 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Energização LT 230 kV Cláudia – Cachimbo sem CS Novo Progresso

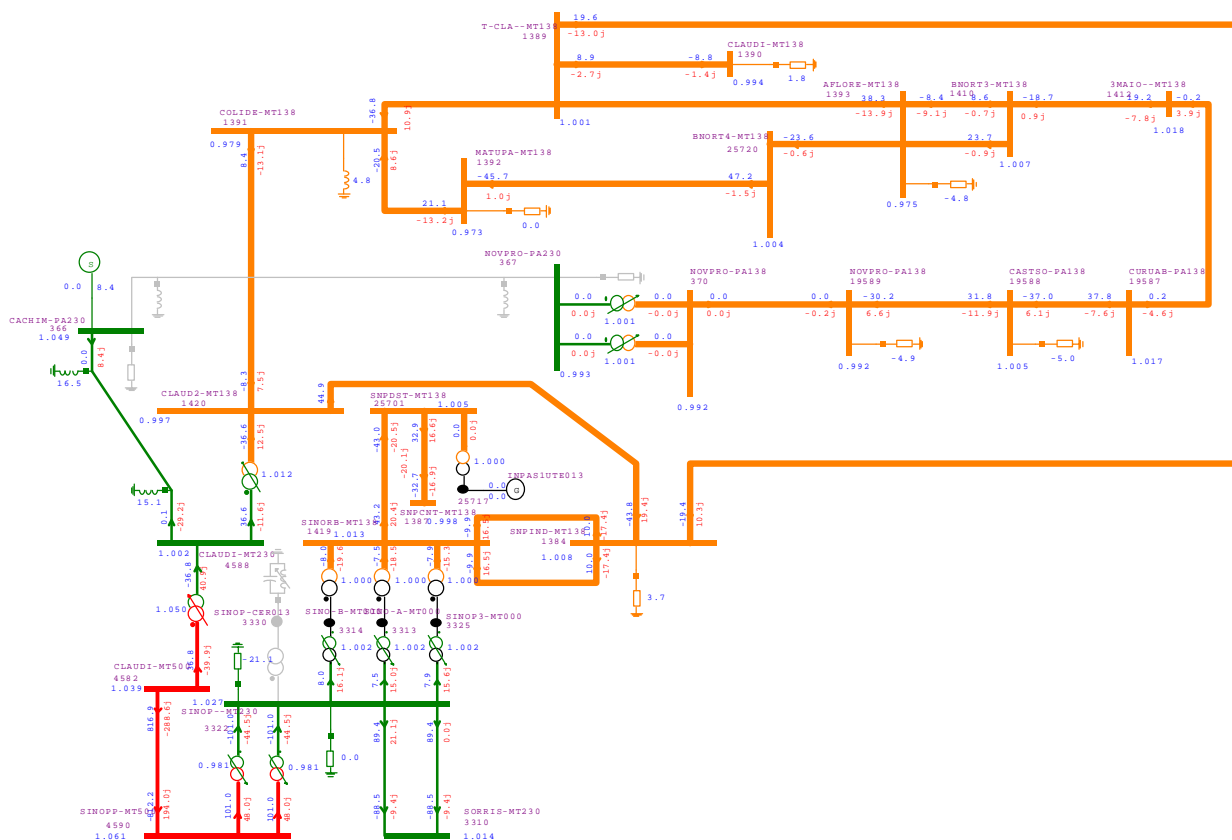


Figura 6-21 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Pré-energização LT 230 kV Cachimbo – Novo Progresso sem CS Novo Progresso

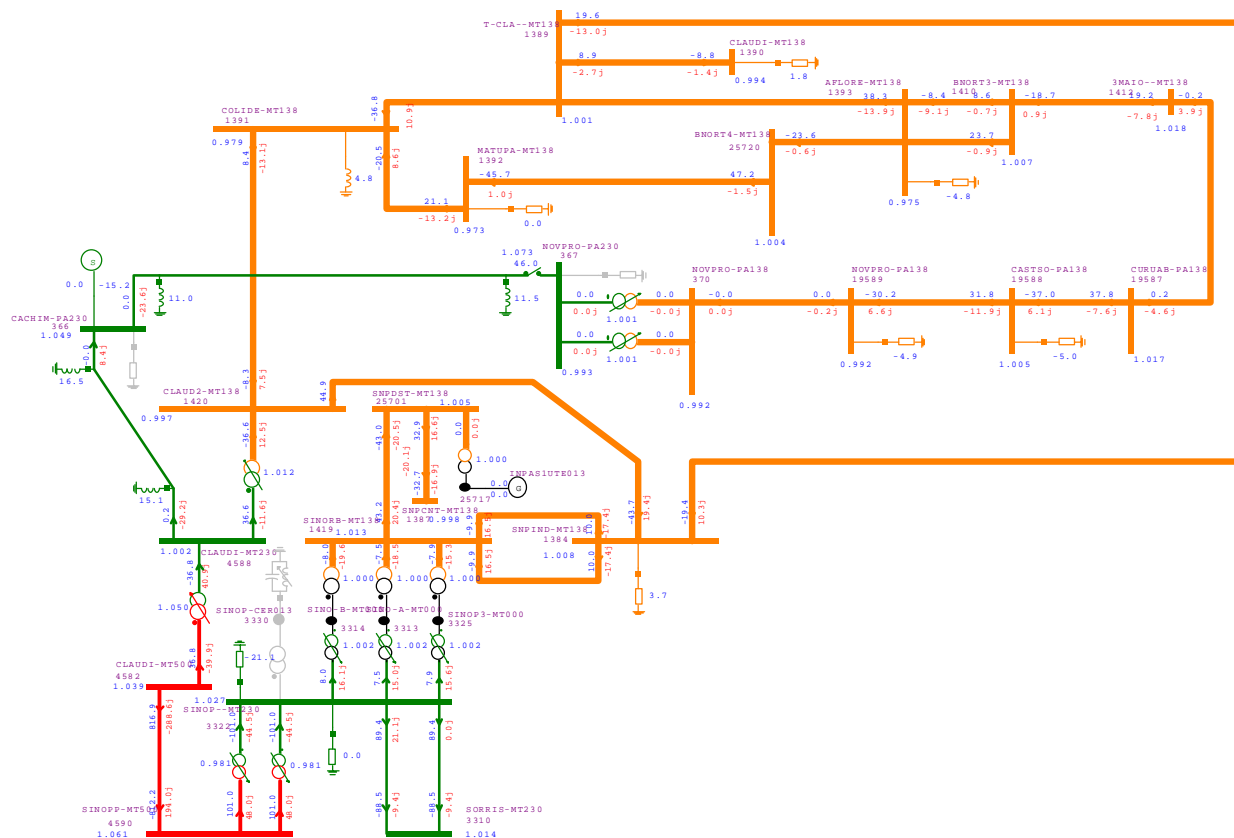


Figura 6-22 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Energização LT 230 kV Cachimbo – Novo Progresso sem CS Novo Progresso

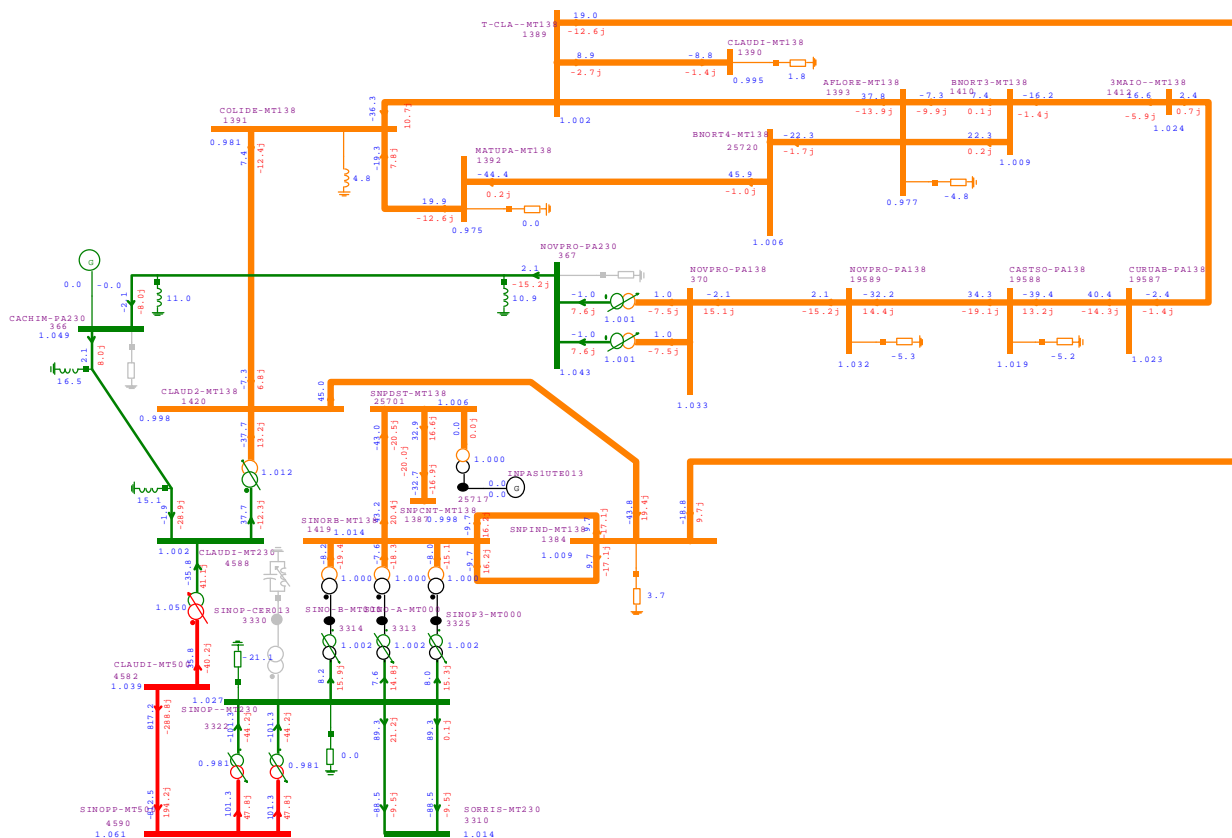


Figura 6-23 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Energização LT 230 kV Cachimbo – Novo Progresso sem CS Novo Progresso – Fechamento em Novo Progresso

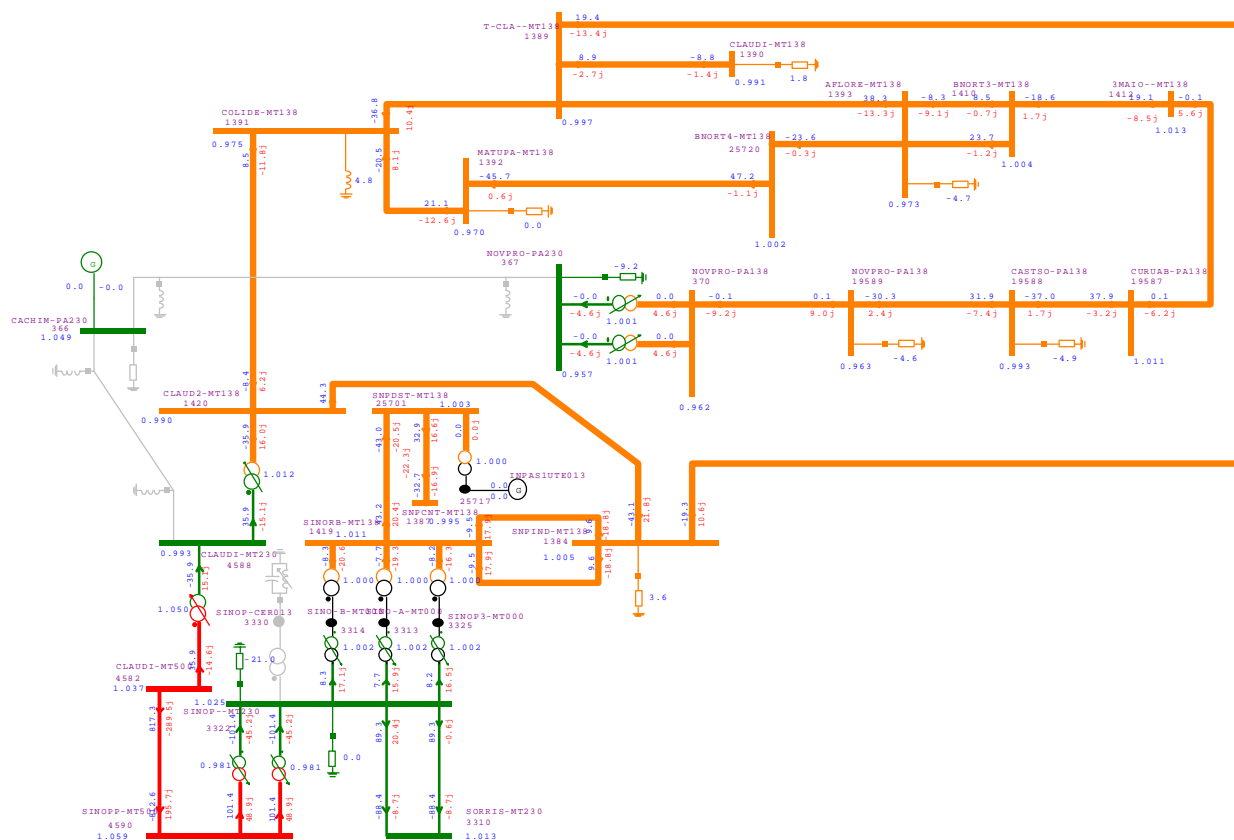


Figura 6-24 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Pré-energização da LT 230 kV Novo Progresso – Cachimbo sem CS com RB Novo Progresso

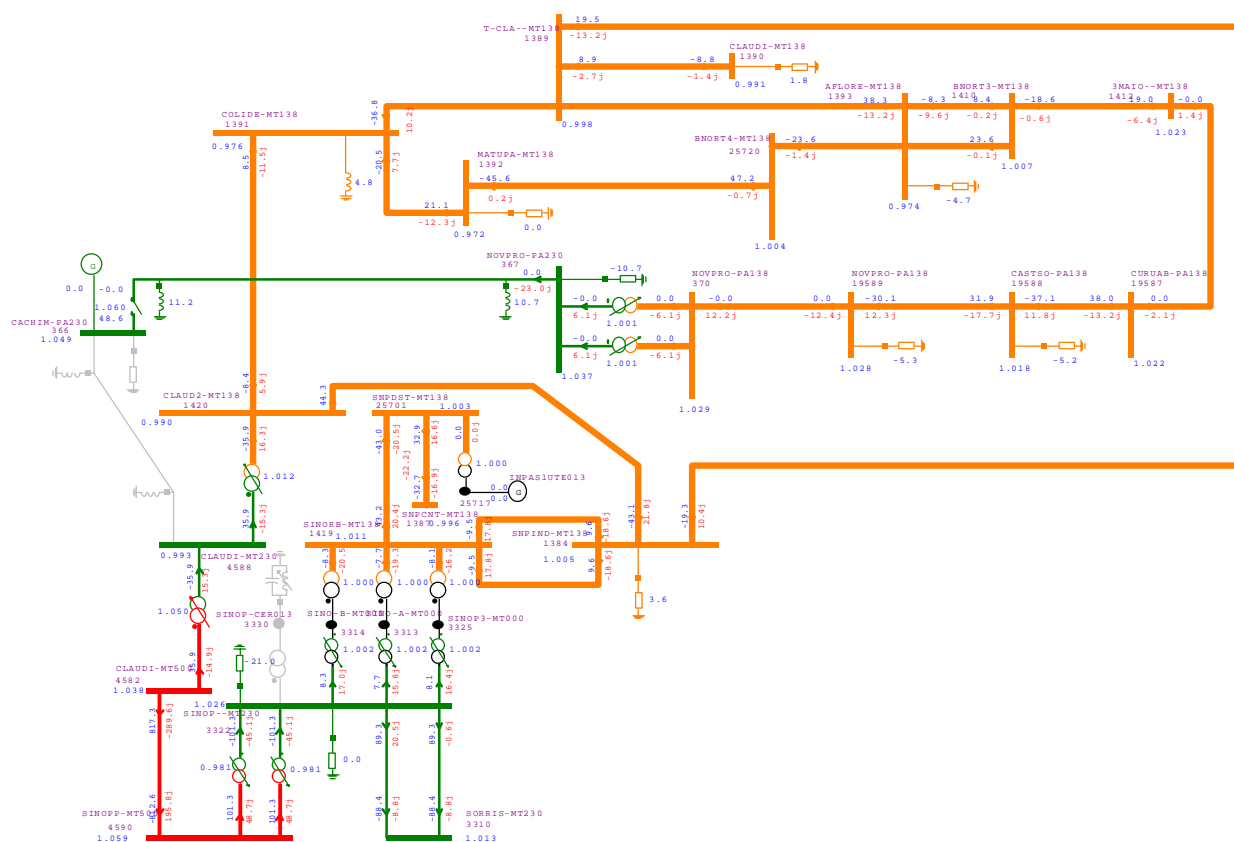


Figura 6-25 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Energização Inversa da LT 230 kV Cachimbo - Novo Progresso sem CS com RB Novo Progresso (violação)

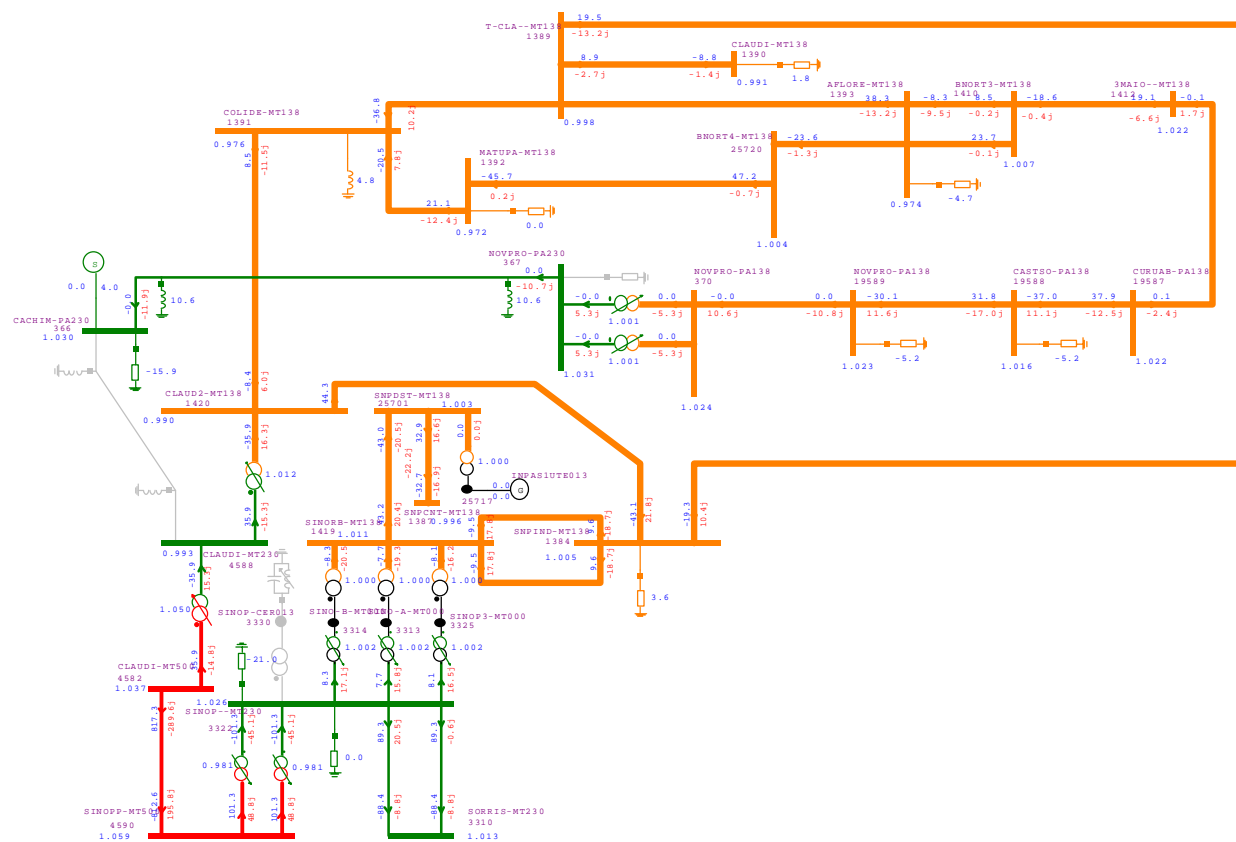


Figura 6-26 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Pré-energização da LT 230 kV Cachimbo – Cláudia sem CS e RB Novo Progresso com RB em Cachimbo

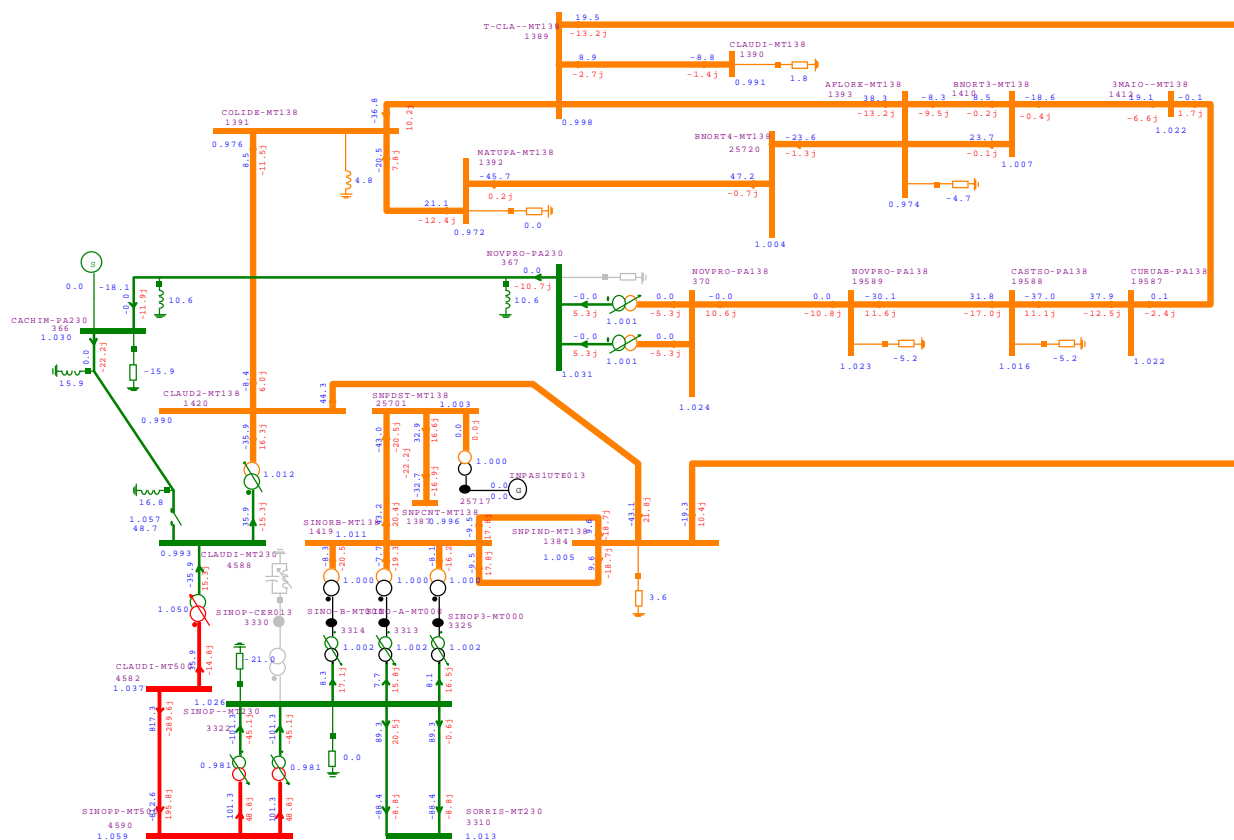


Figura 6-27 - Carga Leve Norte Úmido, Ano 2026 – Energização Inversa da LT 230 kV Cláudia - Cachimbo sem CS e RB Novo Progresso com RB em Cachimbo

6.3 Rejeições

Rejeições das LTs de 230 kV do trecho Cláudia – Cachimbo – Novo Progresso, após a abertura de ambos os terminais, correspondem na prática a perda de linhas de transmissão, sendo um fenômeno intempestivo, sem a possibilidade de ajustes prévios no sistema para minimizar seu impacto.

No caso de indisponibilidade de compensadores síncronos, a depender do terminal rejeitado e do cenário, principalmente em períodos de carga elevada (média e pesada), com maior gravidade no cenário Norte seco, poderá ocorrer corte de cargas após as rejeições em decorrência de baixo perfil de tensões no sistema de 138 kV na região.

Da Figura 6-28 à Figura 6-32 são mostradas as simulações realizadas para o ano de 2033 (ano horizonte dos casos do Plano Decenal Ciclo 2030, utilizados nas análises), no patamar de carga média e cenário hidrológico Norte úmido.

Na rejeição inversa da LT 230 kV Cachimbo – Novo Progresso (Figura 6-29) ocorrem variações de tensão superiores a 5%, na região de Alta Floresta 138 kV, mesmo com o compensador síncrono de Novo Progresso controlando a tensão em cerca de 105%, e a tensão de Cláudia 138 kV em 138 kV, indicando a necessidade de acréscimo de compensação reativa shunt no sistema de Distribuição da área.

Trata-se de problema recorrente, que ocorre tanto nas rejeições diretas quanto nas inversas, exclusivamente na região do entorno de Alta Floresta 138 kV, sem solução via recursos de ajustes nas fronteiras da Rede Básica, havendo a necessidade de se implantar novos capacitores no sistema de Distribuição.

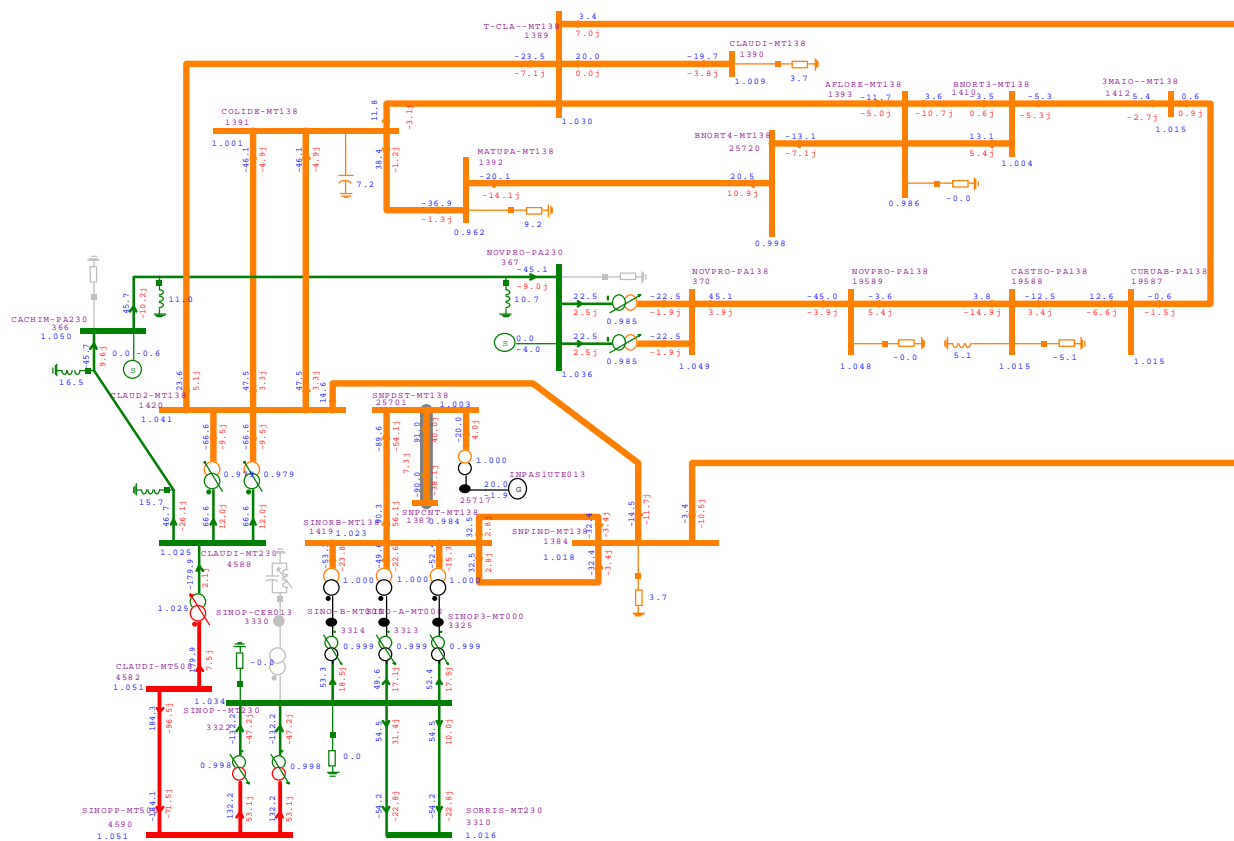


Figura 6-28 - Carga Média Norte Seco, Ano 2033– Caso Origem para as Simulações

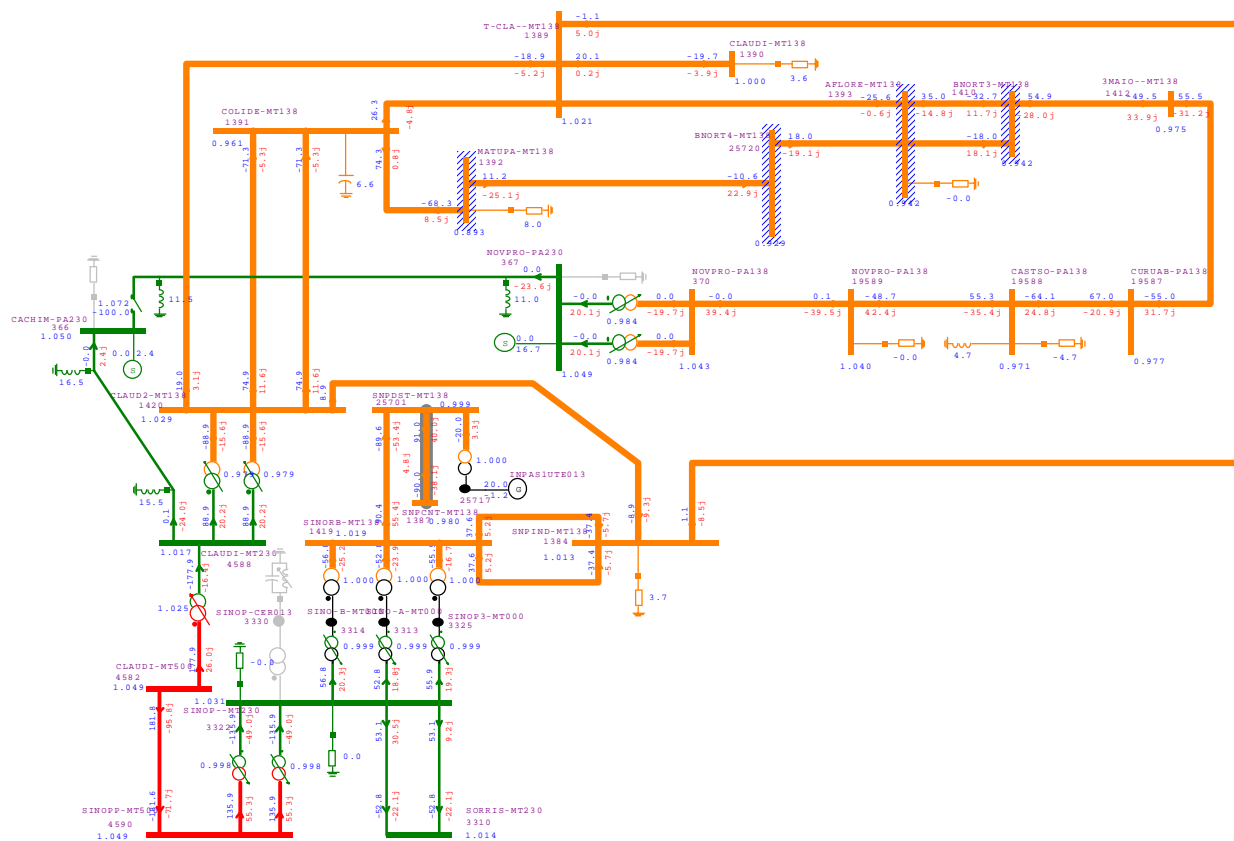


Figura 6-29 - Carga Média Norte Seco, Ano 2033– Rejeição Inversa da LT 230 kV Cachimbo - Novo Progresso

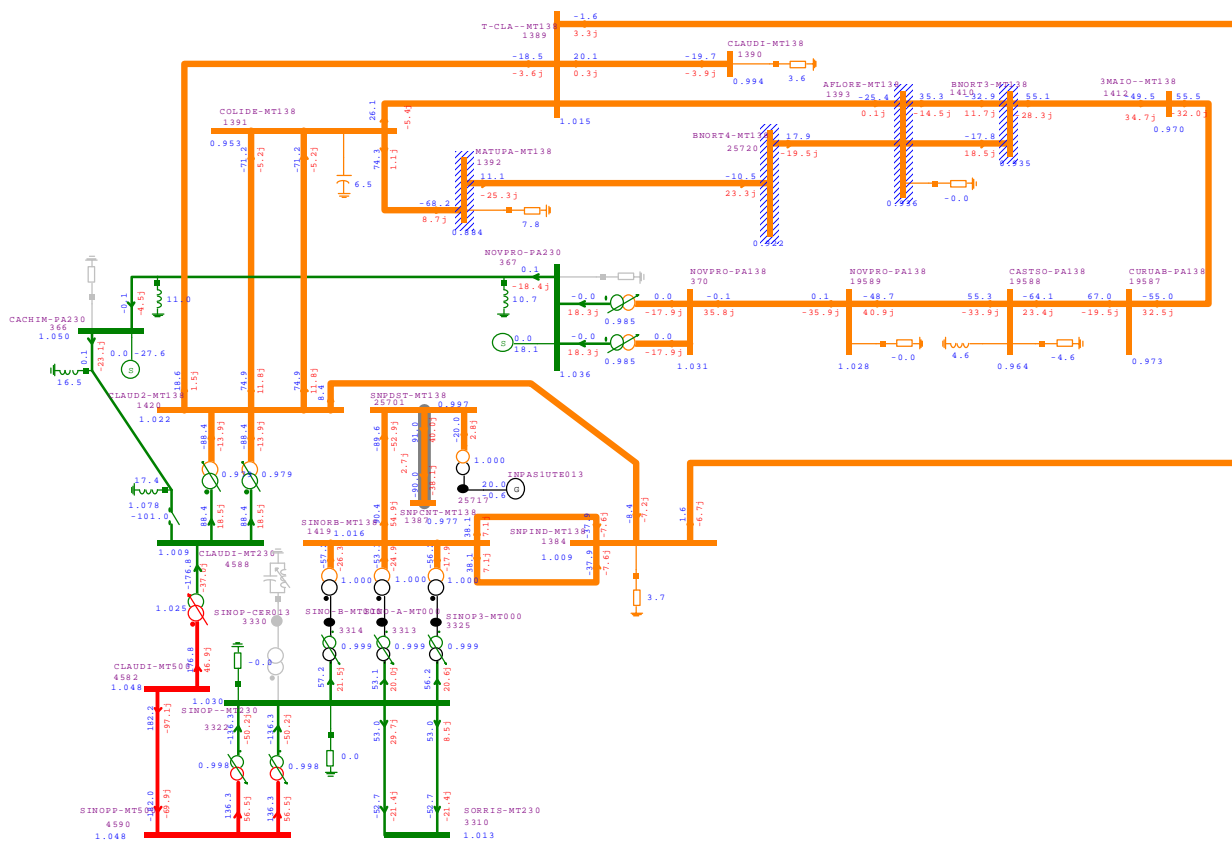


Figura 6-30 - Carga Média Norte Seco, Ano 2033– Rejeição Inversa da LT 230 kV Cláudia - Cachimbo

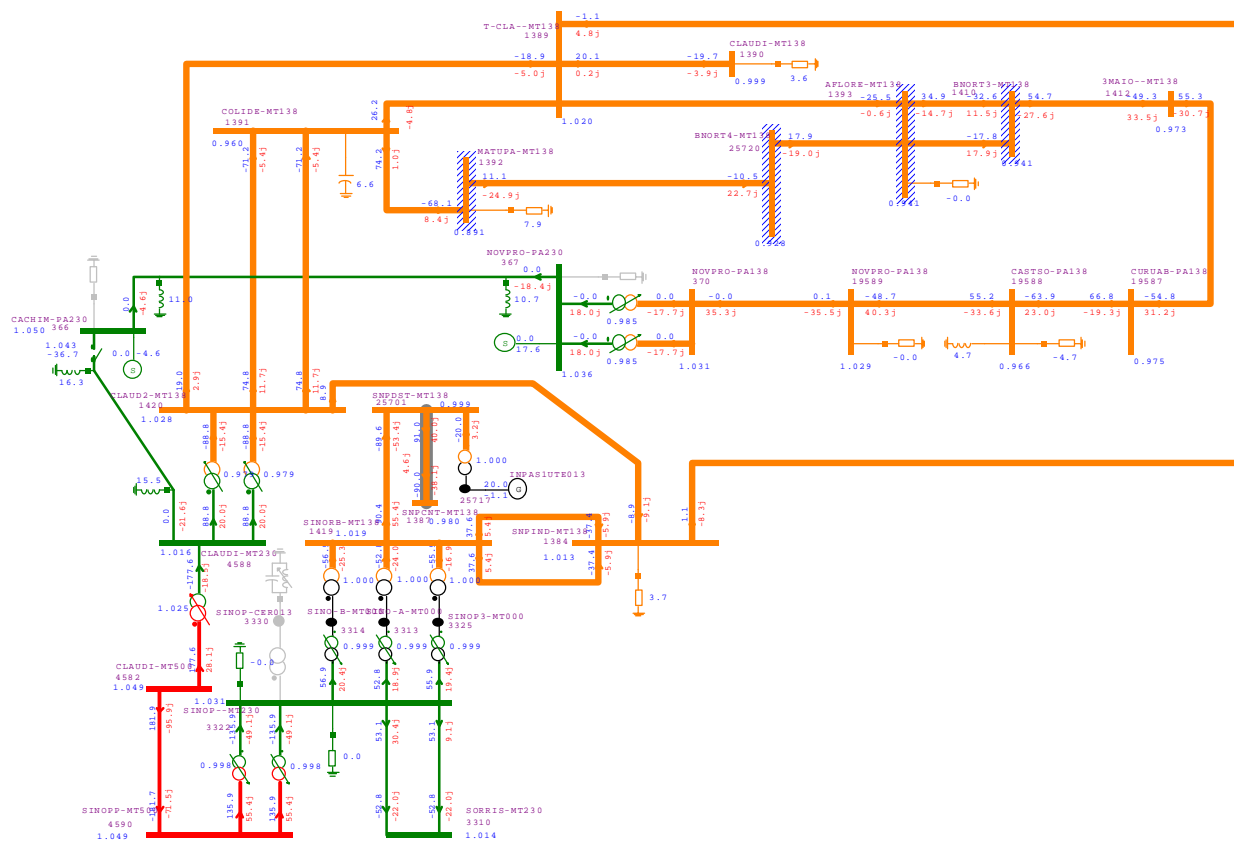


Figura 6-31 - Carga Média Norte Seco, Ano 2033– Rejeição Direta da LT 230 kV Cláudia - Cachimbo

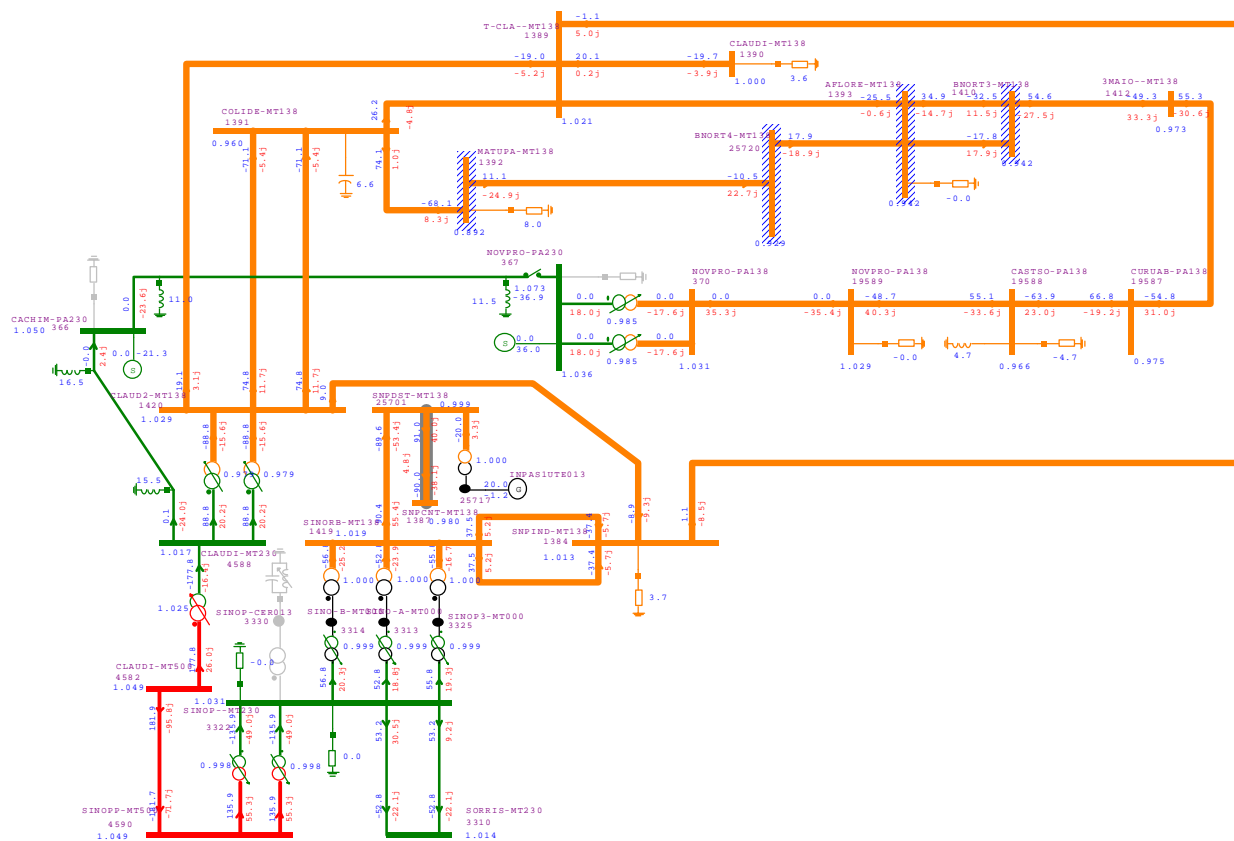


Figura 6-32 - Carga Média Norte Seco, Ano 2033– Rejeição Direta da LT 230 kV Cachimbo – Novo Progresso

7 AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA DE LINHAS DE TRANSMISSÃO AÉREAS

Neste capítulo são apresentadas análises técnicas e de otimização visando definir as especificações básicas das Linhas de Transmissão (LT) aéreas listadas abaixo:

- LT 230 kV Cláudia – Cachimbo, C1, em circuito simples (CS), de cerca de 278 km de comprimento;
- LT 230 kV Cachimbo – Novo Progresso, C1, em circuito simples (CS), de cerca de 227 km de comprimento.

Os resultados obtidos nas análises foram extraídos diretamente do programa ELEKTRA, desenvolvido pelo CEPEL [12].

7.1 Dados e Premissas

Os dados ambientais predominantes e preliminares para a análises técnicas e definição das capacidades operativas estão dispostos na Tabela 7 1. A temperatura do ar corresponde à maior máxima média mensal registrada na estação de medição localizada em Matupá/MT [13].

Tabela 7-1 - Dados do ambiente

Temperatura do ar – máxima média [°C]	36
Velocidade de vento para cálculo de temperatura dos cabos [m/s]	1
Radiação solar [W/m ²]	1000
Altitude média [m]	340
Altitude máxima [m]	585
Densidade relativa do ar para efeito corona visual [p.u.]	0,90
Vento básico p/ balanço (50 anos, 30 s, 10 m) [km/h]	125

Na Tabela 7 2 estão apresentados os parâmetros econômicos considerados na otimização. Os fluxos, fatores de carga e de perdas utilizados estão apresentados na Tabela 7 3. Já a Tabela 7 4 apresenta os carregamentos máximos verificados nos estudos de fluxo de potência em condição normal de operação e em emergência, decorrente de contingência no sistema, conforme resultados apresentados no Item 15.1 do Relatório indicado em [1].

Tabela 7-2 - Dados para avaliação econômica

Custo das perdas de energia [R\$/MWh]	187,46
Período [anos]	30
Taxa de desconto anual [%]	8
Banco de preços	Ref. ANEEL – 2020/06 ¹

¹ Atualizado pela EPE conforme [7].

Tabela 7-3 - Dados do sistema – Fluxos para cálculo de perdas

Linha	Fluxo ¹ [MVA]	Duração [Anos]	Fator de carga	Fator de perdas
	62,0	1	0,71	0,55
	63,1	1	0,71	0,55
	64,9	1	0,71	0,55
	63,7	1	0,71	0,55
	65,5	1	0,76	0,62
LT 230 kV Cláudia – Cachimbo – Novo	77,0	1	0,69	0,53
Progresso, C1, CS ²	78,2	1	0,71	0,55
	79,6	1	0,71	0,55
	80,8	1	0,75	0,59
	82,0	1	0,75	0,59
	83,4	1	0,75	0,60
	85,7	19	0,75	0,60

⁽¹⁾ Fluxos verificados à tensão nominal.

⁽²⁾ Como não há carga na SE Cachimbo, adotou-se o mesmo fluxo para ambas as LT em série.

Tabela 7-4 - Dados do sistema – Fluxos máximos observados para diferentes condições de operação

Linha	Fluxo ¹ [MVA]	
	Normal	Emergência
LT 230 kV Cláudia – Cachimbo – Novo Progresso, C1, CS ²	85,7	-

⁽¹⁾ Fluxos verificados à tensão nominal.

⁽²⁾ Como não há carga na SE Cachimbo, adotou-se o mesmo fluxo para ambas as LT em série.

Nestas análises adotou-se estruturas autoportantes (30 %) e estaiadas (70 %) de circuito simples, com geometria de fases triangular. Na Seção 7.4.2 constam as coordenadas finais, após a otimização, dos cabos na torre e flechas para a silhueta típica. Por fim, para a nova LT considerou-se também apenas cabos condutores tipo CAA e cabos para-raios EAR 3/8" e OPGW 13,3 mm.

7.2 Critérios Para Análises Elétricas e Comparações Econômicas

Na definição das capacidades de corrente, os valores a serem especificados devem atender minimamente aos fluxos observados no estudo, em condição normal e emergência. Adicionalmente, para estas novas LT, deve-se buscar adotar 75 °C como limite superior de temperatura nos cabos condutores em condição normal de operação e 90 °C em condição de emergência. Com relação aos níveis de emissão eletromagnética, estes devem observar os requisitos mínimos definidos em [14]. Essas restrições, juntamente com o balanço dos cabos, devem ser observadas de forma a definir uma estimativa inicial para a faixa de segurança e o conjunto de cabos condutores tecnicamente viáveis.

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

7.3 Avaliações Econômicas

7.3.1 Seleção dos cabos condutores

Inicialmente, cumpre destacar que foram avaliadas configurações possuindo um e dois cabos por fase. Quanto aos cabos considerados, salienta-se que foi considerado uma ampla gama de possibilidades de condutores CAA, com distintas bitolas e formações.

Após as análises realizadas pelo programa ELEKTRA, identificou-se que as soluções economicamente equivalentes dentre as soluções candidatas são aquelas apresentadas na Tabela 7-5.

Como pode se verificar, a configuração de menor custo total é a 1 x RUDDY (900 MCM). Contudo, a configuração 1 x TERN (795 MCM), que se encontra dentro da região de empate econômico, possui o menor custo de instalação, sendo assim é a configuração recomendada para utilização nestas LT.

Tabela 7-5 - Configurações com menor custo total

Cabo condutor		Custos (1000 x R\$/km)			Relação entre custo total e o menor custo total [%]
Nome	Nº de subcond. por fase	Instalação	Perdas	Total	
RUDDY	1	510,9	130,7	641,5	100,0
TERN	1	492,4	152,1	644,6	100,5
RAIL	1	524,1	121,4	645,5	100,6
ORTOLAN	1	540,3	110,2	650,5	101,4
BLUEJAY	1	555,7	100,8	656,4	102,3
DRAKE	1	512,1	145,2	657,3	102,5
IBIS	2	530,0	132,5	662,5	103,3

7.4 Características Técnicas da Solução de Referência

7.4.1 Características elétricas

Tendo em vista os resultados das análises realizadas, os parâmetros elétricos e capacidades operativas especificadas estão sumarizados na Tabela 7-6.

Tabela 7-6 - Características elétricas básicas das LT 230 kV em CS

Tipo	Cabo	Capacidade por circuito [A]		Parâmetros de sequência a 50 °C			
		Normal	Emerg.	seq.	r [Ω/km]	x [Ω/km]	b [μS/km]
Circuito Simples	CAA 1 x TERN (795 MCM)	865	985	+	0,0819	0,4856	3,4069
				0	0,4147	1,4480	2,1624
				mut.0	-	-	-

A Figura 7-1, extraída do ELEKTRA, apresenta um sumário dos resultados técnicos da LT em CS, incluindo o vão médio de 450 m utilizado na análise referencial. Com relação à faixa de segurança, esta foi estimada em 37,4 m devido à Rádio Interferência. Não obstante, foram realizadas análises de sensibilidade variando-se alguns parâmetros de cálculo e, portanto, recomenda-se a adoção referencial de uma largura de faixa de 40 metros.

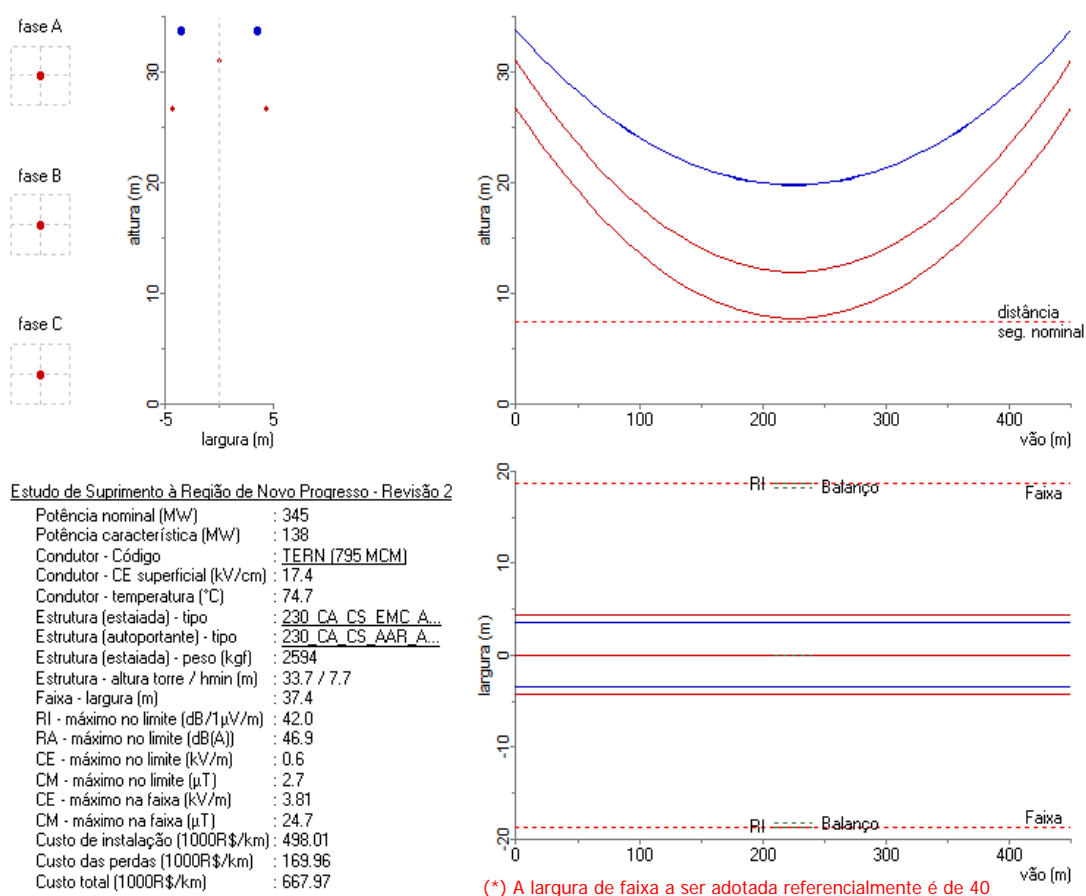


Figura 7-1 - Dados técnicos básicos das LT 230 kV em CS

7.4.2 Características construtivas

Considerando os resultados das simulações realizadas, as coordenadas da silhueta típica e as respectivas flechas estão apresentadas na Tabela 7-7

Tabela 7-7 - Coordenadas da silhueta típica das LT 230 kV em CS

Elemento	X [m]	Y [m]	Flecha [m]
Fase A	-4,30	26,8	19,1
Fase B	0,00	31,0	19,1
Fase C	4,30	26,8	19,1
Para-raios 1	-3,50	33,7	13,9
Para-raios 2	3,50	33,7	13,9

8 ANÁLISE DE RESSONÂNCIA E EXTINÇÃO DE ARCO SECUNDÁRIO

Neste capítulo são apresentados os principais resultados das análises preliminares de ressonância e extinção de arco secundário com vistas a verificar, em regime permanente, a viabilidade de implantação do religamento monopolar nas Linhas de Transmissão (LT) aéreas listada abaixo:

- LT 230 kV Cláudia – Cachimbo, C1, em Circuito Simples (CS)
- LT 230 kV Cachimbo – Novo Progresso, C1, em Circuito Simples (CS)

Não obstante, as situações expostas deverão ser investigadas novamente no âmbito do Projeto Básico. Nestas análises deverão ser consideradas as soluções que de fato serão adotadas, com simulações no domínio do tempo e em regime permanente, com uma modelagem mais acurada da rede adjacente, incluindo a reavaliação das especificações de eventuais reatores de neutro, caso seja identificada a necessidade nesses estudos.

Destaca-se que todas as simulações foram realizadas com o programa ATP/ATPDraw e uma ferramenta computacional dedicada para simulação paramétrica, desenvolvida pela Superintendência de Transmissão de Energia (STE) da EPE, considerando-se uma modelagem trifásica em regime permanente.

8.1 Procedimentos e Critérios de Análise

Diz-se que o religamento monopolar é viável se houver alta probabilidade de auto-extinção do arco secundário em um tempo morto predefinido. Essa probabilidade deve ser verificada através do par de valores de tensão e corrente, no ponto de falta, tanto em regime permanente como em regime transitório. Não obstante, considerando um tempo morto de até 2 s, as análises em regime permanente possibilitam conclusões preliminares sobre a viabilidade da manobra. Estas análises têm como objetivo investigar a corrente de arco secundário e a tensão sustentada, sob abertura monopolar, para a faixa de frequência de 56 Hz a 66 Hz [15, 16]. A verificação da tensão de fase aberta é importante não só para a questão da extinção do arco secundário, mas também para assegurar que durante a manobra os equipamentos terminais da LT não ficarão expostos a sobretensões acima de seus limites de suportabilidade.

De forma conservativa, as tensões nas barras terminais devem ser ajustadas para valores próximos aos máximos operativos. Além disso, para maximizar a corrente de arco secundário, o fluxo de potência na LT deve ser ajustado, no mínimo, para a condição de maior carregamento vislumbrada no estudo. Nas simulações considera-se que a silhueta típica é usada em toda a extensão da LT, com a devida representação das transposições e eventuais paralelismos. Por fim, deve-se adotar os seguintes limites para as variáveis avaliadas:

- Corrente de arco secundário não superior a 80 A [17]

- Tensão induzida na fase aberta não superior à tensão máxima de operação

8.1.1 LT 230 kV Cláudia - Cachimbo, C1

Esta LT possui um comprimento estimado em cerca de 278 km, com reatores em derivação de 15 Mvar em cada terminal, resultando em um grau de compensação de aproximadamente 59 %. Nas simulações o ponto de operação foi ajustado considerando-se um fluxo de cerca 140 MVA, correspondente ao SIL (*Surge Impedance Loading*) da LT.

Os resultados da Tabela 8-1 não indicam a necessidade de adoção de medida para mitigar a corrente de arco secundário – como reator de neutro -, uma vez que os valores obtidos são reduzidos. Além disso, pode-se verificar na Figura 8-1 que durante a abertura monopolar as fases não ficaram sujeitas a sobretensões, com valores abaixo do limite de 1,05 p.u. (139,4 kV). Portanto, nesta etapa, e considerando os resultados da análise realizada, não se vislumbra dificuldades na implantação do religamento monopolar nesta LT.

Tabela 8-1 - LT 230 kV Cláudia - Cachimbo, C1. Corrente de arco secundário a 60 Hz, valor eficaz, com o neutro dos reatores em derivação solidamente aterrados.

Fase em falta	Local da falta		
	Cláudia	½ LT	Cachimbo
A	16,5 A	15,7 A	15,7 A
B	15,9 A	15,3 A	15,1 A
C	16,5 A	15,7 A	15,7 A

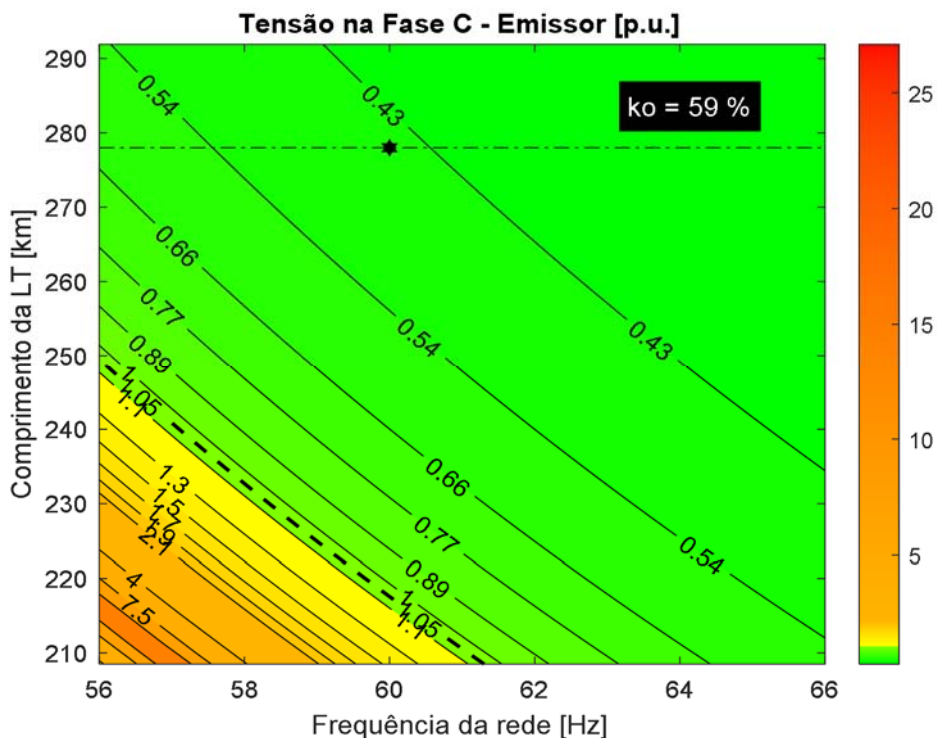


Figura 8-1 - LT 230 kV Cláudia - Cachimbo, C1. Prospecção da tensão induzida, em p.u., com o neutro dos reatores em derivação solidamente aterrados. Terminal Cláudia

8.1.2 LT 230 kV Cachimbo – Novo Progresso, C1

Esta LT possui um comprimento estimado em cerca de 227 km, com reatores em derivação de 10 Mvar em cada terminal, resultando em um grau de compensação de aproximadamente 49 %. Nas simulações o ponto de operação foi ajustado considerando-se um fluxo de cerca 140 MVA, correspondente ao SIL (*Surge Impedance Loading*) da LT.

Os resultados da Tabela 8-2 não indicam a necessidade de adoção de medida para mitigar a corrente de arco secundário – como reator de neutro -, uma vez que os valores obtidos são reduzidos. Além disso, pode-se verificar na Figura 8-2 que durante a abertura monopolar as fases não ficaram sujeitas a sobretensões, com valores abaixo do limite de 1,05 p.u. (139,4 kV). Portanto, nesta etapa, e considerando os resultados da análise realizada, não se vislumbra dificuldades na implantação do religamento monopolar nesta LT.

Tabela 8-2 LT 230 kV Cachimbo – Novo Progresso, C1. Corrente de arco secundário a 60 Hz, valor eficaz, com o neutro dos reatores em derivação solidamente aterrados.

Fase em falta	Local da falta		
	Cachimbo	½ LT	Novo Progresso
A	13,6 A	13,0 A	12,9 A
B	13,2 A	12,8 A	12,5 A
C	13,6 A	13,0 A	12,9 A

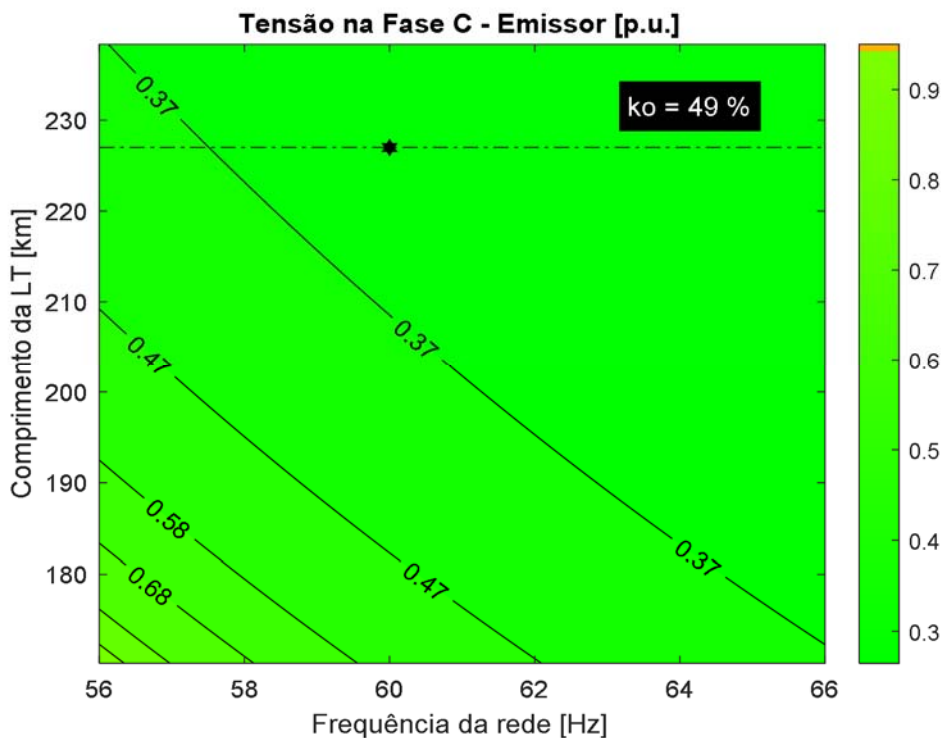


Figura 8-2 - LT 230 kV Cachimbo – Novo Progresso, C1. Prospecção da tensão induzida, em p.u., com o neutro dos reatores em derivação solidamente aterrados. Terminal Novo Progresso.

9 REFERÊNCIAS

- [1] EPE, "EPE-DEE-RE-005/2018-rev1 - Estudo de Suprimento à Região de Novo Progresso," Rio de Janeiro, 2018.
- [2] DALBEN Consultoria em Engenharia Elétrica e Treinamento Ltda, "Estudo de conexão do Projeto Tocantinzinho (TZ-008-18-REP-002)," 2017.
- [3] EPE, "EPE-DEE-NT-103/2021-rev0 - Avaliação do controle de tensão no sistema elétrico do estado do Acre," 2021.
- [4] EPE, "Diretrizes para Elaboração dos Relatórios Técnicos Referentes às Novas Instalações da Rede Básica," Rio de Janeiro, 2016.
- [5] CCPE/CTET, "Critérios e Procedimentos para o Planejamento da Expansão dos Sistemas de Transmissão," Brasília, 2002.
- [6] ANEEL, "Banco de Preços Regulatório - Simulação de Orçamento," [Online]. Available: <https://bprsimulador.aneel.gov.br/>.
- [7] EPE, "EPE-DEE-IT-038/2021 - Banco de Preços de Referência da ANEEL: Atualização dos Valores para a Data-Base Março de 2021," 30 04 2021. [Online]. Available: <https://bit.ly/3cd6uYa>.
- [8] ABNT, "Transformadores de potência - Guia de carregamento para transformadores imersos em líquido isolante," 2017. [Online]. Available: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=374373>.
- [9] ONS, "Submódulo 2.6 Requisitos mínimos para subestações e seus equipamentos," 01 01 2021. [Online]. Available: <https://bit.ly/3uKjDym>.
- [10] EPE, "Dados para Simulações Elétricas do SIN," EPE, [Online]. Available: <https://www.epe.gov.br/pt/areas-de-atuacao/energia-eletrica/expansao-da-transmissao/dados-para-simulacoes-eletricas-do-sin>.
- [11] EPE, "Diagnóstico Regional Da Rede Elétrica – PDE 2030 - Volume III – GET Centro-Oeste - EPE-DEE-RE-032/2021-rev0," Rio de Janeiro, 2021.
- [12] CEPEL, "ELEKTRA - Dimensionamento, Custeio e Otimização de LTs," [Online]. Available: http://www.cepel.br/pt_br/produtos/elektra-dimensionamento-custeio-e-otimizacao-de-lts-1.htm.
- [13] INMET, "Normal Climatológico do Brasil 1981-2010: Temperatura Máxima.," [Online]. Available: <http://www.inmet.gov.br/portal/>.
- [14] ONS, "Procedimentos de Rede – Submódulo 2.7 – Requisitos Mínimos Para Linhas de Transmissão," 2021.
- [15] ONS, "Procedimentos de Rede – Submódulo 2.3 – Premissas, Critérios e Metodologias Para Estudos Elétricos," 2021.
- [16] ONS, "Diretrizes para a Elaboração de Projetos Básicos para Empreendimentos de Transmissão: Estudos elétricos, especificação das instalações, de equipamentos e de linhas de transmissão," 2013.
- [17] H.-J. Haubrich, G. Hosemann e R. Thomas, "Single-phase auto-reclosing in EHV Systems, paper 31-09," *CIGRE*, 1974.

10 FICHAS PET/PELP

INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO DE REDE BÁSICA

Sistema Interligado da Região NORTE

Empreendimento:	UF: PA
LT 230 kV CLÁUDIA - CACHIMBO, C1 (Nova)	DATA DE NECESSIDADE: Jan/2023
	PRAZO DE EXECUÇÃO: 60 meses
Justificativa:	
Atendimento de Cargas	

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

Circuito Simples 230 kV, 1 x 795 MCM (TERN), 278 km	198.503,12
1 EL (Entrada de Linha) 230 kV, Arranjo BD4 // Cláudia	8.784,11
1 EL (Entrada de Linha) 230 kV, Arranjo BD4 // Cachimbo	8.784,11
1 CRL (Conexão de Reator de Linha Fixo) 230 kV, Arranjo BD4 // Cachimbo	3.229,72
1 CRL (Conexão de Reator de Linha Fixo) 230 kV, Arranjo BD4 // Cláudia	3.229,72
MIM - 230 kV // Cláudia	1.765,68
MIM - 230 kV // Cachimbo	1.765,68
Reator de Linha Fixo 230 kV, 1 x 15 Mvar 3Φ // Cláudia	5.117,03
Reator de Linha Fixo 230 kV, 1 x 15 Mvar 3Φ // Cachimbo	5.117,03

Total de Investimentos Previstos: **236.296,20**

Situação atual:

Observações:

Documentos de referência:

Custos Modulares da ANEEL – Março de 2021, atualização EPE [7].

INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO DE REDE BÁSICA

Sistema Interligado da Região NORTE

Empreendimento:	UF: PA
LT 230 kV CACHIMBO - NOVO PROGRESSO RB, C1 (Nova)	DATA DE NECESSIDADE: Jan/2023
	PRAZO DE EXECUÇÃO: 60 meses

Justificativa:

Atendimento de Cargas

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

Circuito Simples 230 kV, 1 x 795 MCM (TERN), 227 km	162.087,08
1 EL (Entrada de Linha) 230 kV, Arranjo BD4 // Cachimbo	8.784,11
1 EL (Entrada de Linha) 230 kV, Arranjo BD4 // Novo Progresso RB	8.784,11
1 CRL (Conexão de Reator de Linha Fixo) 230 kV, Arranjo BD4 // Cachimbo	3.229,72
1 CRL (Conexão de Reator de Linha Fixo) 230 kV, Arranjo BD4 // Novo Progresso RB	3.229,72
MIM - 230 kV // Cachimbo	1.765,68
MIM - 230 kV // Novo Progresso RB	1.765,68
Reator de Linha Fixo 230 kV, 1 x 10 Mvar 3Φ // Cachimbo	4.459,86
Reator de Linha Fixo 230 kV, 1 x 10 Mvar 3Φ // Novo Progresso RB	4.459,86

Total de Investimentos Previstos: 198.565,82

Situação atual:

Observações:

Documentos de referência:

Custos Modulares da ANEEL – Março de 2021, atualização EPE [7].

INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO DE REDE BÁSICA

Sistema Interligado da Região NORTE

Empreendimento:	UF: PA
SE 230/138 kV NOVO PROGRESSO (Nova)	DATA DE NECESSIDADE: Jan/2023
	PRAZO DE EXECUÇÃO: 60 meses

Justificativa:

Atendimento de Cargas

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

1 IB (Interligação de Barras) 230 kV, Arranjo BD4	6.309,63
2 CT (Conexão de Transformador) 230 kV, Arranjo BD4	15.941,34
1° e 2° ATF 230/138 kV, 2 x 100 MVA 3Φ	25.666,34
1 IB (Interligação de Barras) 138 kV, Arranjo BPT	4.802,41
2 CT (Conexão de Transformador) 138 kV, Arranjo BPT	11.798,92
Compensador Síncrono, 1 x (-45/+45) Mvar ¹	46.750,61
1 CC (Conexão de Compensador) 230 kV, Arranjo BD4	7.893,67
MIM - 138 kV	1.702,17
MIG (Terreno Rural)	12.424,65
1 CRB (Conexão de Reator de Barra) 230 kV, Arranjo BD4	7.639,31
MIM - 230 kV	4.414,20
1° Reator de Barra 230 kV, 1 x 10 Mvar 3Φ	4.459,86

Total de Investimentos Previstos: 149.803,11

Situação atual:

Observações:

¹ Custo estimado com base em investimentos da Base de Preços Ref 06/2019, atualizada para a data base de Março de 2021, com fator de sobrecusto de 5% para a adoção de faixa simétrica de reativos.

Documentos de referência:

Custos Modulares da ANEEL – Março de 2021, atualização EPE [7].

INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO DE REDE BÁSICA

Sistema Interligado da Região NORTE

Empreendimento:	UF: PA
SE 230 kV CACHIMBO (Nova)	DATA DE NECESSIDADE: Jan/2023
	PRAZO DE EXECUÇÃO: 60 meses

Justificativa:

Atendimento de Cargas

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

1 IB (Interligação de Barras) 230 kV, Arranjo BD4	6.309,63
Compensador Síncrono, 1 x (-45/+45) Mvar ¹	46.750,61
1 CC (Conexão de Compensador) 230 kV, Arranjo BD4	7.893,67
MIG (Terreno Rural)	10.512,74
1 CRB (Conexão de Reator de Barra) 230 kV, Arranjo BD4	7.639,31
MIM - 230 kV	2.648,52
1° Reator de Barra 230 kV, 1 x 15 Mvar 3Φ	5.117,03

Total de Investimentos Previstos: **86.871,51**

Situação atual:

Observações:

¹ Custo estimado com base em investimentos da Base de Preços Ref 06/2019, atualizada para a data base de Março de 2021, com fator de sobrecusto de 5% para a adoção de faixa simétrica de reativos.

Documentos de referência:

Custos Modulares da ANEEL – Março de 2021, atualização EPE [7].

INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO DE REDE BÁSICA

Sistema Interligado da Região NORTE

Empreendimento:	UF: PA
LT 138 kV NOVO PROGRESSO RB - NOVO PROGRESSO CELPA, C1 (Nova)	DATA DE NECESSIDADE: Jan/2023
	PRAZO DE EXECUÇÃO: 60 meses

Justificativa:

Atendimento de Cargas

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

1 EL (Entrada de Linha) 138 kV, Arranjo BPT // Novo Progresso RB	6.260,46
1 EL (Entrada de Linha) 138 kV, Arranjo BPT // Novo Progresso CELPA	6.260,46
Circuito Simples 138 kV, 2 x 477 MCM (HAWK), 3 km	1.971,72
MIM - 138 kV // Novo Progresso RB	595,27
MIG-A // Novo Progresso RB	2.669,83
MIM - 138 kV // Novo Progresso CELPA	595,27

Total de Investimentos Previstos: **18.353,01**

Situação atual:

Observações:

Empreendimento originalmente recomendado em [1], custos atualizados.

Documentos de referência:

Custos Modulares da ANEEL – Março de 2021, atualização EPE [7].

INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO DE REDE BÁSICA

Sistema Interligado da Região CENTRO-OESTE

Empreendimento:	UF: MT
SE 500 kV CLÁUDIA (Ampliação/Adequação)	DATA DE NECESSIDADE: Jan/2023
	PRAZO DE EXECUÇÃO: 60 meses

Justificativa:

Atendimento de Cargas

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

1 CT (Conexão de Transformador) 500 kV, Arranjo DJM	12.652,71
MIG-A	2.795,58

Total de Investimentos Previstos: **15.448,29**

Situação atual:

Observações:

Empreendimento originalmente recomendado em [1], custos atualizados.

Documentos de referência:

Custos Modulares da ANEEL – Março de 2021, atualização EPE [7].

INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO DE REDE BÁSICA

Sistema Interligado da Região CENTRO-OESTE

Empreendimento:	UF: MT
SE 230 kV CLÁUDIA (Ampliação/Adequação)	DATA DE NECESSIDADE: Jan/2023
	PRAZO DE EXECUÇÃO: 60 meses

Justificativa:

Atendimento de Cargas

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

1 IB (Interligação de Barras) 230 kV, Arranjo BD4	6.399,99
1° ATF 500/230 kV, (3+1R) x 100 MVA 1Φ	42.970,80
2 CT (Conexão de Transformador) 230 kV, Arranjo BD4	16.169,64
MIM - 230 kV	2.686,45
MIG (Terreno Rural)	10.613,19

Total de Investimentos Previstos: **78.840,07**

Situação atual:

Observações:

Empreendimento originalmente recomendado em [1], custos atualizados.

Documentos de referência:

Custos Modulares da ANEEL – Março de 2021, atualização EPE [7].

INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO DE REDE BÁSICA

Sistema Interligado da Região CENTRO-OESTE

Empreendimento:	UF: MT
SE 138 kV CLÁUDIA (Ampliação/Adequação)	DATA DE NECESSIDADE: Jan/2023
	PRAZO DE EXECUÇÃO: 60 meses

Justificativa:

Atendimento de Cargas

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

1 IB (Interligação de Barras) 138 kV, Arranjo BPT	4.992,84
1 CT (Conexão de Transformador) 138 kV, Arranjo BPT	6.123,48
MIG (Terreno Rural)	9.887,91
1° ATF 230/138 kV, 1 x 200 MVA 3Φ	15.000,46
MIM - 138 kV	1.207,58

Total de Investimentos Previstos: **37.212,27**

Situação atual:

Observações:

Empreendimento originalmente recomendado em [1], custos atualizados.

Documentos de referência:

Custos Modulares da ANEEL – Março de 2021, atualização EPE [7].

INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO DE REDE BÁSICA

Sistema Interligado da Região CENTRO-OESTE

Empreendimento: SECC LT 138 kV SINOP - COLÍDER, C1, NA SE CLÁUDIA RB (Nova)	UF: MT
	DATA DE NECESSIDADE: Jan/2023
	PRAZO DE EXECUÇÃO: 60 meses

Justificativa:

Atendimento de Cargas

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

2 EL (Entrada de Linha) 138 kV, Arranjo BPT	12.700,24
Circuito Duplo 138 kV, 1 x 477 MCM (HAWK), 3 km	2.379,15
MIM - 138 kV	1.207,58

Total de Investimentos Previstos: **16.286,97**

Situação atual:

Observações:

Empreendimento originalmente recomendado em [1], custos atualizados.

Documentos de referência:

Custos Modulares da ANEEL – Março de 2021, atualização EPE [7].

INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO DE REDE BÁSICA

Sistema Interligado da Região NORTE

Empreendimento:	UF: PA
LT 230 kV XINGU - ALTAMIRA, C2 (Nova)	DATA DE NECESSIDADE: Jan/2026
	PRAZO DE EXECUÇÃO: 60 meses

Justificativa:

Atendimento de Cargas

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

Circuito Simples 230 kV, 2 x 795 MCM (TERN), 42,7 km	42.443,37
Circuito Simples 230 kV, 2 x 795 MCM (TERN), 15,8 km - Torres Alteadas	23.557,56
Circuito Simples 230 kV, 2 x 795 MCM (TERN), 2,5 km - Travessias	51.762,03
1 EL (Entrada de Linha) 230 kV, Arranjo BD4 // Xingu	8.784,11
1 EL (Entrada de Linha) 230 kV, Arranjo BD4 // Altamira	8.784,11
MIG-A // Xingu	2.628,34
MIG-A // Altamira	2.628,34
MIM - 230 kV // Xingu	882,84
MIM - 230 kV // Altamira	882,84

Total de Investimentos Previstos: **142.353,55**

Situação atual:

Observações:

Empreendimento originalmente recomendado em **[1]**, custos atualizados.

Documentos de referência:

Custos Modulares da ANEEL – Março de 2021, atualização EPE **[7]**.

INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO DE REDE BÁSICA

Sistema Interligado da Região NORTE

Empreendimento:	UF: PA
SE 500/230 kV XINGU (Ampliação/Adequação)	DATA DE NECESSIDADE: Jan/2026
	PRAZO DE EXECUÇÃO: 60 meses

Justificativa:

Atendimento de Cargas

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

1 CT (Conexão de Transformador) 500 kV, Arranjo DJM	12.474,07
1 CT (Conexão de Transformador) 230 kV, Arranjo BD4	7.970,67
MIM - 230 kV	882,84
2° ATF 500/230 kV, 3 x 100 MVA 1Φ	34.662,81
1 IB (Interligação de Barras) 500 kV, Arranjo DJM	11.717,80
MIM - 500 kV	3.277,09

Total de Investimentos Previstos:	70.985,28
--	------------------

Situação atual:**Observações:**

Empreendimento originalmente recomendado em [1], custos atualizados.

Documentos de referência:

Custos Modulares da ANEEL – Março de 2021, atualização EPE [7].

INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO DE REDE BÁSICA

Sistema Interligado da Região NORTE

Empreendimento: LT 230 kV TRANSAMAZÔNICA - TAPAJÓS, C2 (Nova)	UF: PA
	DATA DE NECESSIDADE: Jan/2026
	PRAZO DE EXECUÇÃO: 60 meses

Justificativa:

Atendimento de Cargas

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

Circuito Simples 230 kV, 1 x 1113 MCM (BLUEJAY), 61,1 km	48.672,26
Circuito Simples 230 kV, 1 x 1113 MCM (BLUEJAY), 125,9 km - Torres Alteadas	150.437,91
1 EL (Entrada de Linha) 230 kV, Arranjo BD4 // Transamazônica	8.784,11
1 EL (Entrada de Linha) 230 kV, Arranjo BD4 // Tapajós	8.784,11
Reator de Linha Manobrável 230 kV, 1 x 10 Mvar 3Φ // Tapajós	4.459,86
Reator de Linha Manobrável 230 kV, 1 x 10 Mvar 3Φ // Tapajós	4.459,86
1 CRL (Conexão de Reator de Linha Fixo) 230 kV, Arranjo BD4 // Transamazônica	3.229,72
1 CRL (Conexão de Reator de Linha Fixo) 230 kV, Arranjo BD4 // Tapajós	3.229,72
MIG-A // Transamazônica	2.628,34
MIG-A // Tapajós	2.628,34
MIM - 230 kV // Transamazônica	1.765,68
MIM - 230 kV // Tapajós	1.765,68

Total de Investimentos Previstos: **240.845,59**

Situação atual:

Observações:

Empreendimento originalmente recomendado em [1], custos atualizados.

Documentos de referência:

Custos Modulares da ANEEL – Março de 2021, atualização EPE [7].

INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO DE REDE BÁSICA

Sistema Interligado da Região NORTE

Empreendimento:	UF: PA
SE 230/138 kV CLÁUDIA (Ampliação/Adequação)	DATA DE NECESSIDADE: Jan/2029
	PRAZO DE EXECUÇÃO: 60 meses

Justificativa:

Atendimento de Cargas

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

2° ATF 230/138 kV, 1 x 200 MVA 3Φ	17.338,47
1 CT (Conexão de Transformador) 230 kV, Arranjo BD4	7.970,67
1 CT (Conexão de Transformador) 138 kV, Arranjo BPT	5.899,46
MIM - 230 kV	882,84
MIM - 138 kV	567,39

Total de Investimentos Previstos:	32.658,83
--	------------------

Situação atual:**Observações:**

Empreendimento originalmente recomendado em [1], custos atualizados.

Documentos de referência:

Custos Modulares da ANEEL – Março de 2021, atualização EPE [7].

INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO DE REDE BÁSICA

Sistema Interligado da Região CENTRO-OESTE

Empreendimento:	UF: MT
SECC LT 138 kV SINOP - COLÍDER, C1, NA SE CLÁUDIA RB (Nova)	DATA DE NECESSIDADE: Jan/2029
	PRAZO DE EXECUÇÃO: 60 meses

Justificativa:

Atendimento de Cargas

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

2 EL (Entrada de Linha) 138 kV, Arranjo BPT	12.700,24
Circuito Duplo 138 kV, 1 x 477 MCM (HAWK), 3 km	2.379,15
MIM - 138 kV	1.207,58

Total de Investimentos Previstos: **16.286,97**

Situação atual:**Observações:**

Empreendimento originalmente recomendado em [1], custos atualizados.

Documentos de referência:

Custos Modulares da ANEEL – Março de 2021, atualização EPE [7].

INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO DE REDE BÁSICA

Sistema Interligado da Região NORTE

Empreendimento: LT 230 kV TRANSAMAZÔNICA - RURÓPOLIS, C2 (Nova)	UF: PA
	DATA DE NECESSIDADE: Jan/2031
	PRAZO DE EXECUÇÃO: 60 meses

Justificativa:

Atendimento de Cargas

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

Circuito Simples 230 kV, 2 x 795 MCM (TERN), 59,7 km	59.341,20
Circuito Simples 230 kV, 2 x 795 MCM (TERN), 86,3 km - Torres Alteadas	128.672,01
1 EL (Entrada de Linha) 230 kV, Arranjo BD4 // Transamazônica	8.784,11
1 EL (Entrada de Linha) 230 kV, Arranjo BD4 // Rurópolis	8.784,11
Reator de Linha Manobrável 230 kV, 1 x 30 Mvar 3Φ // Rurópolis	6.499,88
1 CRL (Conexão de Reator de Linha Fixo) 230 kV, Arranjo BD4 // Rurópolis	3.229,72
MIG-A // Transamazônica	2.628,34
MIG-A // Rurópolis	2.628,34
MIM - 230 kV // Transamazônica	882,84
MIM - 230 kV // Rurópolis	1.765,68

Total de Investimentos Previstos: **223.216,23**

Situação atual:

Observações:

Empreendimento originalmente recomendado em [1], custos atualizados.

Documentos de referência:

Custos Modulares da ANEEL – Março de 2021, atualização EPE [7].

INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO DE REDE BÁSICA

Sistema Interligado da Região NORTE

Empreendimento:	UF: PA
SE 138 kV ALTA FLORESTA (Ampliação/Adequação)	DATA DE NECESSIDADE: Jan/2034
	PRAZO DE EXECUÇÃO: 60 meses

Justificativa:

Atendimento de Cargas

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

1 CCD (Conexão de Capacitor Derivação) 138 kV, Arranjo BPT	5.981,50
1° Capacitor em Derivação 138 kV, 1 x 20 Mvar 3Φ	1.663,40
MIM - 138 kV	595,27

Total de Investimentos Previstos: **8.240,17**

Situação atual:**Observações:**

Empreendimento originalmente recomendado em [1], custos atualizados.

Documentos de referência:

Custos Modulares da ANEEL – Março de 2021, atualização EPE [7].

INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO DE REDE BÁSICA

Sistema Interligado da Região CENTRO-OESTE

Empreendimento:	UF: MT
SE 138 kV MATUPÁ (Ampliação/Adequação)	DATA DE NECESSIDADE: Jan/2034
	PRAZO DE EXECUÇÃO: 60 meses

Justificativa:

Atendimento de Cargas

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

1° Capacitor em Derivação 138 kV, 1 x 15 Mvar 3Φ	1.610,18
1 CCD (Conexão de Capacitor Derivação) 138 kV, Arranjo BPT	6.067,17
MIM - 138 kV	603,79

Total de Investimentos Previstos: **8.281,14**

Situação atual:

Observações:

Empreendimento originalmente recomendado em [1], custos atualizados.

Documentos de referência:

Custos Modulares da ANEEL – Março de 2021, atualização EPE [7].

INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO DE REDE BÁSICA

Sistema Interligado da Região CENTRO-OESTE

Empreendimento:	UF: MT
LT 138 kV SINORB - SINO B, C3 (Nova)	DATA DE NECESSIDADE: Jan/2034
	PRAZO DE EXECUÇÃO: 60 meses

Justificativa:

Atendimento de Cargas

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

Circuito Simples 138 kV, 1 x 477 MCM (HAWK), 15 km	7.636,35
1 EL (Entrada de Linha) 138 kV, Arranjo BPT // SinoRB	6.350,12
MIM - 138 kV // SinoRB	603,79
1 EL (Entrada de Linha) 138 kV, Arranjo BPT // SinoB	6.350,12
MIM - 138 kV // SinoB	603,79

Total de Investimentos Previstos: **21.544,17**

Situação atual:

Observações:

Empreendimento originalmente recomendado em [1], custos atualizados.

Documentos de referência:

Custos Modulares da ANEEL – Março de 2021, atualização EPE [7].

INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO DE REDE BÁSICA

Sistema Interligado da Região CENTRO-OESTE

Empreendimento:	UF: MT
LT 138 kV SINOB - SINOP2, C3 (Nova)	DATA DE NECESSIDADE: Jan/2035
	PRAZO DE EXECUÇÃO: 60 meses

Justificativa:

Atendimento de Cargas

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

Circuito Simples 138 kV, 1 x 336,4 MCM (ORIOLE), 10 km	4.772,30
1 EL (Entrada de Linha) 138 kV, Arranjo BPT // SinoB	6.350,12
MIM - 138 kV // SinoB	603,79
1 EL (Entrada de Linha) 138 kV, Arranjo BPT // Sinop2	6.350,12
MIM - 138 kV // Sinop2	603,79

Total de Investimentos Previstos:	18.680,12
--	------------------

Situação atual:**Observações:**

Empreendimento originalmente recomendado em [1], custos atualizados.

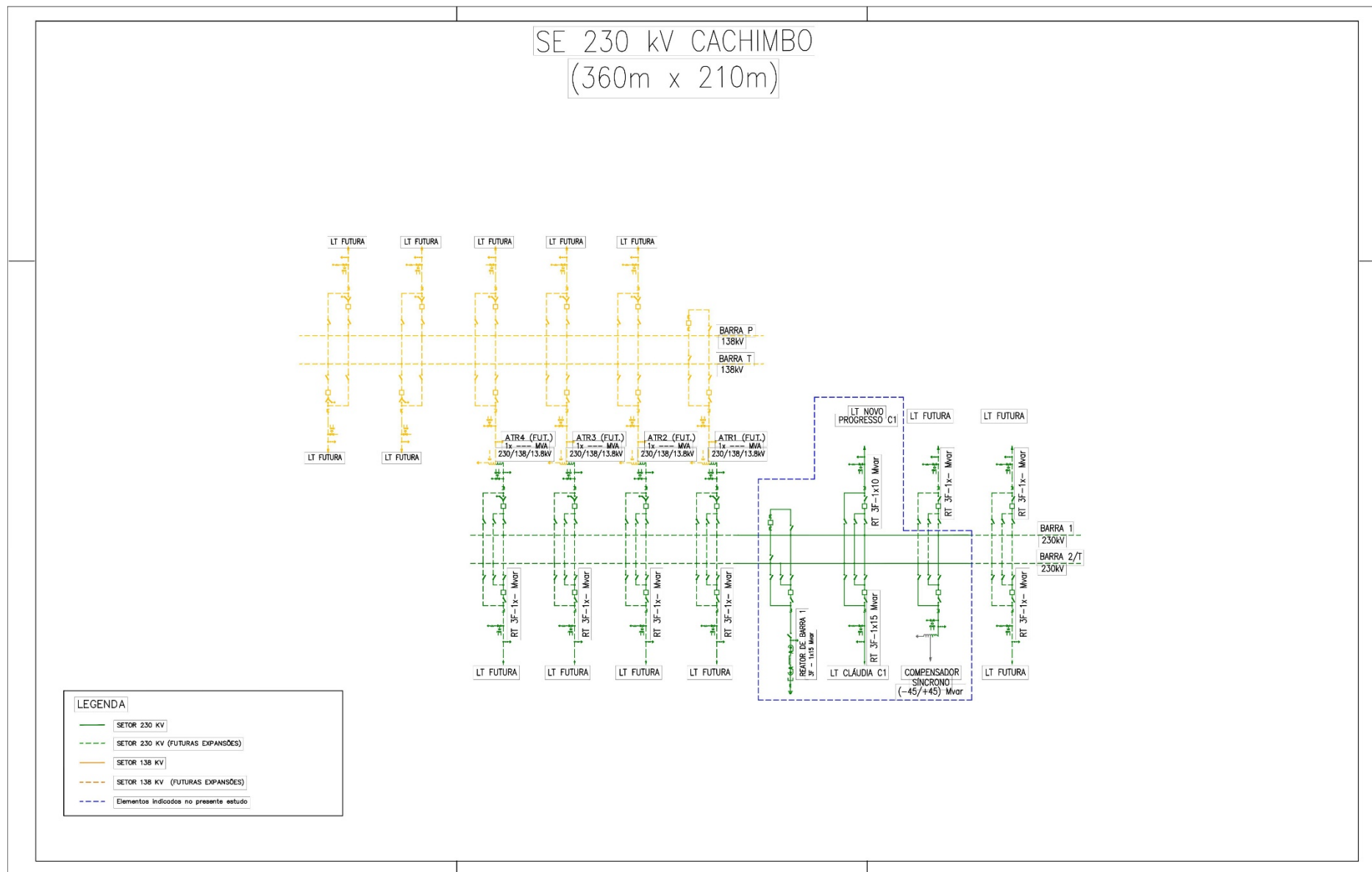
Documentos de referência:

Custos Modulares da ANEEL – Março de 2021, atualização EPE [7].

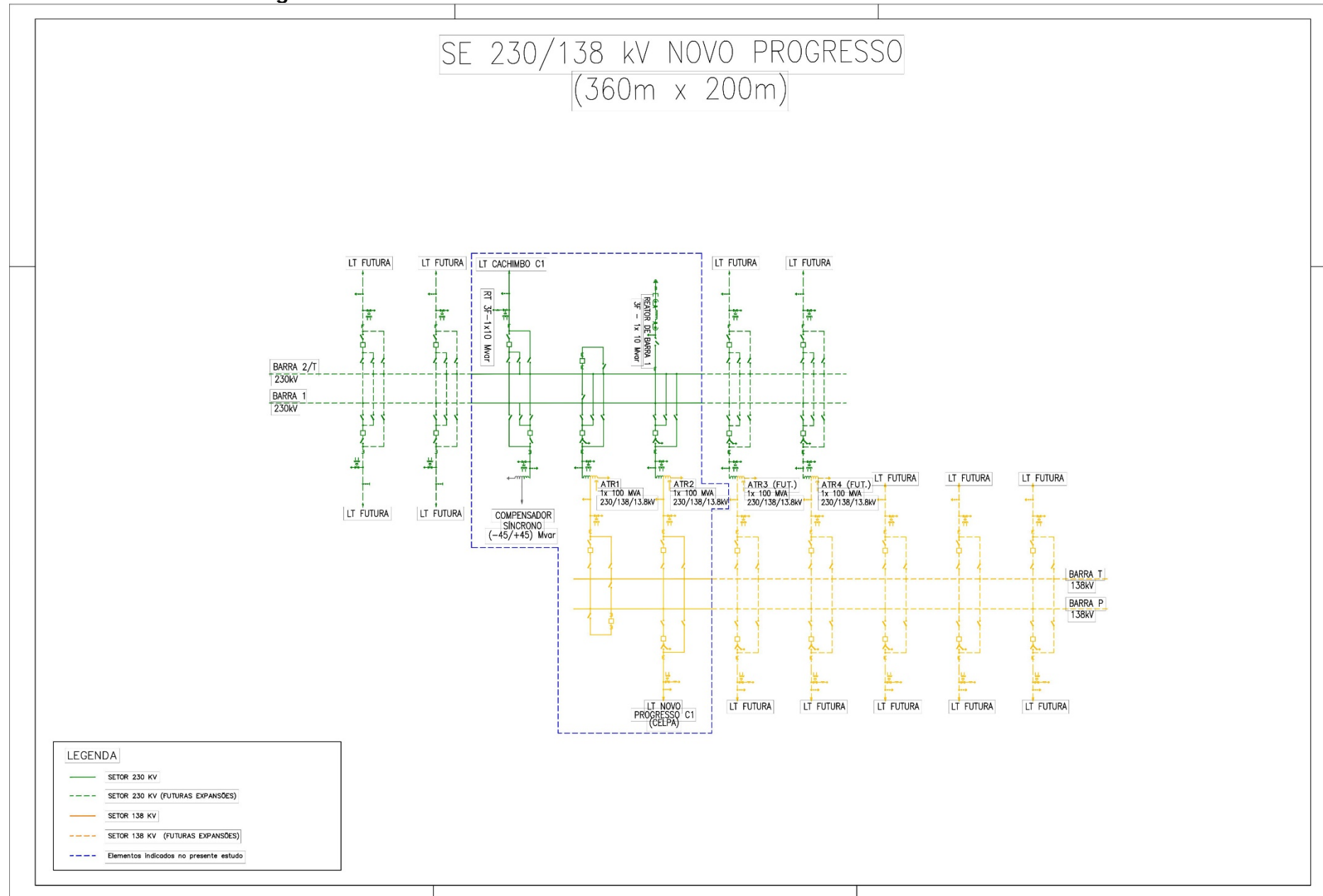
11 ANEXOS

11.1 Anexo 1 – Diagramas Unifilares

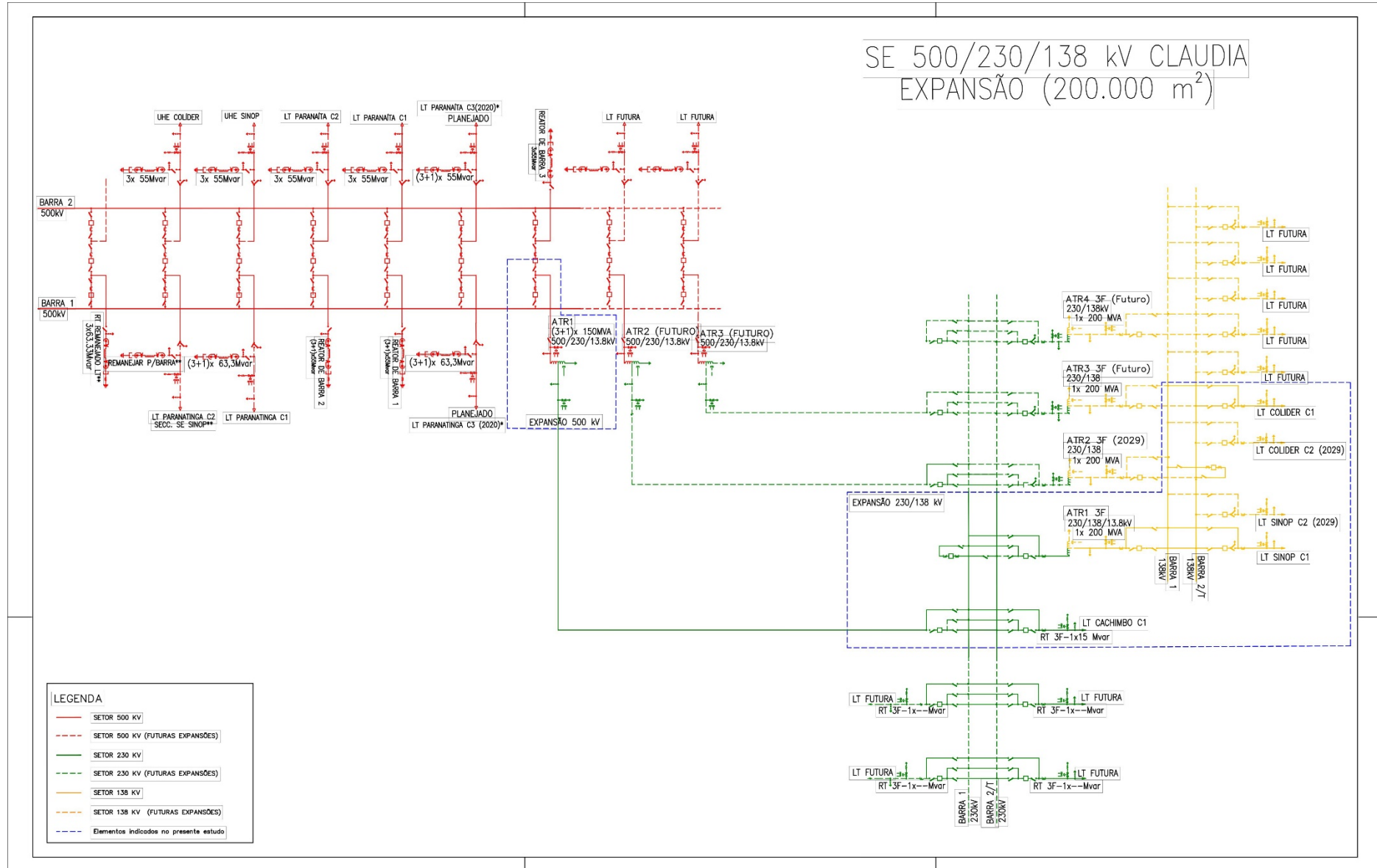
11.1.1 SE Cachimbo



11.1.2 SE Novo Progresso



11.1.3 SE Cláudia



11.2 Anexo 2 – Plano de Obras completo – Atualização data base Maio/2021

Descrição	Terminal	Ano	Qtde.	Fator	Custo da Alternativa (R\$ x 1000)				
					Custo Unitário (sem fator)	Custo Total	VP	Parcela Anual	RN
						1.620.768,55	1.271.673,80	143.968,71	799.297,29
LT 230 kV CLÁUDIA - CACHIMBO, C1 (Nova)						236.296,20	218.792,78	20.989,58	153.608,31
Circuito Simples 230 kV, 1 x 795 MCM (TERN), 278 km		2023	278,0	1,0	714,04	198.503,12	183.799,19	17.632,52	129.040,29
EL (Entrada de Linha) 230 kV, Arranjo BD4	Cláudia	2023	1,0	1,0	8784,11	8.784,11	8.133,44	780,27	5.710,26
EL (Entrada de Linha) 230 kV, Arranjo BD4	Cachimbo	2023	1,0	1,0	8784,11	8.784,11	8.133,44	780,27	5.710,26
CRL (Conexão de Reator de Linha Fixo) 230 kV, Arranjo BD4	Cachimbo	2023	1,0	1,0	3229,72	3.229,72	2.990,48	286,89	2.099,53
CRL (Conexão de Reator de Linha Fixo) 230 kV, Arranjo BD4	Cláudia	2023	1,0	1,0	3229,72	3.229,72	2.990,48	286,89	2.099,53
MIM - 230 kV	Cláudia	2023	1,0	1,0	1765,68	1.765,68	1.634,89	156,84	1.147,81
MIM - 230 kV	Cachimbo	2023	1,0	1,0	1765,68	1.765,68	1.634,89	156,84	1.147,81
Reator de Linha Fixo 230 kV, 1 x 15 Mvar 3Φ	Cláudia	2023	1,0	1,0	5117,03	5.117,03	4.737,99	454,53	3.326,41
Reator de Linha Fixo 230 kV, 1 x 15 Mvar 3Φ	Cachimbo	2023	1,0	1,0	5117,03	5.117,03	4.737,99	454,53	3.326,41
LT 230 kV CACHIMBO - NOVO PROGRESSO RB, C1 (Nova)						198.565,82	183.857,24	17.638,09	129.081,04
Circuito Simples 230 kV, 1 x 795 MCM (TERN), 227 km		2023	227,0	1,0	714,04	162.087,08	150.080,63	14.397,78	105.367,43
EL (Entrada de Linha) 230 kV, Arranjo BD4	Cachimbo	2023	1,0	1,0	8784,11	8.784,11	8.133,44	780,27	5.710,26
EL (Entrada de Linha) 230 kV, Arranjo BD4	Novo Progresso RB	2023	1,0	1,0	8784,11	8.784,11	8.133,44	780,27	5.710,26
CRL (Conexão de Reator de Linha Fixo) 230 kV, Arranjo BD4	Cachimbo	2023	1,0	1,0	3229,72	3.229,72	2.990,48	286,89	2.099,53
CRL (Conexão de Reator de Linha Fixo) 230 kV, Arranjo BD4	Novo Progresso RB	2023	1,0	1,0	3229,72	3.229,72	2.990,48	286,89	2.099,53
MIM - 230 kV	Cachimbo	2023	1,0	1,0	1765,68	1.765,68	1.634,89	156,84	1.147,81
MIM - 230 kV	Novo Progresso RB	2023	1,0	1,0	1765,68	1.765,68	1.634,89	156,84	1.147,81
Reator de Linha Fixo 230 kV, 1 x 10 Mvar 3Φ	Cachimbo	2023	1,0	1,0	4459,86	4.459,86	4.129,50	396,16	2.899,21
Reator de Linha Fixo 230 kV, 1 x 10 Mvar 3Φ	Novo Progresso RB	2023	1,0	1,0	4459,86	4.459,86	4.129,50	396,16	2.899,21
SE 230/138 kV NOVO PROGRESSO (Nova)						149.803,11	138.706,58	13.306,63	97.382,03
IB (Interligação de Barras) 230 kV, Arranjo BD4		2023	1,0	1,0	6309,63	6.309,63	5.842,25	560,47	4.101,68
CT (Conexão de Transformador) 230 kV, Arranjo BD4		2023	2,0	1,0	7970,67	15.941,34	14.760,50	1.416,03	10.362,94
EL (Entrada de Linha) 230 kV, Arranjo BD4			1,0						
CRL (Conex. de Reator de Linha) 230 kV, Arranjo BD4			1,0						
1° e 2° ATF 230/138 kV, 2 x 100 MVA 3Φ		2023	2,0	1,0	12833,17	25.666,34	23.765,13	2.279,88	16.684,84
IB (Interligação de Barras) 138 kV, Arranjo BPT		2023	1,0	1,0	4802,41	4.802,41	4.446,68	426,59	3.121,89
CT (Conexão de Transformador) 138 kV, Arranjo BPT		2023	2,0	1,0	5899,46	11.798,92	10.924,93	1.048,07	7.670,09
EL (Entrada de Linha) 138 kV, Arranjo BPT			1,0						
Compensador Síncrono, 1 x (-45/+45) Mvar		2023	1,0	1,05	44524,39	46.750,61	43.287,60	4.152,74	30.391,02
CC (Conexão de Compensador) 230 kV, Arranjo BD4		2023	1,0	1,0	7893,67	7.893,67	7.308,95	701,17	5.131,41
MIM - 138 kV		2023	1,0	1,00	1702,17	1.702,17	1.576,08	151,20	1.106,52
MIG (Terreno Rural)		2023	1,0	1,00	12424,65	12.424,65	11.504,31	1.103,65	8.076,85
CRB (Conexão de Reator de Barra) 230 kV, Arranjo BD4		2023	1,0	1,0	7639,31	7.639,31	7.073,44	678,58	4.966,06
MIM - 230 kV		2023	1,0	1,0	4414,20	4.414,20	4.087,22	392,10	2.869,52
1° Reator de Barra 230 kV, 1 x 10 Mvar 3Φ		2023	1,0	1,0	4459,86	4.459,86	4.129,50	396,16	2.899,21
SE 230 kV CACHIMBO (Nova)						86.871,51	80.436,58	7.716,57	56.472,28

Descrição	Terminal	Ano	Qtde.	Fator	Custo da Alternativa (R\$ x 1000)				
					Custo Unitário (sem fator)	Custo Total	VP	Parcela Anual	RN
IB (Interligação de Barras) 230 kV, Arranjo BD4		2023	1,0	1,0	6309,63	6.309,63	5.842,25	560,47	4.101,68
<i>EL (Entrada de Linha) 230 kV, Arranjo BD4</i>			2,0						
<i>CRL (Conex. de Reator de Linha) 230 kV, Arranjo BD4</i>			2,0						
Compensador Síncrono, 1 x (-45/+45) Mvar		2023	1,0	1,05	44524,39	46.750,61	43.287,60	4.152,74	30.391,02
CC (Conexão de Compensador) 230 kV, Arranjo BD4		2023	1,0	1,0	7893,67	7.893,67	7.308,95	701,17	5.131,41
MIG (Terreno Rural)		2023	1,0	1,00	10512,74	10.512,74	9.734,02	933,82	6.833,98
CRB (Conexão de Reator de Barra) 230 kV, Arranjo BD4		2023	1,0	1,00	7639,31	7.639,31	7.073,44	678,58	4.966,06
MIM - 230 kV		2023	1,0	1,0	2648,52	2.648,52	2.452,33	235,26	1.721,71
1° Reator de Barra 230 kV, 1 x 15 Mvar 3Φ		2023	1,0	1,0	5117,03	5.117,03	4.737,99	454,53	3.326,41
LT 138 kV NOVO PROGRESSO RB - NOVO PROGRESSO CELPA, C1 (Nova)						18.353,01	16.993,53	1.630,25	11.930,68
EL (Entrada de Linha) 138 kV, Arranjo BPT	Novo Progresso RB	2023	1,0	1,0	6260,46	6.260,46	5.796,72	556,10	4.069,72
EL (Entrada de Linha) 138 kV, Arranjo BPT	Novo Progresso CELPA	2023	1,0	1,0	6260,46	6.260,46	5.796,72	556,10	4.069,72
Circuito Simples 138 kV, 2 x 477 MCM (HAWK), 3 km		2023	3,0	1,0	657,24	1.971,72	1.825,67	175,14	1.281,75
MIM - 138 kV	Novo Progresso RB	2023	1,0	1,0	595,27	595,27	551,18	52,88	386,97
MIG-A	Novo Progresso RB	2023	1,0	1,0	2669,83	2.669,83	2.472,06	237,15	1.735,57
MIM - 138 kV	Novo Progresso CELPA	2023	1,0	1,0	595,27	595,27	551,18	52,88	386,97
SE 500 kV CLÁUDIA (Ampliação/Adequação)						15.448,29	14.303,97	1.372,23	10.042,42
CT (Conexão de Transformador) 500 kV, Arranjo DJM		2023	1,0	1,0	12652,71	12.652,71	11.715,47	1.123,91	8.225,11
MIG-A		2023	1,0	1,0	2795,58	2.795,58	2.588,50	248,32	1.817,31
SE 230 kV CLÁUDIA (Ampliação/Adequação)						78.840,07	73.000,06	7.003,16	51.251,31
IB (Interligação de Barras) 230 kV, Arranjo BD4		2023	1,0	1,0	6399,99	6.399,99	5.925,92	568,49	4.160,42
1° ATF 500/230 kV, (3+1R) x 100 MVA 1Φ		2023	4,0	1,0	10742,70	42.970,80	39.787,78	3.816,99	27.933,89
CT (Conexão de Transformador) 230 kV, Arranjo BD4		2023	2,0	1,0	8084,82	16.169,64	14.971,89	1.436,31	10.511,35
<i>EL (Entrada de Linha) 230 kV, Arranjo BD4</i>			1,0						
MIM - 230 kV		2023	1,0	1,0	2686,45	2.686,45	2.487,45	238,63	1.746,37
MIG (Terreno Rural)		2023	1,0	1,0	10613,19	10.613,19	9.827,03	942,74	6.899,28
SE 138 kV CLÁUDIA (Ampliação/Adequação)						37.212,27	34.455,81	3.305,47	24.190,46
IB (Interligação de Barras) 138 kV, Arranjo BPT		2023	1,0	1,0	4992,84	4.992,84	4.623,00	443,50	3.245,68
CT (Conexão de Transformador) 138 kV, Arranjo BPT		2023	1,0	1,0	6123,48	6.123,48	5.669,89	543,93	3.980,67
<i>EL (Entrada de Linha) 138 kV, Arranjo BPT</i>			4,0						
MIG (Terreno Rural)		2023	1,0	1,0	9887,91	9.887,91	9.155,47	878,32	6.427,80
1° ATF 230/138 kV, 1 x 200 MVA 3Φ		2023	1,0	1,0	15000,46	15.000,46	13.889,31	1.332,45	9.751,30
MIM - 138 kV		2023	1,0	1,0	1207,58	1.207,58	1.118,13	107,27	785,01
SECC LT 138 kV SINOP - COLÍDER, C1, NA SE CLÁUDIA RB (Nova)						16.286,97	15.080,53	1.446,73	10.587,62
EL (Entrada de Linha) 138 kV, Arranjo BPT		2023	2,0	1,0	6350,12	12.700,24	11.759,48	1.128,13	8.256,00
Circuito Duplo 138 kV, 1 x 477 MCM (HAWK), 3 km		2023	3,0	1,0	793,05	2.379,15	2.202,92	211,33	1.546,61
MIM - 138 kV		2023	1,0	1,0	1207,58	1.207,58	1.118,13	107,27	785,01
LT 230 kV XINGU - ALTAMIRA, C2 (Nova)						142.353,24	104.633,88	12.644,87	62.365,90

Descrição	Terminal	Ano	Qtde.	Fator	Custo da Alternativa (R\$ x 1000)				
					Custo Unitário (sem fator)	Custo Total	VP	Parcela Anual	RN
Circuito Simples 230 kV, 2 x 795 MCM (TERN), 42,7 km		2026	42,7	1,0	993,99	42.443,37	31.197,15	3.770,14	18.594,73
Circuito Simples 230 kV, 2 x 795 MCM (TERN), 15,8 km - Torres Alteadas		2026	15,8	1,5	993,99	23.557,48	17.315,45	2.092,55	10.320,69
Circuito Simples 230 kV, 2 x 795 MCM (TERN), 2,5 km - Travessias		2026	2,5	20,8	993,99	51.761,80	38.046,47	4.597,87	22.677,19
EL (Entrada de Linha) 230 kV, Arranjo BD4	Xingu	2026	1,0	1,0	8784,11	8.784,11	6.456,58	780,27	3.848,38
EL (Entrada de Linha) 230 kV, Arranjo BD4	Altamira	2026	1,0	1,0	8784,11	8.784,11	6.456,58	780,27	3.848,38
MIG-A	Xingu	2026	1,0	1,0	2628,34	2.628,34	1.931,91	233,47	1.151,49
MIG-A	Altamira	2026	1,0	1,0	2628,34	2.628,34	1.931,91	233,47	1.151,49
MIM - 230 kV	Xingu	2026	1,0	1,0	882,84	882,84	648,91	78,42	386,78
MIM - 230 kV	Altamira	2026	1,0	1,0	882,84	882,84	648,91	78,42	386,78
SE 500/230 kV XINGU (Ampliação/Adequação)						70.985,28	52.176,30	6.305,44	31.099,13
CT (Conexão de Transformador) 500 kV, Arranjo DJM		2026	1,0	1,0	12474,07	12.474,07	9.168,81	1.108,04	5.464,97
CT (Conexão de Transformador) 230 kV, Arranjo BD4		2026	1,0	1,0	7970,67	7.970,67	5.858,68	708,01	3.492,00
MIM - 230 kV		2026	1,0	1,0	882,84	882,84	648,91	78,42	386,78
2° ATF 500/230 kV, 3 x 100 MVA 1Φ		2026	3,0	1,0	11554,27	34.662,81	25.478,20	3.079,01	15.186,01
IB (Interligação de Barras) 500 kV, Arranjo DJM		2026	1,0	1,0	11717,80	11.717,80	8.612,93	1.040,86	5.133,65
MIM - 500 kV		2026	1,0	1,0	3277,09	3.277,09	2.408,76	291,10	1.435,72
LT 230 kV TRANSAMAZÔNICA - TAPAJÓS, C2 (Nova)						240.845,59	177.028,70	21.393,70	105.516,06
Circuito Simples 230 kV, 1 x 1113 MCM (BLUEJAY), 61,1 km		2026	61,1	1,0	796,60	48.672,26	35.775,56	4.323,43	21.323,64
Circuito Simples 230 kV, 1 x 1113 MCM (BLUEJAY), 125,9 km - Torres Alteadas		2026	125,9	1,5	796,60	150.437,91	110.576,35	13.363,01	65.907,85
EL (Entrada de Linha) 230 kV, Arranjo BD4	Transamazônica	2026	1,0	1,0	8784,11	8.784,11	6.456,58	780,27	3.848,38
EL (Entrada de Linha) 230 kV, Arranjo BD4	Tapajós	2026	1,0	1,0	8784,11	8.784,11	6.456,58	780,27	3.848,38
Reator de Linha Manobrável 230 kV, 1 x 10 Mvar 3Φ	Tapajós	2026	1,0	1,0	4459,86	4.459,86	3.278,13	396,16	1.953,89
Reator de Linha Manobrável 230 kV, 1 x 10 Mvar 3Φ	Tapajós	2026	1,0	1,0	4459,86	4.459,86	3.278,13	396,16	1.953,89
CRL (Conexão de Reator de Linha Fixo) 230 kV, Arranjo BD4	Transamazônica	2026	1,0	1,0	3229,72	3.229,72	2.373,94	286,89	1.414,96
CRL (Conexão de Reator de Linha Fixo) 230 kV, Arranjo BD4	Tapajós	2026	1,0	1,0	3229,72	3.229,72	2.373,94	286,89	1.414,96
MIG-A	Transamazônica	2026	1,0	1,0	2628,34	2.628,34	1.931,91	233,47	1.151,49
MIG-A	Tapajós	2026	1,0	1,0	2628,34	2.628,34	1.931,91	233,47	1.151,49
MIM - 230 kV	Transamazônica	2026	1,0	1,0	1765,68	1.765,68	1.297,83	156,84	773,56
MIM - 230 kV	Tapajós	2026	1,0	1,0	1765,68	1.765,68	1.297,83	156,84	773,56
SE 230/138 kV CLÁUDIA (Ampliação/Adequação)						32.658,83	19.056,11	2.901,00	8.812,85
2° ATF 230/138 kV, 1 x 200 MVA 3Φ		2029	1,0	1,0	17338,47	17.338,47	10.116,83	1.540,13	4.678,72
CT (Conexão de Transformador) 230 kV, Arranjo BD4		2029	1,0	1,0	7970,67	7.970,67	4.650,81	708,01	2.150,85
CT (Conexão de Transformador) 138 kV, Arranjo BPT		2029	1,0	1,0	5899,46	5.899,46	3.442,28	524,03	1.591,95
MIM - 230 kV		2029	1,0	1,0	882,84	882,84	515,13	78,42	238,23
MIM - 138 kV		2029	1,0	1,0	567,39	567,39	331,07	50,40	153,11
SECC LT 138 kV SINOP - COLÍDER, C1, NA SE CLÁUDIA RB (Nova)						16.286,97	9.503,29	1.446,73	4.394,97
EL (Entrada de Linha) 138 kV, Arranjo BPT		2029	2,0	1,0	6350,12	12.700,24	7.410,47	1.128,13	3.427,11
Circuito Duplo 138 kV, 1 x 477 MCM (HAWK), 3 km		2029	3,0	1,0	793,05	2.379,15	1.388,21	211,33	642,00
MIM - 138 kV		2029	1,0	1,0	1207,58	1.207,58	704,61	107,27	325,86

Descrição	Terminal	Ano	Qtde.	Fator	Custo da Alternativa (R\$ x 1000)				
					Custo Unitário (sem fator)	Custo Total	VP	Parcela Anual	RN
LT 230 kV TRANSAMAZÔNICA - RURÓPOLIS, C2 (Nova)						223.215,80	111.663,47	19.827,69	39.602,81
Circuito Simples 230 kV, 2 x 795 MCM (TERN), 59,7 km		2031	59,7	1,0	993,99	59.341,20	29.685,38	5.271,13	10.528,28
Circuito Simples 230 kV, 2 x 795 MCM (TERN), 86,3 km - Torres Alteadas		2031	86,3	1,5	993,99	128.671,57	64.367,82	11.429,57	22.828,83
EL (Entrada de Linha) 230 kV, Arranjo BD4	Transamazônica	2031	1,0	1,0	8784,11	8.784,11	4.394,24	780,27	1.558,47
EL (Entrada de Linha) 230 kV, Arranjo BD4	Rurópolis	2031	1,0	1,0	8784,11	8.784,11	4.394,24	780,27	1.558,47
Reator de Linha Manobrável 230 kV, 1 x 30 Mvar 3Φ	Rurópolis	2031	1,0	1,0	6499,88	6.499,88	3.251,56	577,37	1.153,20
CRL (Conexão de Reator de Linha Fixo) 230 kV, Arranjo BD4	Rurópolis	2031	1,0	1,0	3229,72	3.229,72	1.615,66	286,89	573,01
MIG-A	Transamazônica	2031	1,0	1,0	2628,34	2.628,34	1.314,82	233,47	466,32
MIG-A	Rurópolis	2031	1,0	1,0	2628,34	2.628,34	1.314,82	233,47	466,32
MIM - 230 kV	Transamazônica	2031	1,0	1,0	882,84	882,84	441,64	78,42	156,63
MIM - 230 kV	Rurópolis	2031	1,0	1,0	1765,68	1.765,68	883,28	156,84	313,27
SE 138 kV ALTA FLORESTA (Ampliação/Adequação)						8.240,17	3.272,28	731,95	518,34
CCD (Conexão de Capacitor Derivação) 138 kV, Arranjo BPT		2034	1,0	1,0	5981,50	5.981,50	2.375,34	531,32	376,26
1º Capacitor em Derivação 138 kV, 1 x 20 Mvar 3Φ		2034	1,0	1,0	1663,40	1.663,40	660,56	147,76	104,63
MIM - 138 kV		2034	1,0	1,0	595,27	595,27	236,39	52,88	37,44
SE 138 kV MATUPÁ (Ampliação/Adequação)						8.281,14	3.288,55	735,59	520,92
1º Capacitor em Derivação 138 kV, 1 x 15 Mvar 3Φ		2034	1,0	1,0	1610,18	1.610,18	639,42	143,03	101,29
CCD (Conexão de Capacitor Derivação) 138 kV, Arranjo BPT		2034	1,0	1,0	6067,17	6.067,17	2.409,36	538,93	381,65
MIM - 138 kV		2034	1,0	1,0	603,79	603,79	239,77	53,63	37,98
LT 138 kV SINORB - SINOB, C3 (Nova)						21.544,17	8.555,49	1.913,71	1.355,21
Circuito Simples 138 kV, 1 x 477 MCM (HAWK), 15 km		2034	15,0	1,0	509,09	7.636,35	3.032,50	678,32	480,36
EL (Entrada de Linha) 138 kV, Arranjo BPT	SinoRB	2034	1,0	1,0	6350,12	6.350,12	2.521,72	564,06	399,45
MIM - 138 kV	SinoRB	2034	1,0	1,0	603,79	603,79	239,77	53,63	37,98
EL (Entrada de Linha) 138 kV, Arranjo BPT	SinoB	2034	1,0	1,0	6350,12	6.350,12	2.521,72	564,06	399,45
MIM - 138 kV	SinoB	2034	1,0	1,0	603,79	603,79	239,77	53,63	37,98
LT 138 kV SINOB - SINOP2, C3 (Nova)						18.680,12	6.868,64	1.659,31	564,93
Circuito Simples 138 kV, 1 x 336,4 MCM (ORIOLE), 10 km		2035	10,0	1,0	477,23	4.772,30	1.754,76	423,91	144,33
EL (Entrada de Linha) 138 kV, Arranjo BPT	SinoB	2035	1,0	1,0	6350,12	6.350,12	2.334,93	564,06	192,04
MIM - 138 kV	SinoB	2035	1,0	1,0	603,79	603,79	222,01	53,63	18,26
EL (Entrada de Linha) 138 kV, Arranjo BPT	Sinop2	2035	1,0	1,0	6350,12	6.350,12	2.334,93	564,06	192,04
MIM - 138 kV	Sinop2	2035	1,0	1,0	603,79	603,79	222,01	53,63	18,26

