



Empresa de Pesquisa Energética

# ESTUDOS PARA A EXPANSÃO DA TRANSMISSÃO

**ANÁLISE TÉCNICO-ECONÔMICA E  
SOCIOAMBIENTAL DE ALTERNATIVAS:**

**RELATÓRIO R1**

*Estudo de Atendimento às Cargas da SE Milagres*

**Fevereiro de 2023**

**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)



# ESTUDOS PARA A LICITAÇÃO DA EXPANSÃO DA TRANSMISSÃO

GOVERNO FEDERAL  
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

**Ministério de Minas e Energia**  
**Ministro**

Alexandre Silveira de Oliveira

**Secretário-Executivo do MME**

**Secretário de Planejamento e Transição Energética**

Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

**Secretário de Energia Elétrica**

Gentil Nogueira de Sá Junior

**Secretário de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis**

Pietro Adamo Sampaio Mendes

**Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral**

**EPE-DEE-RE-031/2018-REV1 – "ESTUDO DE ATENDIMENTO ÀS CARGAS DA SE MILAGRES"**



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**

Angela Regina Livino de Carvalho (interina)

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

Giovani Vitória Machado

**Diretor de Estudos de Energia Elétrica**

Giovani Vitória Machado (interino)

**Diretor de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustíveis**

Heloisa Borges Bastos Esteves

**Diretor de Gestão Corporativa**

Angela Regina Livino de Carvalho

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

**Sede**

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

**Escritório Central**

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

**Coordenação Geral**

Giovani Vitória Machado

**Coordenação Executiva**

Thiago de Faria Rocha Dourado Martins

**Equipe Técnica**

**Estudos Elétricos**

Igor Chaves

Luiz Felipe Froede Lorentz

Marcelo Willian Henriques Szrajbman

Maria de Fátima de Carvalho Gama

Rafael de Carvalho Caetano

Rafael Theodoro Alves e Mello

Vinicius Ferreira Martins

**Análise Socioambiental**

Clayton Borges da Silva

Daniel Filipe Silva

Kátia Gisele Matosinho

Mariana Lucas Barroso

Paula Cunha Coutinho de Andrade

**Nº EPE-DEE-RE-031/2018-REV1**

Data: 23/02/2023

(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> _____ <i>Data de assinatura</i> _____</p>								
<p><i>Projeto</i></p> <p align="center"><b>ESTUDOS PARA A LICITAÇÃO DA EXPANSÃO DA TRANSMISSÃO</b></p>									
<p><i>Área de estudo</i></p> <p align="center"><b>Estudos do Sistema de Transmissão</b></p>									
<p><i>Sub-área de estudo</i></p> <p align="center"><b>Análise Técnico-econômica</b></p>									
<p><i>Produto (Nota Técnica ou Relatório)</i></p> <p>EPE-DEE-RE-031/2018      <b>Estudo de Atendimento às Cargas da SE Milagres</b></p>									
<table border="1"> <thead> <tr> <th><i>Revisões</i></th> <th><i>Data</i></th> <th><i>Descrição sucinta</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>rev0</td> <td>26.07.2018</td> <td>Emissão Original</td> </tr> <tr> <td>rev1</td> <td>23.02.2023</td> <td>Inclusão da Seção 13 referente à análise de otimização da LT 230 kV Chapada III – Crato II e alteração de extensão da linha</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Revisões</i>	<i>Data</i>	<i>Descrição sucinta</i>	rev0	26.07.2018	Emissão Original	rev1	23.02.2023	Inclusão da Seção 13 referente à análise de otimização da LT 230 kV Chapada III – Crato II e alteração de extensão da linha
<i>Revisões</i>	<i>Data</i>	<i>Descrição sucinta</i>							
rev0	26.07.2018	Emissão Original							
rev1	23.02.2023	Inclusão da Seção 13 referente à análise de otimização da LT 230 kV Chapada III – Crato II e alteração de extensão da linha							

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

## APRESENTAÇÃO

Este relatório apresenta de forma detalhada o estudo de expansão do sistema de transmissão para suprimento às cargas da Mesorregião Sul Cearense atualmente atendidas pela SE Milagres. A análise contempla avaliações técnicas e econômicas, incorporando também na Nota Técnica DEA 013/18 aspectos socioambientais associados à alternativa proposta.

## ATUALIZAÇÕES DA REVISÃO 1

A revisão 1 deste relatório foi motivada pela inclusão da obra LT 230 kV Chapada III – Crato II C1 no PAR/PEL 2022-2026 [11] e no Plano de Outorgas de Transmissão de Energia Elétrica (2022) – POTEE [12]. Tal obra foi originalmente recomendada no horizonte indicativo com data de necessidade para o ano 2029, no entanto, em função do ritmo de crescimento da carga da região em questão, o PAR/PEL 2022-2026 indicou a necessidade desta obra para o ano 2024 com o intuito de solucionar o problema de afundamento de tensão na SE Crato II, na contingência da LT 230 kV Crato II – Milagres. Nesse sentido, foi necessária a atualização das seguintes informações referentes a essa LT para prosseguimento do processo de outorga:

- Inclusão da Seção 13 referente a Avaliação Técnico-Econômica de Linhas de Transmissão, onde são apresentadas as análises técnicas e de otimização visando definir as especificações básicas da LT 230 kV Chapada III – Crato II recomendada na emissão original deste relatório.
- Alteração da extensão da LT 230 kV Chapada III – Crato II conforme dados atualizados do corredor da linha definido Nota Técnica DEA 013/18-rev1 [6].
- Atualização dos parâmetros da LT 230 kV Chapada III – Crato II em função das alterações no cabo e extensão da linha.
- Atualização da Ficha PET da LT 230 kV Chapada III – Crato II em função da alteração na extensão, considerando a "Base de Referência de Preços ANEEL" – Março/2022.

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>DADOS, PREMISSAS E CRITÉRIOS .....</b>	<b>17</b>
5.1	BASE DE DADOS .....	17
5.2	MERCADO.....	17
5.3	HORIZONTE DO ESTUDO .....	18
5.4	PREMISSAS E CRITÉRIOS.....	18
<b>6</b>	<b>DIAGNÓSTICO .....</b>	<b>20</b>
<b>7</b>	<b>ALTERNATIVAS.....</b>	<b>22</b>
7.1	ALTERNATIVA 1 E VARIANTES .....	22
7.1.1	<i>Alternativa 1.1</i> .....	22
7.1.2	<i>Alternativa 1.2</i> .....	24
7.1.3	<i>Alternativa 1.3</i> .....	25
7.2	ALTERNATIVA 2.....	27
7.3	ALTERNATIVAS DESCARTADAS .....	29
<b>8</b>	<b>AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DAS ALTERNATIVAS .....</b>	<b>31</b>
8.1	ALTERNATIVA 1.3A .....	31
8.2	ALTERNATIVA 1.3B.....	33
8.3	ALTERNATIVA 1.3C.....	34
<b>9</b>	<b>ANÁLISE ECONÔMICA .....</b>	<b>36</b>
<b>10</b>	<b>ANÁLISE DE ENERGIZAÇÃO E REJEIÇÃO .....</b>	<b>38</b>
10.1	ENERGIZAÇÃO DA LT 230 kV MILAGRES – CRATO II C1.....	38
10.2	ENERGIZAÇÃO DA LT 230 kV TAUÁ II – CRATO II C1 .....	40
10.3	ENERGIZAÇÃO DA LT 230 kV CHAPADA III – CRATO II C1.....	42
10.4	ENERGIZAÇÃO DOS BANCOS DE CAPACITORES SHUNT 230 kV .....	45
10.5	REJEIÇÃO DE CARGA.....	46
<b>11</b>	<b>ANÁLISE DE CURTO CIRCUITO.....</b>	<b>49</b>
<b>12</b>	<b>ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL PRELIMINAR .....</b>	<b>51</b>
<b>13</b>	<b>AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA DE LINHAS DE TRANSMISSÃO AÉREAS.....</b>	<b>52</b>
13.1	DADOS E PREMISSAS .....	52
13.2	CRITÉRIOS PARA ANÁLISES ELÉTRICAS E COMPARAÇÕES ECONÔMICAS .....	53
13.3	AVALIAÇÕES ECONÔMICAS .....	54
13.3.1	<i>Seleção dos cabos condutores.....</i>	54



13.4	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA SOLUÇÃO DE REFERÊNCIA .....	54
13.4.1	<i>Características elétricas</i> .....	54
13.4.2	<i>Características construtivas</i> .....	55
<b>14</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>56</b>
<b>15</b>	<b>EQUIPE TÉCNICA.....</b>	<b>57</b>
<b>16</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>58</b>
16.1	PARÂMETROS DOS EQUIPAMENTOS.....	58
16.2	NOVAS SUBESTAÇÕES.....	60
16.3	PERDAS ELÉTRICAS DAS ALTERNATIVAS.....	61
16.4	PLANO DE OBRAS E ESTIMATIVA DE CUSTOS .....	62
16.5	RESULTADO DAS SIMULAÇÕES .....	66
16.6	FICHAS PET/PELP.....	80
16.7	TABELA DE COMPARAÇÃO R1 X R4 .....	87
	<b>NOTA TÉCNICA EPE/DEA/SMA 013/2018-REV.01 .....</b>	<b>88</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 - Sistema de transmissão do Estado do Ceará – Fonte ONS .....	8
Figura 1-2 - Mapa eletrogeográfico do Sul do Ceará – Fonte: COELCE (modificado).....	9
Figura 1-3 - Diagrama unifilar simplificado do regional Milagres .....	10
Figura 4-1 - Diagrama esquemático - Alternativa 1.3B .....	15
Figura 4-2 - Diagrama unifilar da SE 230/69 kV Crato II .....	16
Figura 6-1 – Carregamento dos TR 230/69 kV da SE Milagres em contingência – Ano 2024 – Carga Média.....	20
Figura 6-2 - Diagnóstico do sistema de distribuição - Regional Milagres - Ano 2022.....	21
Figura 7-1 - Alternativa 1.1 - Diagrama esquemático .....	23
Figura 7-2 – Alternativa 1.1 – Localização da nova SE Crato II .....	23
Figura 7-3 - Alternativa 1.3 - Diagrama esquemático .....	26
Figura 7-4 - Alternativa 1.3 - Localização da nova SE Crato II .....	26
Figura 7-5 - Alternativa 2 - Diagrama esquemático .....	28
Figura 8-1 - Alternativa 1.3A – Diagrama esquemático .....	32
Figura 8-2 – Alternativa 1.3B – Diagrama esquemático.....	33
Figura 8-3 – Alternativa 1.3C - Diagrama esquemático .....	34
Figura 9-1 – Comparação econômica das alternativas.....	37
Figura 10-1 - Condição pré-energização da LT 230 kV Milagres-Crato II C1 – Ano 2024, carga leve.....	38
Figura 10-2 - Energização da LT 230 kV Milagres – Crato II C1 a partir de Milagres – Ano 2024, carga leve .....	39
Figura 10-3 - Energização da LT 230 kV Milagres-Crato II C1 a partir de Crato II – Ano 2024, carga leve .....	39
Figura 10-4 – Condição pré-energização da LT 230 kV Tauá II – Crato II C 1 – Ano 2024, carga leve.....	40
Figura 10-5 - Energização da LT 230 kV Tauá II - Crato II C1 a partir de Tauá II – Ano 2024, carga leve .....	41
Figura 10-6 - Energização da LT 230 kV Tauá II - Crato II C1 a partir de Crato II – Ano 2024, carga leve .....	41
Figura 10-7 - Condição pré-energização da LT Chapada III – Crato II – Ano 2029, carga leve.....	42
Figura 10-8 - Energização da LT Chapada III - Crato II a partir de Chapada III – Ano 2024, carga leve .....	43
Figura 10-9 - Energização da LT Tauá II - Crato II a partir de Crato II – Ano 2024, carga leve.....	44
Figura 10-10 – Condição operativa pré-rejeição de carga – Ano 2033 .....	46
Figura 10-11 – Rejeição da LT 230 kV Tauá II – Crato II C1 através da abertura em Crato II .....	47
Figura 10-12 - Rejeição da LT 230 kV Tauá II – Crato II C1 através da abertura em Tauá II .....	47
Figura 10-13 - Rejeição da LT 230 kV Chapada III - Crato II C1 através da abertura em Chapada III .....	48
Figura 10-14 - Rejeição da LT 230 kV Chapada III - Crato II C1 através da abertura em Chapada III .....	48
Figura 13-1 Dados técnicos básicos da LT 230 kV em CS .....	55
Figura 16-1 - Diagrama unifilar da SE Crato II.....	60

Figura 16-2 - Alternativa 1.3B - Ano 2024, carga média – Diagrama da rede de distribuição ..... 66

Figura 16-3 - Alternativa 1.3B - Ano 2024, carga média - Contingência de 1 TR 230/69 kV na SE Milagres ..... 67

Figura 16-4 - Alternativa 1.3B – Ano 2024, carga média - Contingência de 1 TR 230/69 kV na SE Crato II ..... 68

Figura 16-5 - Alternativa 1.3B - Ano 2024, carga média - Diagrama da Rede Básica ..... 69

Figura 16-6 - Alternativa 1.3B - Ano 2024, carga média - Contingência da LT Milagres-Crato II ..... 70

Figura 16-7 - Alternativa 1.3B - Ano 2024, carga média - Contingência da LT Tauá II-Crato II ..... 71

Figura 16-8 - Alternativa 1.3B - Ano 2024, carga média - Contingência da LT Picos-Tauá II ..... 72

Figura 16-9 - Alternativa 1.3B - Ano 2033, carga média – Diagrama da rede de distribuição ..... 73

Figura 16-10 - Alternativa 1.3B - Ano 2033, carga média - Contingência de 1 TR 230/69 kV na SE Milagres ..... 74

Figura 16-11 - Alternativa 1.3B - Ano 2033 – Contingência de 1 TR 230/69 kV na SE Crato II ..... 74

Figura 16-12 - Alternativa 1.3B - Ano 2033, carga média - Contingência de 1 TR 230/69 kV na SE Crato II ..... 75

Figura 16-13 - Alternativa 1.3B - Ano 2033, carga média - Diagrama da Rede Básica ..... 76

Figura 16-14 - Alternativa 1.3B - Ano 2033 carga média - Contingência da LT Tauá II-Crato II ..... 77

Figura 16-15 - Alternativa 1.3B - Ano 2033, carga média - Contingência da LT Picos-Tauá II ..... 78

Figura 16-16 - Alternativa 1.3B - Ano 2033, carga média - Contingência da LT Chapada III-Crato II ..... 79

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3-1– Comparação econômica das alternativas: Investimento + Perdas (R\$ x 1000)	12
Tabela 4-1 – Alternativa 1.3B - Principais obras em linhas de transmissão	13
Tabela 4-2 – Alternativa 1.3B - Principais obras em subestações de Rede Básica e Fronteira	13
Tabela 4-3 – Alternativa 1.3B - Principais obras em linhas de distribuição	13
Tabela 5-1 - Cargas das subestações de interesse – Período 2022-2031	17
Tabela 6-1 - Transformação 230/69 kV da SE Milagres - Ano 2024 – Carga média	20
Tabela 7-1 - Alternativa 1.1 - Principais obras em subestações de Rede Básica e Fronteira	24
Tabela 7-2 - Alternativa 1.1 - Principais obras em linhas de transmissão	24
Tabela 7-3 - Alternativa 1.1 - Principais obras em linhas de distribuição	24
Tabela 7-4 - Alternativa 1.2 - Principais obras em subestações de Rede Básica e Fronteira	24
Tabela 7-5 - Alternativa 1.2 - Principais obras em linhas de transmissão	25
Tabela 7-6 - Alternativa 1.2 - Principais obras em linhas de distribuição	25
Tabela 7-7 – Alternativa 1.3 - Principais obras em subestações de Rede Básica e Fronteira	27
Tabela 7-8 - Alternativa 1.3 - Principais obras em linhas de transmissão	27
Tabela 7-9 - Alternativa 1.3 - Principais obras em linhas de distribuição	27
Tabela 7-10 - Alternativa 2 - Principais obras em subestações de Rede Básica e Fronteira	28
Tabela 7-11 - Alternativa 1.3 - Principais obras em linhas de distribuição	29
Tabela 7-12 – Alternativa 2 - Principais obras em subestações de distribuição	29
Tabela 8-1 - Principais obras em subestações de Rede Básica e Fronteira	32
Tabela 8-2 – Principais obras em linhas de transmissão	32
Tabela 8-3 – Principais obras em subestações de Rede Básica e Fronteira	33
Tabela 8-4 - Principais obras em linhas de transmissão	33
Tabela 8-5 - Principais obras em subestações de Rede Básica e Fronteira	34
Tabela 8-6 – Principais obras em linhas de transmissão	35
Tabela 9-1 - Comparação econômica	36
Tabela 10-1 - Resumo - Energização da LT 230 kV Milagres-Crato II	40
Tabela 10-2 - Resumo - Energização da LT 230 kV Tauá II - Crato II C1	42
Tabela 10-3 - Resumo - Energização da LT Chapada III - Crato II	44
Tabela 10-4 - Energização dos bancos de capacitores shunt 230 kV	45
Tabela 11-1 – Correntes de curto-circuito	49
Tabela 13-1 Dados do ambiente	52
Tabela 13-2 Dados para avaliação econômica	52
Tabela 13-3 Dados do sistema – Fluxos para cálculo de perdas	53
Tabela 13-4 Dados do sistema – Fluxos máximos observados para diferentes condições de operação	53
Tabela 13-5 Configurações com menor custo total	54
Tabela 13-6 Características elétricas básicas da LT 230 kV em CS	54
Tabela 13-7 Coordenadas da silhueta típica da LT 230 kV em CS	55
Tabela 16-1 – Características Elétricas das linhas de transmissão recomendadas	58
Tabela 16-2 - Parâmetros elétricos das linhas de transmissão recomendadas	58

Tabela 16-3 – Carregamentos máximos e capacidade das linhas de transmissão recomendadas .....	59
Tabela 16-4 - Parâmetros dos novos transformadores .....	59
Tabela 16-5 – Diferencial de perdas Elétricas [MW] .....	61
Tabela 16-6 – Plano de obras e estimativa de custos – Alternativa 1.3A .....	62
Tabela 16-7 - Plano de obras e estimativa de custos - Alternativa 1.3B.....	63
Tabela 16-8 – Plano de obras e estimativa de custos – Alternativa 1.3C .....	64
Tabela 16-9 – Plano de obras e estimativa de custos – Alternativa 2 .....	65

# 1 INTRODUÇÃO

A mesorregião Sul Cearense é uma das 7 mesorregiões do estado do Ceará e conta com uma população de cerca de 870.000 habitantes distribuída em 29 municípios dos quais se destacam Juazeiro do Norte, com cerca 270.000 habitantes, e Crato, com cerca 130.000 habitantes, sendo o 3º e 6º, respectivamente, municípios mais populosos do estado. O atendimento elétrico a essa região é feito em grande parte através da subestação de rede básica Milagres 500/230/69 kV, que alimenta as SE Brejo Santo, Mauriti, Balanços I, Balanços II, Lavras da Mangabeira, Barbalha, Juazeiro do Norte I, Juazeiro do Norte II, Crato e Nova Olinda, todas de propriedade da COELCE. Uma parcela das cargas da região é atendida pela SE Tauá II 230/69 kV, que supre atualmente as subestações Antonina do Norte, Araripe e Campos Sales. A SE Milagres se conecta a SE Tauá II e a várias outras subestações de rede básica por meio de linhas de 500 kV e 230 kV existentes e planejadas, conforme mostrado no mapa da Figura 1-1. As figuras 1-2 e 1-3 apresentam o mapa eletrogeográfico da rede de distribuição em 69 kV da região e o diagrama unifilar simplificado do sistema de distribuição da região.

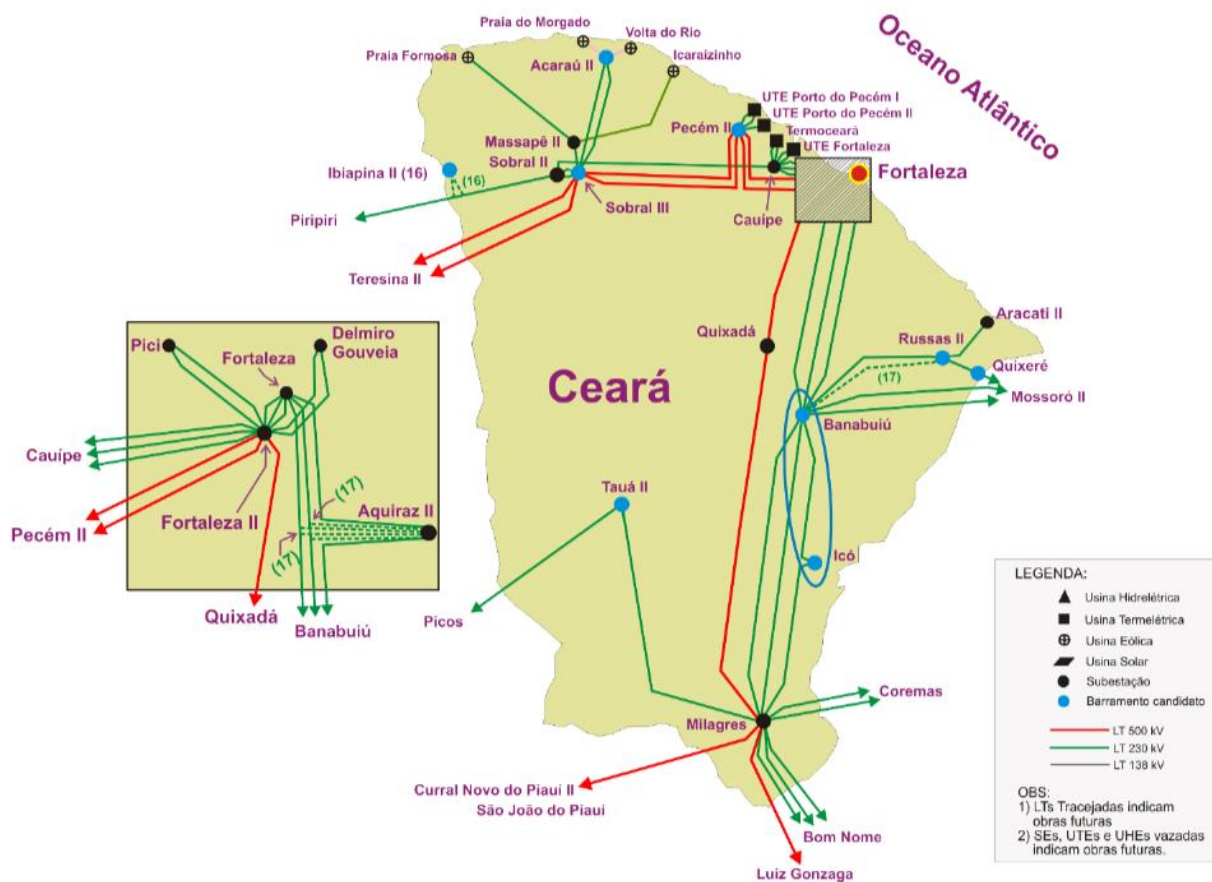


Figura 1-1 - Sistema de transmissão do Estado do Ceará – Fonte ONS

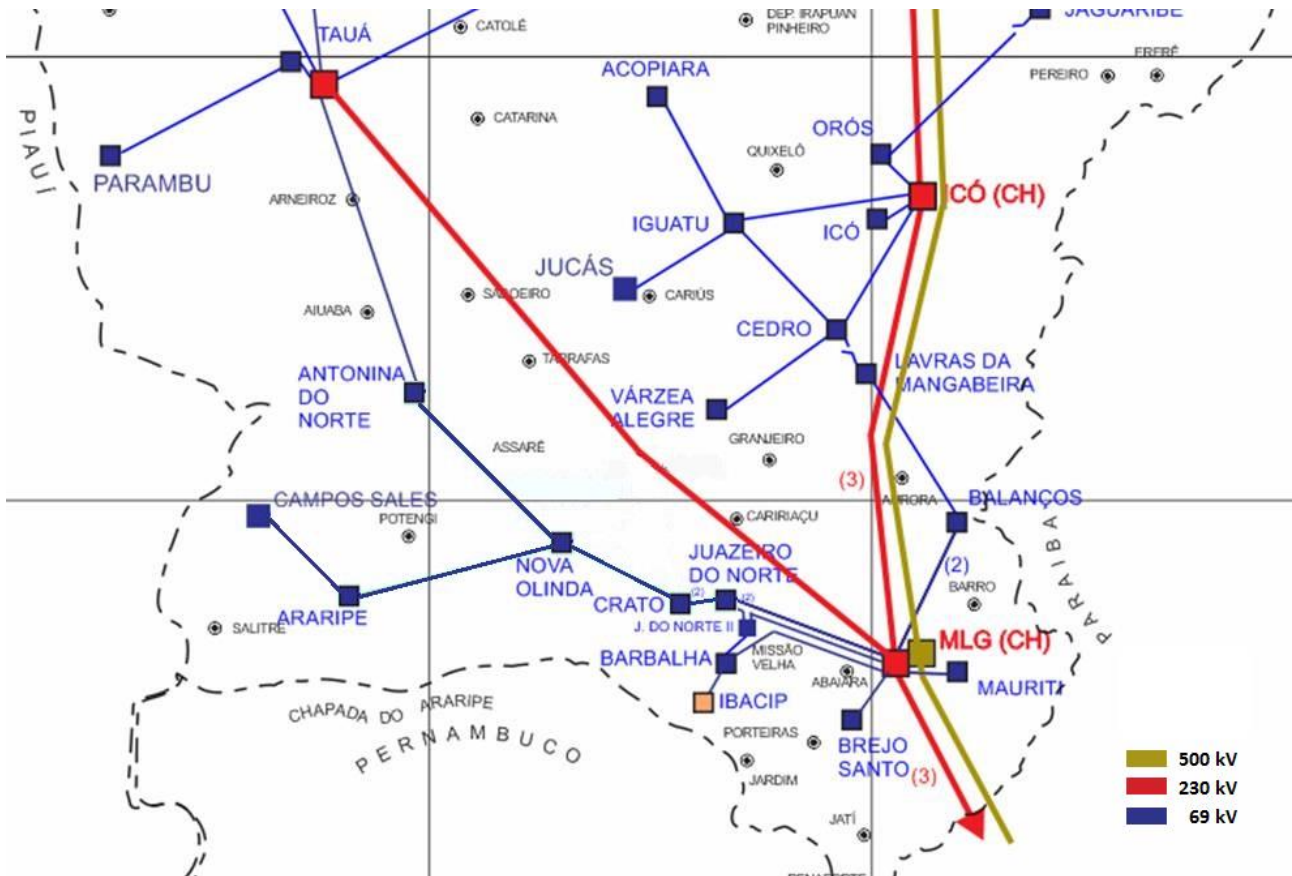


Figura 1-2 - Mapa eletrogeográfico do Sul do Ceará – Fonte: COELCE (modificado)

A transformação 230/69 kV da subestação Milagres apresenta 4 transformadores em 2018 e está fisicamente esgotada para implantação de novas unidades. O diagnóstico do sistema aponta que, no ano de 2024, na contingência de um dos quatro transformadores dessa subestação, as unidades remanescentes entram em sobrecarga.

Com vistas a definir a melhor opção de expansão do sistema elétrico em análise, de modo a garantir o adequado suprimento às cargas da região, propôs-se a realização de estudo de planejamento sob o ponto de vista do mínimo custo global.

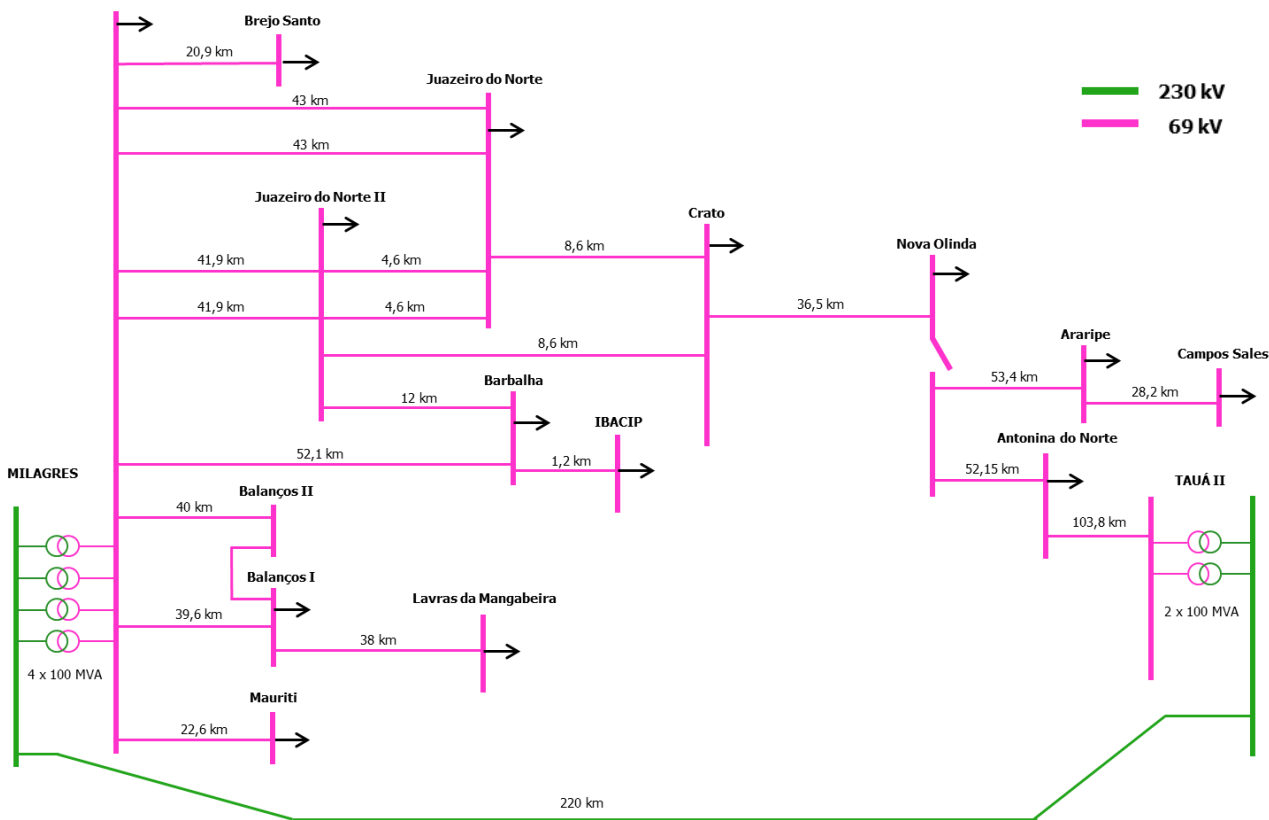


Figura 1-3 - Diagrama unifilar simplificado do regional Milagres

## 2 OBJETIVOS

O objetivo desse estudo é indicar a melhor alternativa de atendimento às cargas da região sul do Ceará atualmente supridas a partir da subestação Milagres 500/230/69 kV, projetada para a instalação de até quatro transformadores 230/69 kV de 100 MVA e com limitações físicas que impedem sua ampliação.

O estudo deve indicar, do ponto de vista técnico, econômico e ambiental, qual o melhor cronograma de obras a ser implantado no horizonte considerado, tanto para a expansão da Rede Básica como para o sistema de distribuição, considerando as alternativas de expansão que garantam o atendimento aos consumidores, com padrões de qualidade e continuidade adequados, frente ao crescimento do mercado de energia elétrica previsto para a região.



### 3 CONCLUSÕES

Foram estudadas quatro alternativas de suprimento às cargas atualmente atendidas pela SE Milagres, cuja transformação 230/69 kV tem superação prevista para o ano de 2024. Dada a impossibilidade de instalação de novos transformadores, as soluções propostas consistem na transferência de cargas da SE Milagres para um novo ponto de suprimento a ser indicado pelo estudo, com entrada em operação recomendada para 2024. As obras indicadas para 2022 e 2023 são comuns a todas as alternativas e envolvem apenas a rede de distribuição. Todas as alternativas atendem aos critérios de planejamento e às premissas estabelecidas para esse estudo. O detalhamento das alternativas está descrito no item 7.

As alternativas 1.1, 1.2 e 1.3 propõem a implantação de um novo ponto de suprimento nas proximidades do município de Crato, mediante seccionamento da LT 230 kV Milagres – Tauá II C1, diferindo basicamente quanto à localização da nova subestação 230/69 kV, a forma de conexão com o sistema de distribuição e o cronograma de transferência de cargas da SE Milagres para esse novo ponto de suprimento, o que impacta no escalonamento de obras ao longo do período de estudo. Foi feita uma comparação econômica preliminar entre as variantes da Alternativa 1 que apontou a Alternativa 1.3 como a mais vantajosa do ponto de vista do mínimo custo global. Simulações de contingências apontaram a necessidade de obras adicionais para atender os critérios de segurança em condições de emergência. Obras de reforços foram propostas e originaram as alternativas completas 1.3A, 1.3B e 1.3C.

A Alternativa 1.3A propõe como obra de reforço a LT 230 kV Milagres II - Crato II C1, o que envolve também a necessidade da transformação 500/230 kV na SE Milagres II, visto que essa subestação conta atualmente apenas com o setor de 500 kV. Além disso são necessários 60 Mvar de compensação reativa em Crato II 230 kV.

A Alternativa 1.3B por sua vez, prevê a nova LT 230 kV Chapada III – Crato II C1 como reforço para as situações de emergência, além de 90 Mvar em compensação reativa na SE Crato II, no setor de 230 kV.

Por fim, a Alternativa 1.3C propõe como obra de reforço o seccionamento da LT 230 kV Milagres – Banabuiú C3 na SE Crato II, além de 60 Mvar em compensação reativa na SE Crato II 230 kV.

A Alternativa 2 por sua vez propõe a implantação de um novo ponto de suprimento na SE Milagres II 500 kV mediante instalação dos pátios de 230 e 69 kV, e a realização de várias obras de reforços no sistema de distribuição, com linhas em 69 kV e compensação reativa em barras de carga.

A avaliação de mínimo custo global das soluções tecnicamente viáveis apontou a Alternativa 1.3B como vencedora. Dessa forma, faz-se necessária a implantação, em 2024, de um novo ponto de

suprimento 230/69 kV, mediante seccionamento da LT 230 kV Milagres – Tauá II C1, no município de Crato. A futura SE Crato II contará inicialmente com dois transformadores 230/69 kV de 150 MVA e deverá ser localizada próxima à linha de distribuição existente Crato – Nova Olinda 69 kV, de modo a possibilitar a conexão com a rede de distribuição por meio do seccionamento dessa linha de 69 kV. Como obra de reforço propõem-se, para o ano 2029, a LT 230 kV Chapada III – Crato II C1, além de 3 bancos de capacitores ao longo do horizonte de estudo.

As análises consideram o valor presente dos custos das alternativas, referidos a 2024 (ano inicial do estudo), e utilizam o método dos rendimentos necessários com truncamento das séries temporais em 2033, ano horizonte do estudo. O custo de cada alternativa, por sua vez, foi calculado tomando-se por base os investimentos de cada alternativa e as perdas diferenciais em relação àquela que apresentou menores perdas.

A Tabela 3-1 apresenta o resumo da comparação econômica das alternativas analisadas neste trabalho.

**Tabela 3-1– Comparação econômica das alternativas: Investimento + Perdas (R\$ x 1000)**

Alternativas	Investimento	Δ Perdas	Total	%	Ordem
Alternativa 1.3A	83.937,55	5.441,22	89.378,77	115,9%	3º
Alternativa 1.3B	77.095,35	0,00	77.095,35	100,0%	1º
Alternativa 1.3C	73.047,72	7.361,12	80.408,84	104,3%	2º
Alternativa 2	149.930,77	67.521,83	217.452,60	282,1%	4º

O detalhamento da análise econômica é apresentado no capítulo 9.

## 4 RECOMENDAÇÕES

Sob o ponto de vista técnico e econômico, recomenda-se a implantação da Alternativa 1.3B, com o cronograma de obras conforme Tabela 4-1, Tabela 4-2 e Tabela 4-3.

**Tabela 4-1 – Alternativa 1.3B - Principais obras em linhas de transmissão**

Ano	Tensão	Linha de Transmissão	Configuração	Extensão
2024	230 kV	Seccionamento em loop da LT 230 kV Milagres – Tauá II na SE Crato II	1x636 MCM – CD	34 km
2029	230 kV	LT 230 kV Chapada III – Crato II	1x954 MCM - CS	168 km

**Tabela 4-2 – Alternativa 1.3B - Principais obras em subestações de Rede Básica e Fronteira**

Ano	Subestação	Tensão	Equipamento	Nº
2024	Crato II	230 kV	Novo pátio de subestação 230 kV	-
		69 kV	Novo pátio de subestação 69 kV	-
		230 kV	2 TR – 230/69-13,8 kV – T – 150 MVA <sup>1</sup>	1º e 2º
2027	Crato II	230 kV	Banco de Capacitores Shunt (1 x 30 Mvar)	1º
2028	Crato II	230 kV	Banco de Capacitores Shunt (1 x 30 Mvar)	2º
2029	Crato II	230 kV	1 TR – 230/69 kV – T – 150 MVA <sup>1</sup>	3º
2032	Crato II	230 kV	Banco de Capacitores Shunt (1 x 30 Mvar)	3º

(1) Caso não haja necessidade de suprimento a serviços auxiliares, o terminal terciário do transformador não deverá estar acessível. Ademais, sua potência e tensão deverão ser determinadas posteriormente.

**Tabela 4-3 – Alternativa 1.3B - Principais obras em linhas de distribuição**

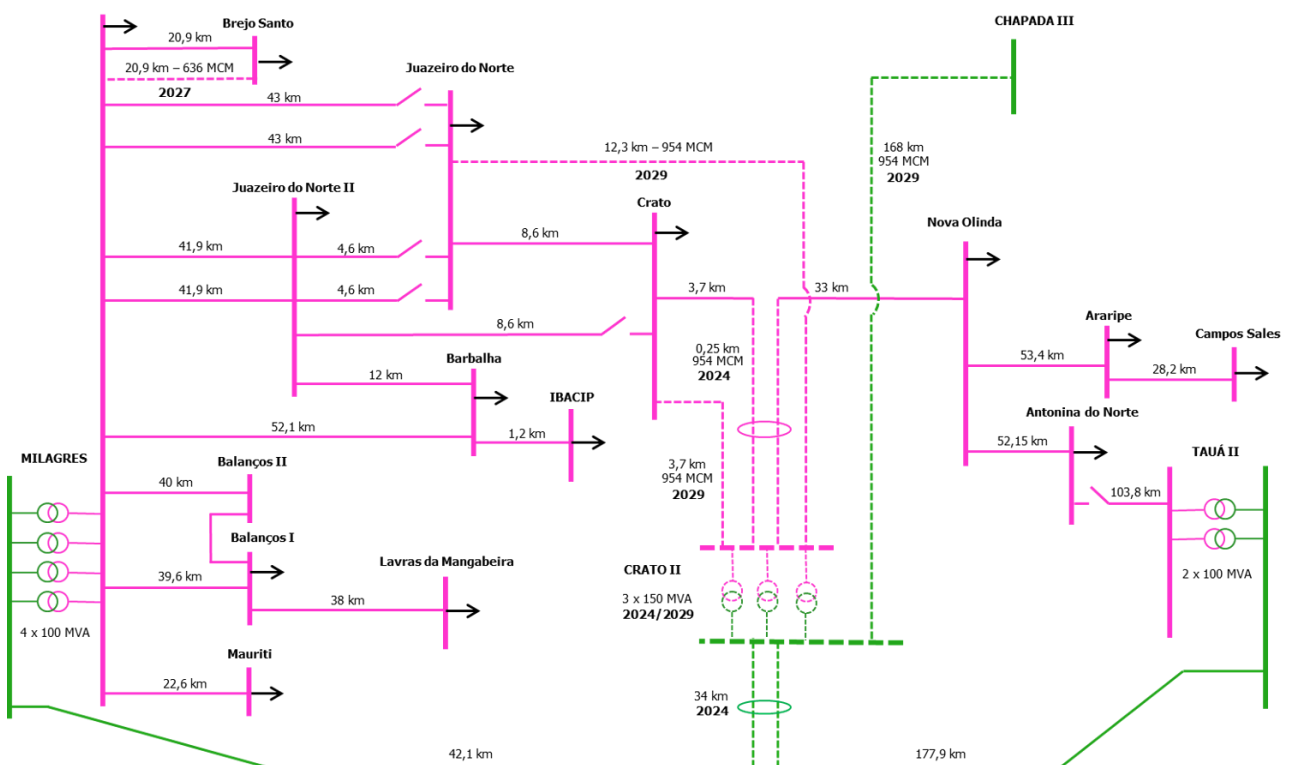
Ano	Tensão	Linha de distribuição	Configuração	Extensão
2022	69 kV	LD Crato - Nova Olinda (recondutoramento)	1 x 954 MCM - CS	36,5 km
2022	69 kV	LD Nova Olinda - Araripe (recondutoramento)	1 x 636 MCM - CS	53,4 km
2024	69 kV	Seccionamento em loop da LD Crato - Nova Olinda na SE Crato II	1 x 954 MCM - CD	2 x 0,25 km
2027	69 kV	LD Milagres - Brejo Santo, C2	1 x 636 MCM - CS	22,0 km
2029	69 kV	LD Crato II - Juazeiro do Norte I, C1	1 x 954 MCM - CS	12,3 km
2029	69 kV	LD Crato II - Crato, C2	1 x 954 MCM - CS	3,7 km
2030	69 kV	LD Balanços I – Lavras da Mangabeira (recondutoramento)	1 x 636 MCM - CS	38,0 km

- Para os 1º e 2º TR 230/69 kV, 150 MVA, da SE Crato II, devido a potência desses equipamentos, recomenda-se DISPENSAR a elaboração do Relatório R2 para este empreendimento. Entretanto, sugere-se que, 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 os transformadores objeto dos estudos e a rede elétrica adjacente e/ou equipamentos, seja considerada a adoção de medidas mitigatórias para redução dos impactos dos Transitórios Eletromagnéticos de Manobra (TEM) como, por exemplo, dispositivos sincronizadores.

- Para a LT 230 kV Chapada III – Crato II e o seccionamento da LT 230 kV Milagres – Tauá II, na SE Crato II, tendo em vista os seus comprimentos, igualmente recomenda-se DISPENSAR a elaboração dos Relatórios R2. Entretanto, sugere-se que, caso sejam identificadas nos estudos desenvolvidos nas etapas posteriores ao certame licitatório elevadas sobretensões e/ou energias nos para-raios de óxido metálico, bem como algum fenômeno de interação relevante entre as LT objeto dos estudos e a rede elétrica adjacente e/ou equipamentos, seja considerada a adoção de medidas mitigatórias para redução dos impactos dos TEM como, por exemplo, dispositivos sincronizadores.

As figuras 4-1 e 4-2 apresentam, respectivamente, o diagrama unifilar simplificado das obras recomendadas e o diagrama unifilar da nova SE 230 kV Crato II.



**Figura 4-1 - Diagrama esquemático - Alternativa 1.3B**

— 230 kV  
— 69 kV

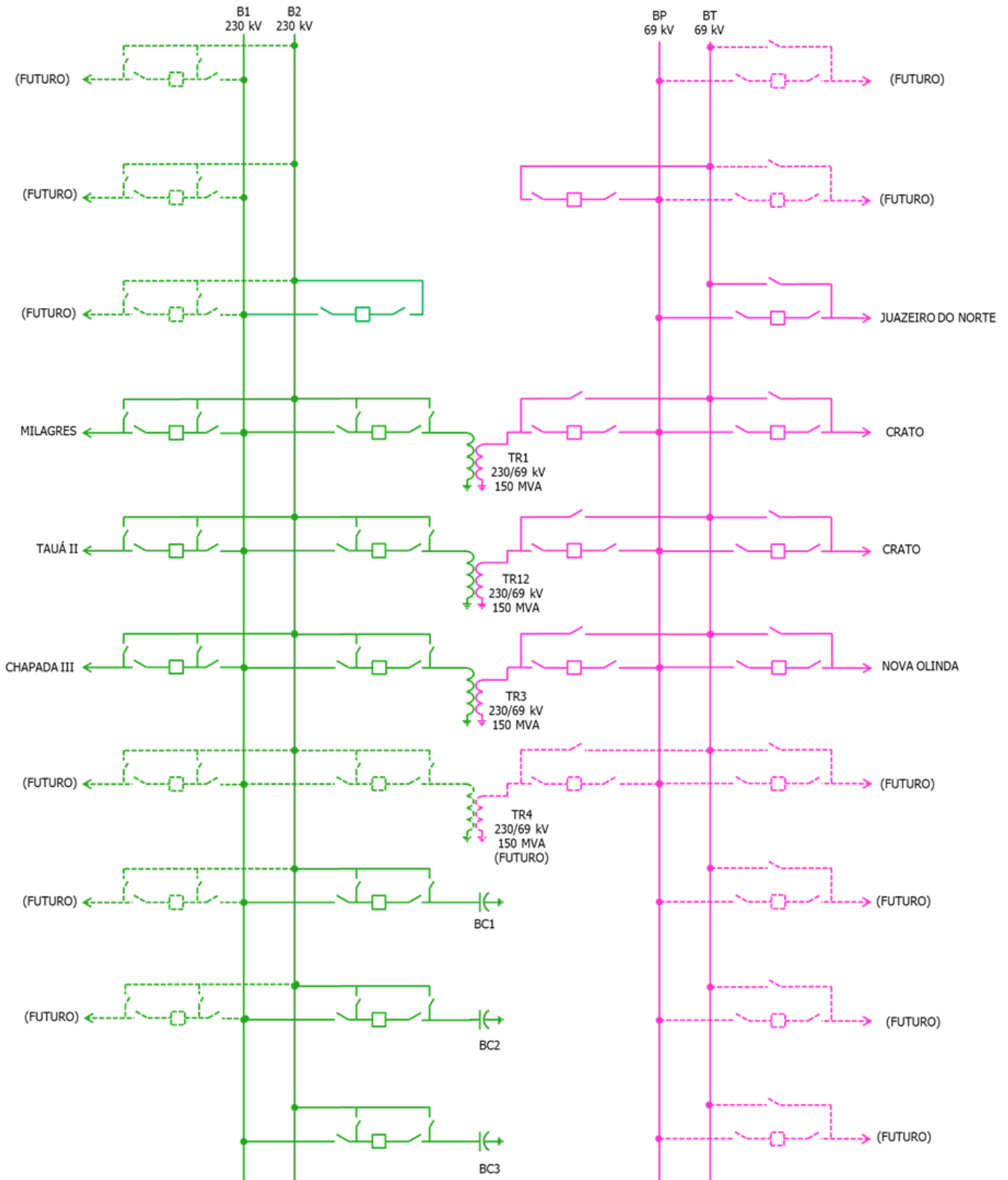


Figura 4-2 - Diagrama unifilar da SE 230/69 kV Crato II

## 5 DADOS, PREMISSAS E CRITÉRIOS

### 5.1 Base de Dados

Considerou-se como referência para as simulações de fluxo de potência a base de dados correspondente ao Plano Decenal 2017-2025, com as atualizações pertinentes da topologia da rede, plano de geração e mercado. Para fins de valoração das perdas elétricas, considerou-se que os cenários norte seco e norte úmido possuem tempos de permanência iguais durante um ano, isto é, 50% cada. Já para os patamares de carga, considerou-se os tempos de permanência de 37,5%, 50% e 12,5% para carga leve, média e pesada, respectivamente.

### 5.2 Mercado

A Tabela 5-1 apresenta as informações de mercado da área de interesse, fornecidas pela COELCE para o período 2022-2033. Atualmente as cargas das subestações Araripe, Campos Sales e Antonina

**Tabela 5-1 - Cargas das subestações de interesse – Período 2022-2031**

Subestação	Patamar de carga	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
		MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW
Milagres	Pesada	12,9	13,6	14,3	15,1	16,0	16,8	17,8	18,8	19,8	20,9	22,0	23,2
	Média	13,5	14,3	15,0	15,9	16,8	17,7	18,6	19,7	20,8	21,9	23,1	24,4
	Leve	8,5	9,0	9,4	10,0	10,5	11,1	11,7	12,3	13,0	13,7	14,5	15,3
Juazeiro do Norte I	Pesada	43,2	46,1	49,2	52,7	56,3	60,2	64,4	68,8	73,5	78,5	83,9	89,7
	Média	53,1	56,8	60,6	64,9	69,4	74,2	79,3	84,8	90,6	96,8	103,5	110,6
	Leve	29,6	31,7	33,8	36,3	38,9	41,6	44,5	47,5	50,8	54,4	58,1	62,2
Barbalha	Pesada	11,3	12,1	12,9	13,8	14,8	15,8	16,9	18,0	19,3	20,6	22,0	23,5
	Média	15,3	16,4	17,5	18,7	20,0	21,4	22,9	24,5	26,1	27,9	29,9	31,9
	Leve	8,8	9,4	10,0	10,7	11,5	12,3	13,2	14,1	15,0	16,1	17,2	18,4
Ibacip (cliente A3)	Pesada	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
	Média	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
	Leve	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
Crato	Pesada	41,5	44,4	47,3	50,7	54,2	57,9	61,9	66,2	70,7	75,5	80,7	86,3
	Média	57,5	61,5	65,5	70,2	75,1	80,3	85,8	91,7	98,0	104,8	112,0	119,6
	Leve	28,9	30,9	33,0	35,4	37,8	40,5	43,3	46,3	49,5	52,9	56,6	60,5
Balanços	Pesada	10,2	10,9	11,6	12,5	13,3	14,2	15,2	16,3	17,4	18,6	19,9	21,2
	Média	9,0	9,6	10,3	11,0	11,8	12,6	13,5	14,4	15,4	16,4	17,6	18,8
	Leve	5,5	5,8	6,2	6,7	7,2	7,7	8,2	8,8	9,4	10,0	10,7	11,5
Lavras da Mangabeira	Pesada	11,3	12,1	12,9	13,8	14,8	15,8	16,9	18,0	19,3	20,6	22,0	23,5
	Média	12,2	13,1	13,9	14,9	16,0	17,1	18,2	19,5	20,8	22,3	23,8	25,4
	Leve	6,4	6,9	7,4	7,9	8,5	9,0	9,7	10,3	11,1	11,8	12,6	13,5
Brejo Santo	Pesada	24,6	26,3	28,1	30,1	32,2	34,4	36,7	39,2	41,9	44,8	47,9	51,2
	Média	24,5	26,2	27,9	29,9	32,0	34,2	36,5	39,0	41,7	44,6	47,7	50,9
	Leve	15,4	16,4	17,5	18,8	20,1	21,5	23,0	24,6	26,3	28,2	30,1	32,2
Mauriti	Pesada	13,4	14,3	15,2	16,3	17,4	18,6	19,9	21,3	22,7	24,3	26,0	27,7
	Média	12,9	13,8	14,7	15,8	16,9	18,1	19,3	20,6	22,1	23,6	25,2	26,9
	Leve	8,3	8,9	9,4	10,1	10,8	11,6	12,4	13,3	14,2	15,2	16,2	17,3
Juazeiro do Norte II	Pesada	28,8	30,8	32,8	35,2	37,6	40,2	43,0	45,9	49,1	52,4	56,0	59,9
	Média	35,4	37,8	40,3	43,2	46,2	49,4	52,8	56,4	60,3	64,5	68,9	73,6
	Leve	19,1	20,5	21,9	23,4	25,1	26,8	28,7	30,7	32,8	35,1	37,5	40,1
Nova Olinda	Pesada	10,6	11,3	12,0	12,9	13,8	14,7	15,7	16,8	18,0	19,2	20,5	21,9
	Média	11,4	12,2	13,0	13,9	14,9	15,9	17,0	18,2	19,4	20,8	22,2	23,7
	Leve	5,7	6,1	6,5	7,0	7,5	8,0	8,6	9,2	9,8	10,5	11,2	12,0
Araripe	Pesada	3,6	3,7	3,9	4,1	4,3	4,6	4,8	5,0	5,3	5,6	5,8	6,1
	Média	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6
	Leve	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,6	2,7	2,8	3,0	3,1
Antonina do Norte	Pesada	9,0	9,5	9,9	10,4	11,0	11,5	12,1	12,7	13,4	14,1	14,8	15,6
	Média	7,7	8,1	8,4	8,9	9,4	9,8	10,3	10,9	11,4	12,0	12,6	13,3
	Leve	4,9	5,1	5,4	5,7	6,0	6,3	6,6	6,9	7,3	7,6	8,0	8,5
Campos Sales	Pesada	6,5	6,8	7,1	7,5	7,9	8,3	8,7	9,1	9,6	10,1	10,6	11,1
	Média	5,5	5,7	6,0	6,3	6,6	7,0	7,3	7,7	8,1	8,5	9,0	9,4
	Leve	3,1	3,3	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6	4,9	5,1	5,4
Carga total	Pesada	229,6	244,7	260,0	278,0	296,3	315,8	336,7	358,9	382,6	407,9	434,9	463,7
	Média	264,9	282,4	300,3	321,1	342,4	365,2	389,4	415,3	442,9	472,4	503,8	537,4
	Leve	150,2	160,1	170,2	182,0	194,0	206,9	220,6	235,2	250,8	267,5	285,2	304,2

do Norte são supridas pela SE Tauá II 230/69 kV, como pode ser visto no diagrama da Figura 1.3. A COELCE, no entanto, manifestou interesse em transferir essas cargas para o novo ponto de suprimento que será implantado, dado que as perdas elétricas observadas para as atender através do regional Tauá II são elevadas, devido principalmente à grande extensão das linhas envolvidas como é o caso da LD 69 kV Tauá II – Antonina do Norte, com 103 km.

### 5.3 Horizonte do Estudo

Considerando que o prazo mínimo para a implantação de qualquer obra de expansão da Rede Básica é de 5 anos, contados desde a incorporação no PET – Plano de Expansão da Transmissão, e ainda contemplando todo o processo de licitação, realizado pela ANEEL, até a instalação do empreendimento, o ano inicial do estudo é 2024, tendo como o horizonte o ano 2033. Serão analisados, portanto, 10 anos.

### 5.4 Premissas e Critérios

Foram seguidas as diretrizes para elaboração da documentação necessária para se recomendar à ANEEL uma nova instalação de transmissão integrante da Rede Básica através de ato licitatório, definidas no documento publicado pela EPE denominado “Diretrizes para Elaboração dos Relatórios Técnicos Referentes às Novas Instalações da Rede Básica”, [1]

Os critérios e procedimentos utilizados no estudo estão de acordo com o documento “Critérios e Procedimentos para o Planejamento da Expansão dos Sistemas de Transmissão - CCPE/CTET - Janeiro/2001”, Ref.[2], além das premissas apresentadas nos subitens a seguir, onde se destacam:

- Manter o conceito de mínimo custo global para a escolha da alternativa;
- Atender ao critério “N-1” para elementos da Rede Básica e Rede Básica de Fronteira;
- Variação máxima de 5% da tensão do barramento decorrente da manobra de equipamentos;
- Fator de potência no barramento da Rede Básica de Fronteira: 0,95;
- Utilizar os limites de carregamento das linhas de transmissão e transformadores existentes nos Contratos de Prestação de Serviços de Transmissão (CPST). Para os novos equipamentos a serem instalados na rede, levar em consideração as recomendações contidas na Resolução nº 191 da ANEEL para determinação das capacidades em contingência;



- Para cálculo de perdas elétricas, utilizou-se custo de 193,00 R\$/MWh, calculado com base no custo marginal de expansão da geração informado pela EPE;
- Para comparação dos custos entre as alternativas analisadas foi utilizado o documento: "Base de Referência de Preços ANEEL – Junho de 2017", Ref. [3]; e o método dos rendimentos necessários, com o truncamento das séries temporais no ano horizonte do estudo;
- Para a preparação das fichas contendo a estimativa dos investimentos em empreendimentos de transmissão (Rede Básica), que servirão de subsídio para o processo licitatório, foi considerada a base de custos consolidada no documento: "Base de Referência de Preços ANEEL – Junho de 2017", Ref. [3];

Ressalta-se que, além das simulações de fluxo de carga, serão analisados os níveis de curto circuito da alternativa selecionada para a expansão do sistema.

## 6 DIAGNÓSTICO

A subestação Milagres, que opera atualmente com 3 transformadores 230/69 kV de 100 MVA, tem a entrada em operação do quarto transformador prevista para o ano de 2018, atingindo assim o limite físico da subestação para implantação de novos transformadores. Considerando as informações de mercado disponibilizadas pela COELCE, conforme Tabela 5-1, espera-se a superação da capacidade de transformação 230/69 kV para o ano de 2024. Na contingência de umas das unidades transformadoras, as demais entram em sobrecarga, como mostrado na Figura 6-1 e na Tabela 6-1. A questão sugere então a implantação em 2024 de um novo ponto de suprimento, que possa assumir parte das cargas da SE Milagres de modo a aliviar a transformação 230/69 kV.

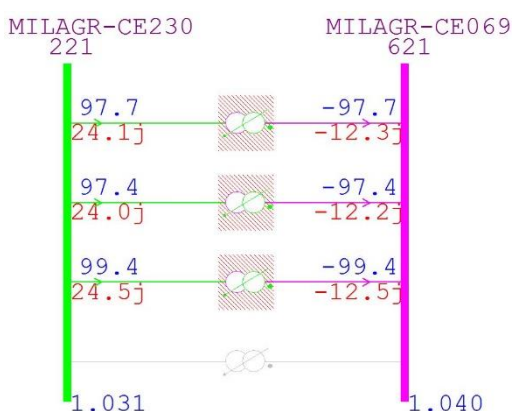


Figura 6-1 – Carregamento dos TR 230/69 kV da SE Milagres em contingência – Ano 2024 – Carga Média

Tabela 6-1 - Transformação 230/69 kV da SE Milagres - Ano 2024 – Carga média

Equipamento	Capacidade Normal (MVA)	Capacidade emergência (MVA)	Carregamento Normal (%)	Carregamento em contingência (%)
TR1	100	100	74,7	102,30%
TR2	100	102	74,5	100,20%
TR3	100	102	76,0	100,50%
TR4	100	100	-	-

Considerando a capacidade de emergência dos transformadores da SE Milagres conforme a tabela 6-1, numa situação de contingência, a carga máxima que pode ser atendida sem sobrecarga é de aproximadamente 300 MVA, o que equivale a 285 MW, considerando um fator de potência de 0,95 indutivo. Em referência à tabela 5-1 observa-se que a carga total a ser atendida em 2033 é 537,4 MW no patamar de carga média, que é o cenário mais crítico. Diante disso conclui-se que devem ser transferidos no mínimo 252,4 MW para o novo ponto de suprimento durante o período de análise do estudo.

No âmbito da rede de distribuição, observa-se já em 2022 elevadas quedas de tensão e perdas elétricas, com destaque para os trechos Crato – Nova Olinda com 6,5% de perdas e Nova Olinda – Araripe com 10,4%. A Figura 6.2 mostra a simulação do fluxo de potência do regional Milagres para o ano de 2022 no patamar de carga média.

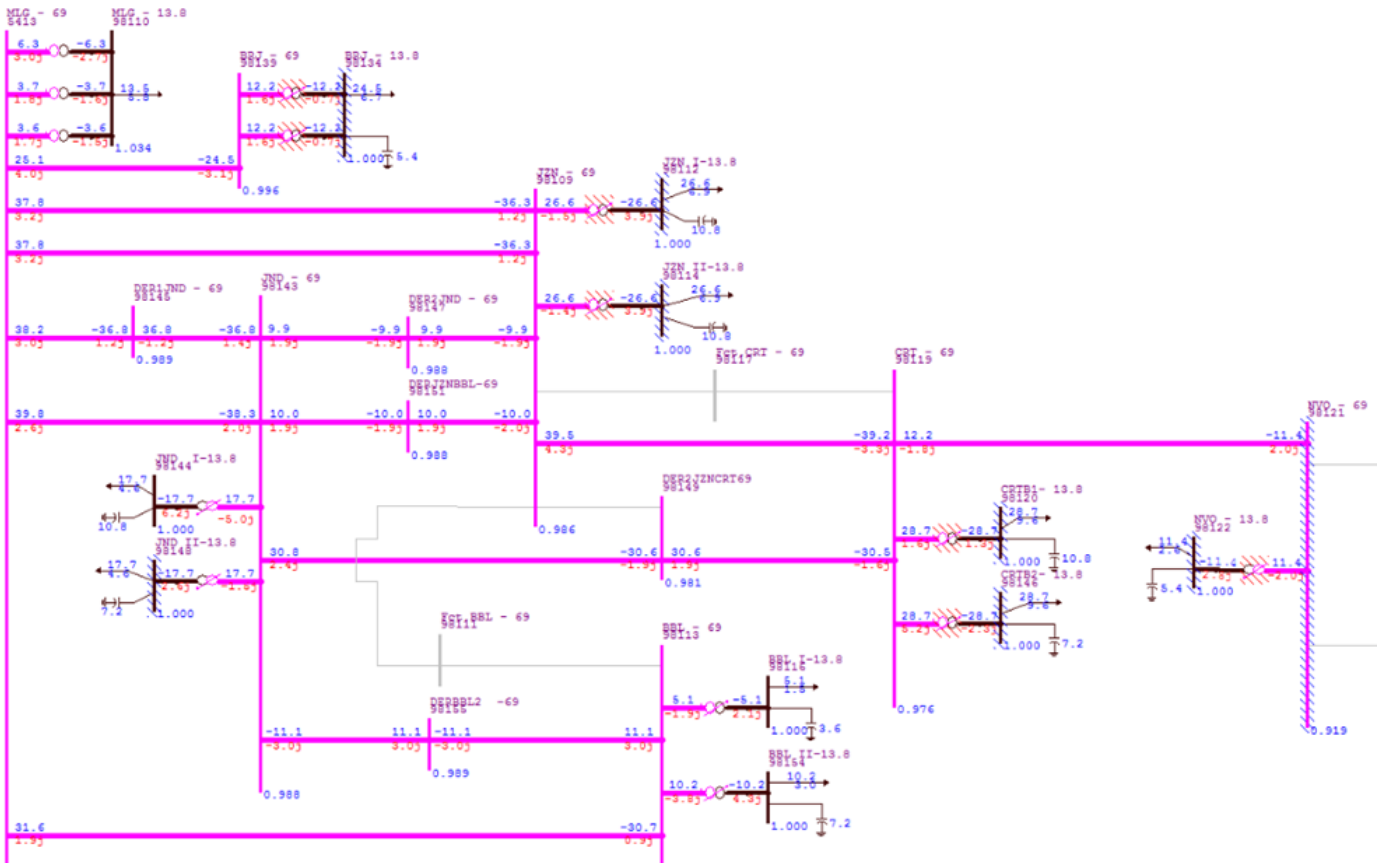


Figura 6-2 - Diagnóstico do sistema de distribuição - Regional Milagres - Ano 2022

## 7 ALTERNATIVAS

Neste capítulo são apresentadas as quatro alternativas propostas para atendimento às cargas da SE Milagres. As obras indicadas para os anos 2022 e 2023 envolvem apenas a rede de distribuição e são comuns a todas as alternativas. A seção apresenta ainda outras alternativas vislumbradas mas que foram descartadas por se mostrarem ineficazes do ponto de vista técnico e econômico.

### 7.1 Alternativa 1 e variantes

A proposta da Alternativa 1 e suas variantes A1.1, A1.2 e A1.3 é a implantação de um novo ponto de suprimento mediante seccionamento da LT 230 kV Milagres – Tauá II. Considerando a localização das subestações e linhas de distribuição da COELCE e o montante de carga que necessita ser transferido para o novo ponto de suprimento, essas alternativas propõem, até 2033, ano horizonte do estudo, a transferência das cargas das seguintes subestações: Juazeiro do Norte I, Crato, Nova Olinda, Araripe, Campos Sales e Antonina do Norte. Isso totaliza 281,2 MW, considerando o patamar de carga média em 2033.

O cálculo do centro de carga médio considerando as cargas das subestações citadas acima aponta uma coordenada próxima ao município de Crato. As Alternativas A1.1, A1.2 e A1.3 preveem, portanto, a implantação de um novo ponto de suprimento denominado Crato II, diferindo basicamente quanto à localização da nova SE Crato II, a forma de conexão com o sistema de distribuição e o escalonamento de transferência de cargas ao longo do horizonte do estudo, o que impacta diretamente no cronograma de obras de cada alternativa.

#### 7.1.1 Alternativa 1.1

A Alternativa 1.1 propõe a implantação, no ano 2024, da nova SE Crato II próxima à subestação de distribuição da COELCE, a nordeste da mesma. O ponto de seccionamento da LT 230 kV Milagres – Tauá II fica a 39,6 km da SE Milagres, a 180,4 km da SE Tauá II, e a 30,4 km do ponto proposto para SE Crato II. A conexão inicial proposta com o sistema da COELCE é por meio de um circuito duplo em 69 kV entre as SEs Crato e Crato II, condutor 954 MCM, com uma extensão aproximada de 3,6 km. A alternativa prevê inicialmente a instalação de 2 transformadores trifásicos 230/69 kV de 150 MVA e a transferência das cargas das SEs Crato, Nova Olinda, Araripe, Campos Sales e Antonina do Norte. Em 2029 a SE Milagres voltaria a ser superada, demandando então o remanejamento das cargas da SE Juazeiro do Norte I, que por sua vez acarreta na necessidade de entrada em operação do 3º transformador na SE Crato II e de uma nova LT 69 kV entre as SEs Crato II e Juazeiro do Norte I. As figuras 7-1 e 7-2 mostram o diagrama unifilar da alternativa

proposta e a localização espacial das obras propostas. As tabelas 7-1, 7-2 e 7-3 apresentam o cronograma de obras da alternativa.

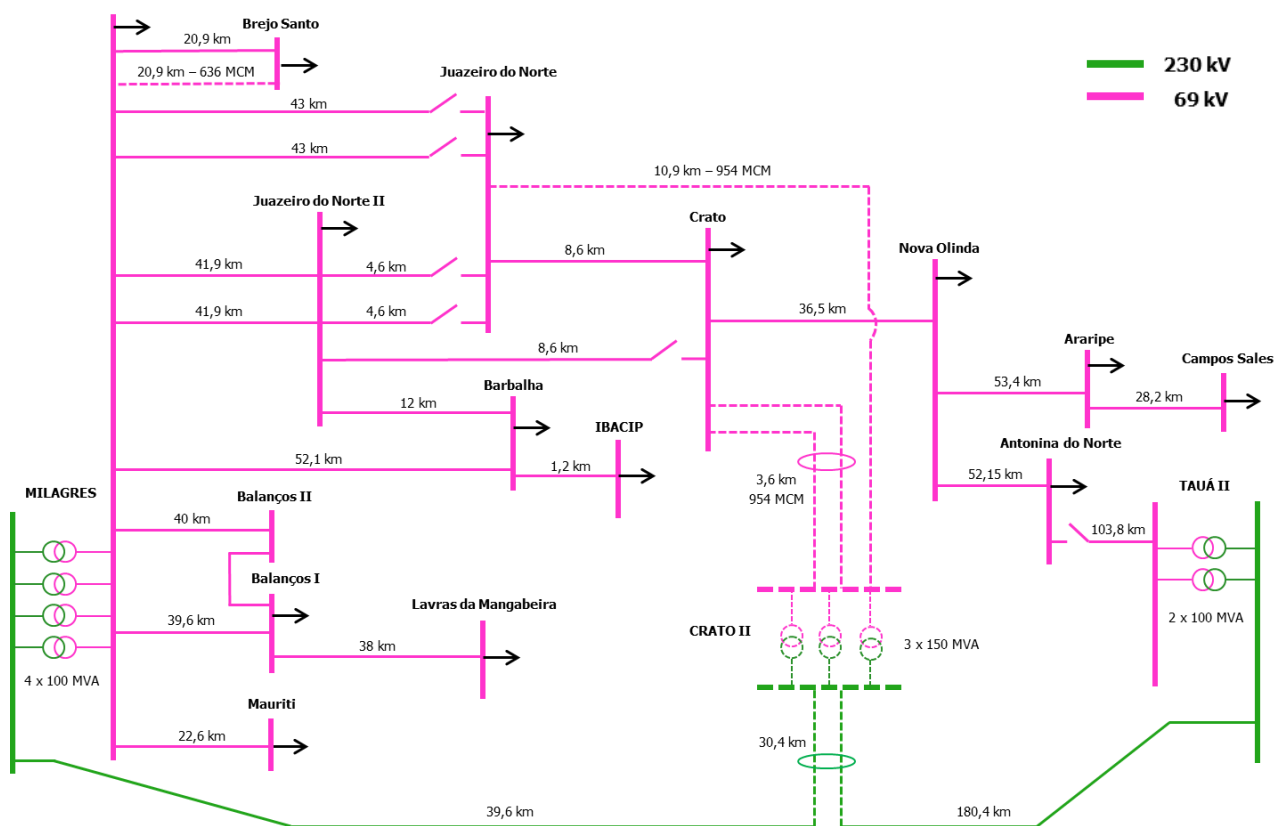


Figura 7-1 - Alternativa 1.1 - Diagrama esquemático

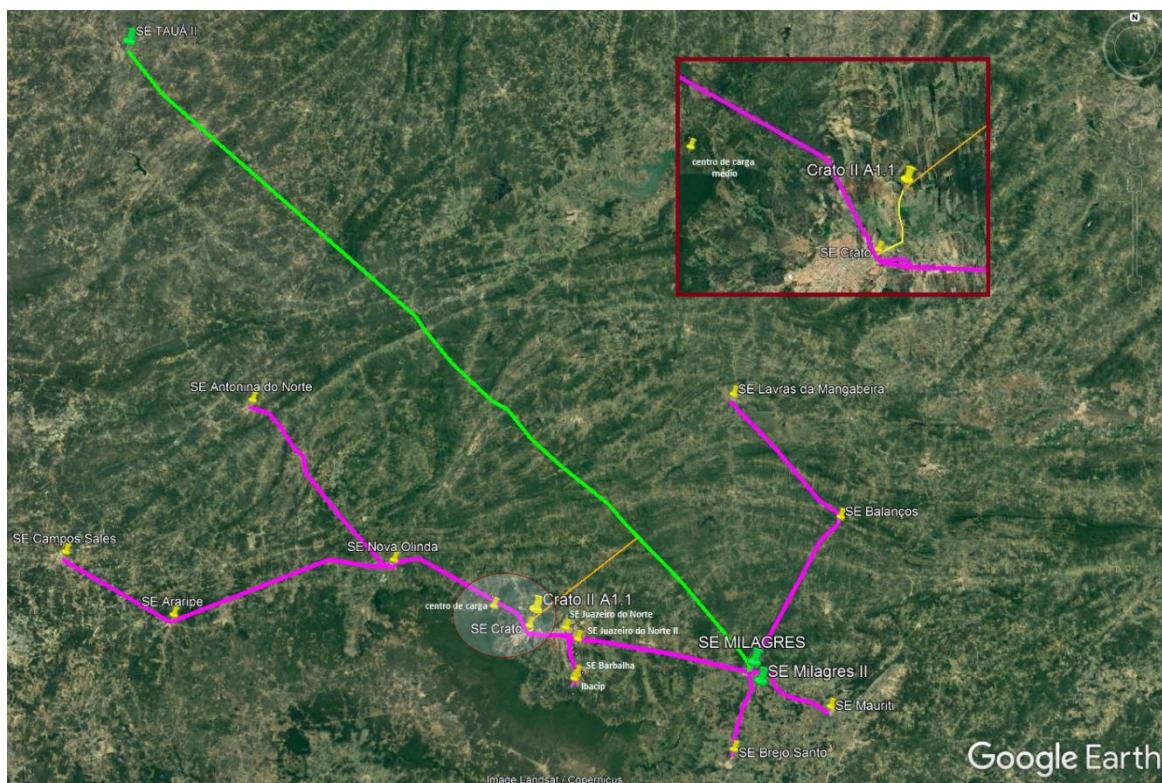


Figura 7-2 – Alternativa 1.1 – Localização da nova SE Crato II

**Tabela 7-1 - Alternativa 1.1 - Principais obras em subestações de Rede Básica e Fronteira**

Ano	Subestação	Tensão	Equipamento	Nº
2024	Crato II	230 kV	Novo pátio de subestação 230 kV	-
		69 kV	Novo pátio de subestação 69 kV	-
		230 kV	2 TR – 230/69 kV – T – 150 MVA	1º e 2º
2029	Crato II	230 kV	1 TR – 230/69 kV – T – 150 MVA	3º

**Tabela 7-2 - Alternativa 1.1 - Principais obras em linhas de transmissão**

Ano	Tensão	Linha de transmissão	Configuração	Extensão
2024	230 kV	Seccionamento em loop da LT Milagres - Tauá II na SE Crato II	1 x 636 MCM - CD	2 x 30,4 km

**Tabela 7-3 - Alternativa 1.1 - Principais obras em linhas de distribuição**

Ano	Tensão	Linha de distribuição	Configuração	Extensão
2022	69 kV	LD Crato - Nova Olinda (recondutoramento)	1 x 954 MCM - CS	36,5 km
	69 kV	LD Nova Olinda - Araripe (recondutoramento)	1 x 636 MCM - CS	53,4 km
2024	69 kV	LD Crato II - Crato, C1 e C2	1 x 954 MCM - CD	3,6 km
2027	69 kV	LD Milagres - Brejo Santo, C2	1 x 636 MCM - CS	22,0 km
2029	69 kV	LD Crato II - Juazeiro do Norte I, C1	1 x 954 MCM - CS	10,9 km
2030	69 kV	LD Balanços I – Lavras da Mangabeira (recondutoramento)	1 x 636 MCM - CS	38,0 km

### 7.1.2 Alternativa 1.2

A Alternativa 1.2 é bastante similar à Alternativa 1.1 diferindo somente no cronograma de transferência das cargas da SE Milagres para a SE Crato II e conseqüentemente na data de necessidade de algumas obras. Ela propõe, para 2024, a implantação da nova SE Crato II e a transferência das cargas de todas as SEs mencionadas no item 7.1, isto é, Crato, Nova Olinda, Araripe, Campos Sales e Antonina do Norte e Juazeiro do Norte I. Diante disso, as datas de necessidade do terceiro transformador na SE Crato II e da LT 69 kV Crato II – Juazeiro do Norte I são alteradas para 2026 e 2027 respectivamente. As tabelas 7-4, 7-5 e 7-6 mostram detalhadamente o cronograma de obras da Alternativa 1.2.

**Tabela 7-4 - Alternativa 1.2 - Principais obras em subestações de Rede Básica e Fronteira**

Ano	Subestação	Tensão	Equipamento	Nº
2024	Crato II	230 kV	Novo pátio de subestação 230 kV	-
		69 kV	Novo pátio de subestação 69 kV	-
		230 kV	2 TR – 230/69 kV – T – 150 MVA	1º e 2º
2026	Crato II	230 kV	1 TR – 230/69 kV – T – 150 MVA	3º

**Tabela 7-5 - Alternativa 1.2 - Principais obras em linhas de transmissão**

Ano	Tensão	Linha de transmissão	Configuração	Extensão
2024	230 kV	Seccionamento em loop da LT Milagres - Tauá II na SE Crato II	1 x 636 MCM - CD	2 x 30,4 km

**Tabela 7-6 - Alternativa 1.2 - Principais obras em linhas de distribuição**

Ano	Tensão	Linha de distribuição	Configuração	Extensão
2022	69 kV	LD Crato - Nova Olinda (recondutoramento)	1 x 954 MCM - CS	36,5 km
2022	69 kV	LD Nova Olinda - Araripe (recondutoramento)	1 x 636 MCM - CS	53,4 km
2024	69 kV	LD Crato II - Crato, C1 e C2	1 x 954 MCM - CD	3,6 km
2027	69 kV	LD Milagres - Brejo Santo, C2	1 x 636 MCM - CS	22,0 km
2027	69 kV	LD Crato II - Juazeiro do Norte I, C1	1 x 954 MCM - CS	10,9 km
2030	69 kV	LD Balanços I – Lavras da Mangabeira (recondutoramento)	1 x 636 MCM - CS	38,0 km

### 7.1.3 Alternativa 1.3

A Alternativa 1.3 por sua vez propõe a localização da SE Crato II a noroeste da SE Crato, e próxima da LT 69 kV Crato – Nova Olinda. A ideia é que a conexão com o sistema de distribuição seja feita por meio do seccionamento dessa linha na SE Crato II. O ponto de seccionamento proposto fica a 3,5 km da SE Crato, a 33 km da SE Nova Olinda e a 0,25 km da SE Crato II. Já o ponto de seccionamento da LT 230 kV Milagres – Tauá II fica a 42,1 km da SE Milagres, a 177,9 km da SE Tauá II, e a 34 km do ponto proposto para SE Crato II. Assim como na Alternativa 1.1 a Alternativa 1.3 prevê inicialmente a instalação de 2 transformadores trifásicos 230/69 kV de 150 MVA e a transferência das cargas das SEs Crato, Nova Olinda, Araripe, Campos Sales e Antonina do Norte. Em 2029 a SE Milagres voltaria a ser superada, demandando então o remanejamento das cargas da SE Juazeiro do Norte I, que por sua vez acarreta na necessidade de entrada em operação do 3º transformador na SE Crato II, de uma nova LT 69 kV entre as SEs Crato II e Juazeiro do Norte I, e do segundo circuito entre a SE Crato e Crato II. As figuras 7-3 e 7-4 mostram o diagrama unifilar da alternativa proposta e a localização espacial das obras propostas. As tabelas 7-7, 7-8 e 7-9 apresentam o cronograma de obras da alternativa.

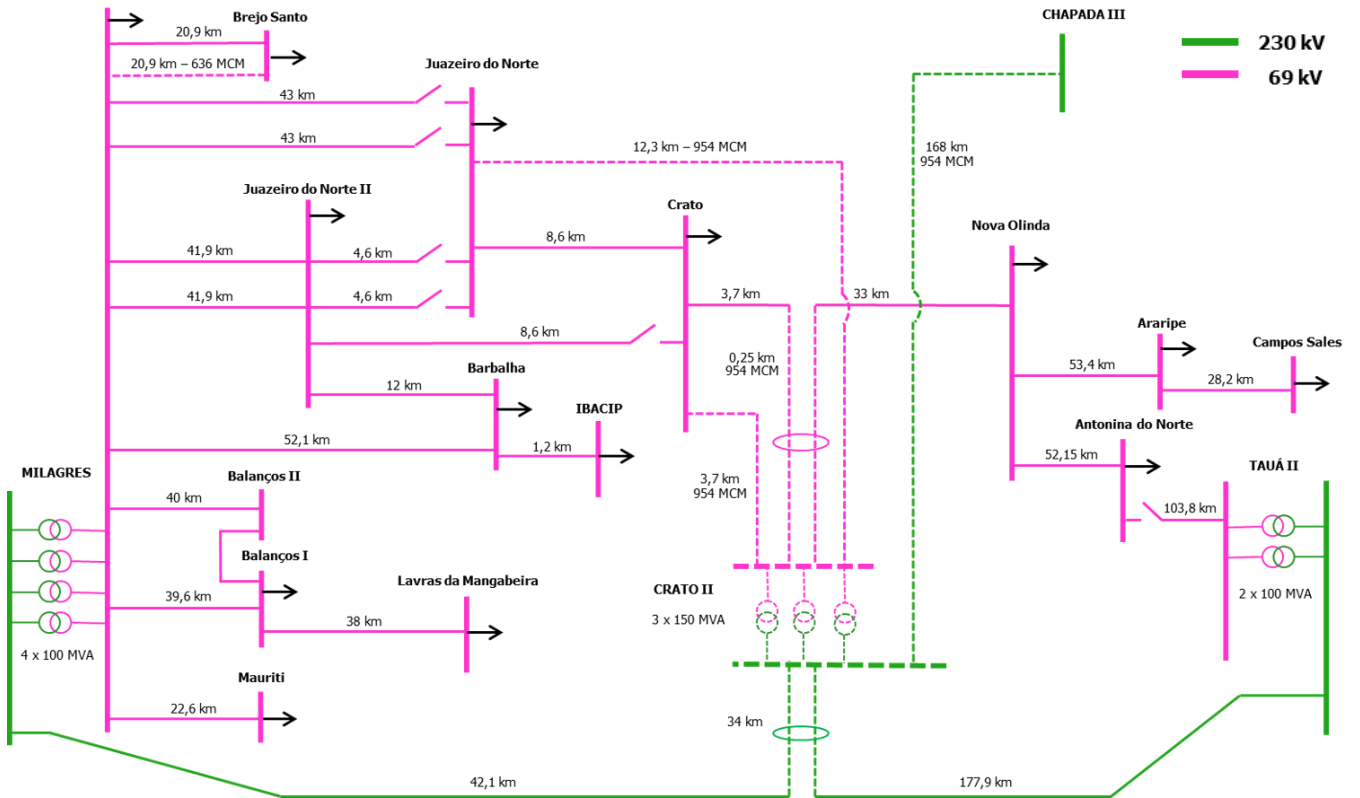


Figura 7-3 - Alternativa 1.3 - Diagrama esquemático

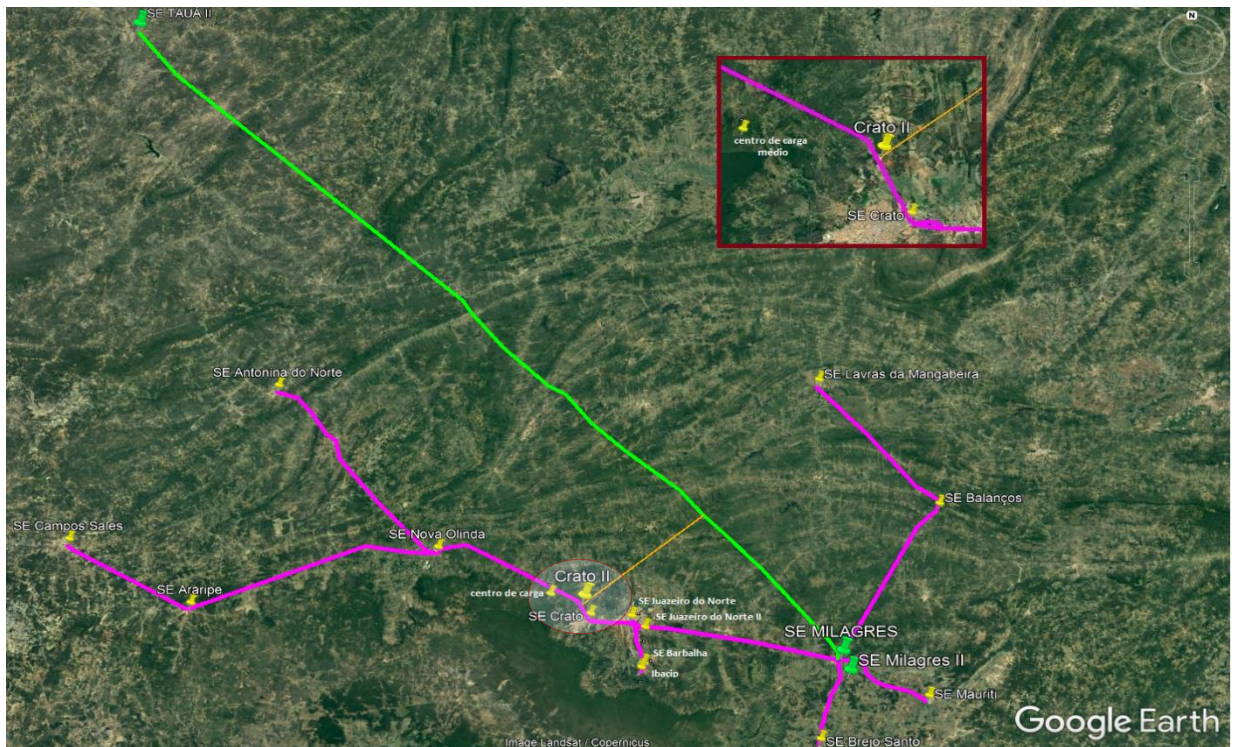


Figura 7-4 - Alternativa 1.3 - Localização da nova SE Crato II



**Tabela 7-7 – Alternativa 1.3 - Principais obras em subestações de Rede Básica e Fronteira**

Ano	Subestação	Tensão	Equipamento	Nº
2024	Crato II	230 kV	Novo pátio de subestação 230 kV	-
		69 kV	Novo pátio de subestação 69 kV	-
		230 kV	2 TR – 230/69 kV – T – 150 MVA	1º e 2º
2029	Crato II	230 kV	1 TR – 230/69 kV – T – 150 MVA	3º

**Tabela 7-8 - Alternativa 1.3 - Principais obras em linhas de transmissão**

Ano	Tensão	Linha de transmissão	Configuração	Extensão
2024	230 kV	Seccionamento em loop da LT Milagres - Tauá II na SE Crato II	1 x 636 MCM - CD	2 x 32 km

**Tabela 7-9 - Alternativa 1.3 - Principais obras em linhas de distribuição**

Ano	Tensão	Linha de distribuição	Configuração	Extensão
2022	69 kV	LD Crato - Nova Olinda (recondutoramento)	1 x 954 MCM - CS	36,5 km
2022	69 kV	LD Nova Olinda - Araripe (recondutoramento)	1 x 636 MCM - CS	53,4 km
2024	69 kV	Seccionamento em loop da LD Crato - Nova Olinda na SE Crato II	1 x 954 MCM - CD	2 x 0,2 km
2027	69 kV	LD Milagres - Brejo Santo, C2	1 x 636 MCM - CS	22,0 km
2029	69 kV	LD Crato II - Juazeiro do Norte I, C1	1 x 954 MCM - CS	10,0 km
	69 kV	LD Crato II - Crato, C2	1 x 954 MCM - CS	3,7 km
2030	69 kV	LD Balanços I - Lavras da Mangabeira (recondutoramento)	1 x 636 MCM - CS	38,0 km

## 7.2 Alternativa 2

A Alternativa 2 propõe a implantação de um novo ponto de suprimento na SE 500 kV Milagres II. A alternativa prevê, para o ano 2024, a instalação dos pátios de 230 e 69 kV, com 2 bancos de autotransformadores monofásicos 500/230 kV de 600 MVA e 2 transformadores trifásicos 230/69 kV de 150 MVA. Levando em conta a localização das subestações, as linhas de distribuição da COELCE e o montante de carga que necessita ser transferido para o novo ponto de suprimento, essa alternativa propõe a transferência das cargas das SEs Brejo Santo, Barbalha, Ibacip, Crato, Nova Olinda, Araripe, Campos Sales e Antonina do Norte, o que totaliza 257,6 MW, considerando o patamar de carga média em 2033.

A alternativa prevê ainda diversas obras de reforços no sistema de distribuição, como novos circuitos em 69 kV, recondutoramento de circuitos existentes e instalação de bancos de capacitor shunt em barramentos de 69 kV para controle e suporte de tensão. A figura 7-5 mostra o diagrama unifilar da

alternativa proposta e as tabelas 7-10, 7-11 e 7-12 apresentam o cronograma de obras da alternativa.

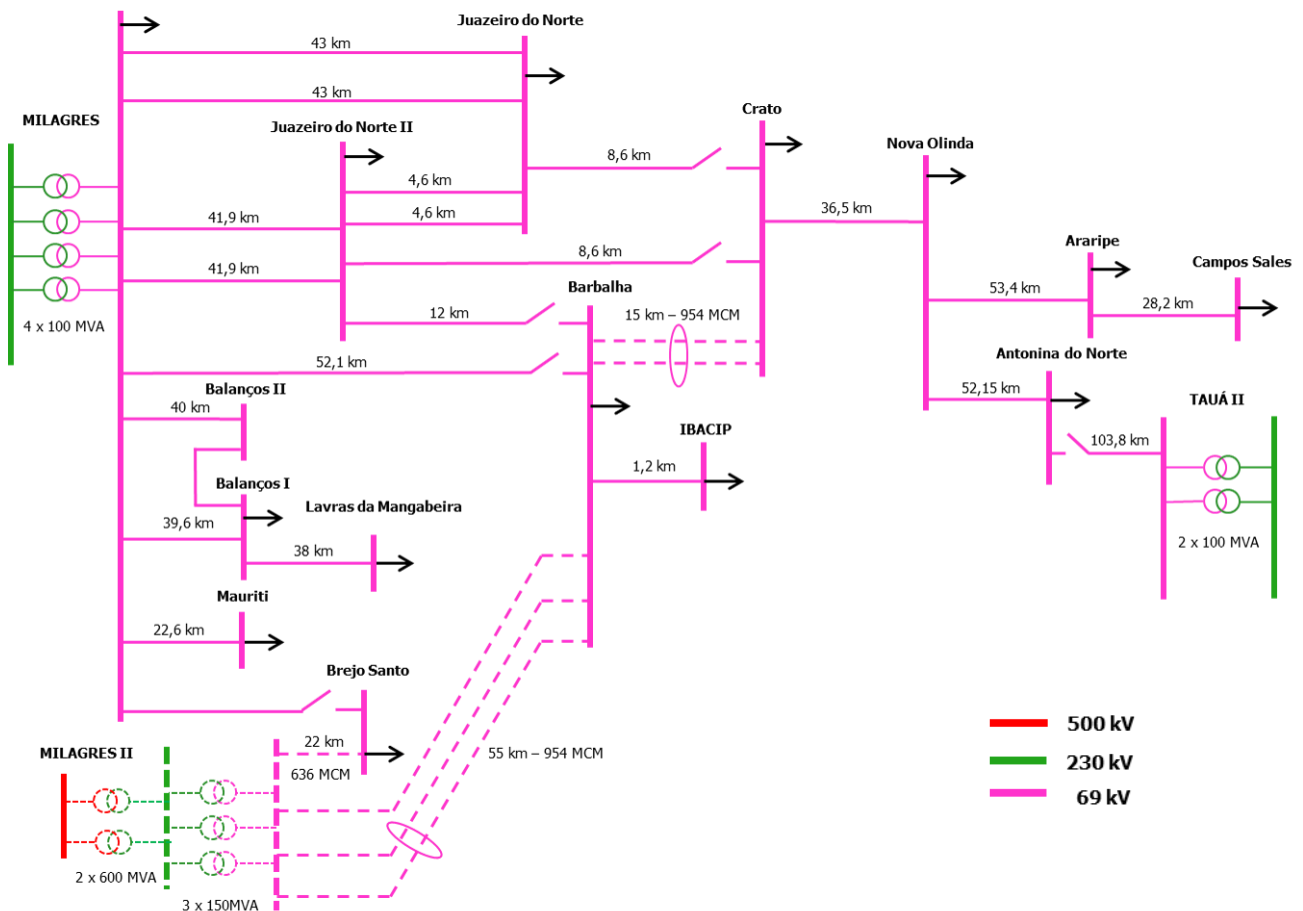


Figura 7-5 - Alternativa 2 - Diagrama esquemático

Tabela 7-10 - Alternativa 2 - Principais obras em subestações de Rede Básica e Fronteira

Ano	Subestação	Tensão	Equipamento	Nº
2024	Milagres II	500 kV	2 ATR - 500/230 kV - (6+1R) x 200 MVA 1Φ	1º e 2º
		230 kV	Novo pátio de subestação 230 kV	-
		69 kV	Novo pátio de subestação 69 kV	-
		230 kV	2 TR - 230/69 kV - T - 150 MVA	1º e 2º
2026	Milagres II	69 kV	Capacitor em Derivação 69 kV, 1 x 20 Mvar 3Φ	1º
2027	Milagres II	230 kV	1 TR - 230/69 kV - T - 150 MVA	3º

**Tabela 7-11 - Alternativa 1.3 - Principais obras em linhas de distribuição**

Ano	Tensão	Linha de distribuição	Configuração	Extensão
2022	69 kV	LD Crato - Nova Olinda (recondutoramento)	1 x 954 MCM - CS	36,5 km
2022	69 kV	LD Nova Olinda - Araripe (recondutoramento)	1 x 636 MCM - CS	53,4 km
2024	69 kV	LD Milagres II - Barbalha, C1 e C2	1 x 954 MCM - CD	55,0 km
2024	69 kV	LD Milagres II - Barbalha, C3	1 x 954 MCM - CS	55,0 km
2024	69 kV	LD Barbalha - Crato, C1 e C2	1 x 954 MCM - CD	15,0 km
2024	69 kV	LD Milagres II - Brejo Santo, C1	1 x 636 MCM - CS	22,0 km
2030	69 kV	LD Balanços I - Lavras da Mangabeira (recondutoramento)	1 x 636 MCM - CS	38,0 km

**Tabela 7-12 – Alternativa 2 - Principais obras em subestações de distribuição**

Ano	Subestação	Tensão	Equipamento	Nº
2024	Barbalha	69 kV	Capacitor em Derivação 69 kV, 1 x 15 Mvar 3Φ	1º
2024	Campos Sales		Capacitor em Derivação 69 kV, 1 x 5 Mvar 3Φ	1º
2026	Crato		Capacitor em Derivação 69 kV, 1 x 10 Mvar 3Φ	1º
2027	Antonina do Norte		Capacitor em Derivação 69 kV, 1 x 5 Mvar 3Φ	1º
2028	Nova Olinda		Capacitor em Derivação 69 kV, 1 x 10 Mvar 3Φ	1º
2029	Crato		Capacitor em Derivação 69 kV, 1 x 10 Mvar 3Φ	2º
2030	Nova Olinda		Capacitor em Derivação 69 kV, 1 x 5 Mvar 3Φ	2º
2031	Crato		Capacitor em Derivação 69 kV, 1 x 5 Mvar 3Φ	3º

### 7.3 Alternativas descartadas

Além das quatro alternativas já descritas, foram vislumbradas três outras alternativas:

- Transferência das cargas da COELCE para a SE Chapada I 230/69 kV a ser licitada
- Novo ponto de suprimento na SE Chapada II 230 kV
- Novo ponto de suprimento na SE Chapada III 230 kV

As SEs Chapada I, Chapada II e Chapada III foram originalmente implantadas como subestações coletoras para empreendimentos de energia eólica contratados nos leilões [ER] 5º LER/2013, [ER] 5º LER/2013 e [A-3] 17º LEN/2013, respectivamente. O relatório EPE-DEE-RE-188-2014-rev0 Ref.[4] recomendou a implantação da transformação 230/138 kV e 138/69 kV na SE Chapada I de modo a possibilitar o suprimento de energia a cargas da CELPE e EDPI.

Seguindo essa mesma linha, a alternativa vislumbrada propunha a transferência das cargas da COELCE para uma das três subestações mencionadas. Inicialmente testou-se a conexão entre a SE Chapada I e a SE Araripe por meio de uma linha de transmissão em 69 kV com uma extensão aproximada de 75 km. Foram testadas também outras formas de conexão da SE Chapada I com a rede da COELCE, mas a alternativa mostrou-se inviável pois o montante de carga mais expressivo a ser atendido por esse novo ponto de suprimento, que são as cargas das SEs Crato e Juazeiro do Norte I, encontram-se a mais de 140 km da SE Chapada I. Isso resultava em altas perdas elétricas

e dificuldades para controle de tensão, mesmo com altos investimentos em condutores de elevada bitola e em compensação reativa. Dada a proximidade das SEs Chapada II e III com a SE Chapada I, foram observados os mesmos problemas já mencionados quando se tentou implantar nessas subestações o novo ponto de suprimento. Diante disso, as alternativas envolvendo as SEs Chapada I, II e III foram descartadas.

## 8 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DAS ALTERNATIVAS

Foram realizadas simulações de fluxo de potência para as alternativas descritas na seção anterior, que apontaram que todas as alternativas atendem aos requisitos para regime normal de operação. Para situações de contingências, no entanto, foram observadas para as alternativas 1.1, 1.2 e 1.3 sobrecargas em linhas de transmissão. Como exemplo, a partir do ano 2029, para o cenário de carga média, a LT 230 kV Milagres – Crato II C1 entra em sobrecarga na contingência da LT 230 kV Picos – Tauá II C1, além disso o sistema não suporta a contingência da LT 230 kV Milagres – Crato II. Isso indica que apenas as obras previstas na seção 7 não são suficientes, sendo necessária a recomendação de obras adicionais para atender às situações de contingências. Para a Alternativa 2 não foram observados problemas em situações de contingências, de modo que todas as obras previstas na seção 7 são suficientes.

Foi realizada uma comparação econômica prévia das alternativas descritas na seção 7, nos mesmos moldes descritos na seção 9, levando-se em conta os investimentos necessários de cada alternativa e as perdas associadas a cada cenário e patamar de carga. Essa comparação apontou como sendo a alternativa 1.3 a mais vantajosa entre as variantes da alternativa 1, apresentando o mínimo custo global, com uma diferença de 12,2 % em relação à segunda colocada, a alternativa 1.1.

Diante disso, dentre as variantes da Alternativa 1 será considerada apenas a Alternativa 1.3 para fins de avaliação das obras adicionais necessárias para atender às situações de contingências. A Alternativa 2 segue na comparação sem nenhuma obra adicional necessária.

A seguir são apresentadas as obras adicionais à Alternativa 1.3 propostas com o objetivo de atender às situações de emergência simples

### 8.1 Alternativa 1.3A

A Alternativa 1.3A propõe como obra de reforço para situações de emergência a LT 230 kV Milagres II – Crato II C1, com entrada para o ano 2029, o que implica também na necessidade de implantação da transformação 500/230 kV e do pátio de 230 kV, visto que a SE Milagres II conta atualmente apenas com o setor de 500 kV. A configuração proposta para a subestação é de 1 banco de autotransformadores monofásicos 500/230 kV de 600 MVA (3+1R), já para a linha de transmissão, com extensão aproximada de 56 km, adotou-se o condutor Rail 954 MCM. A figura 8.1 mostra o diagrama esquemático da alternativa e as tabelas 8-1 e 8-2 mostram o cronograma de obras. Cabe ressaltar que não foi cogitada a alternativa de reforço através do segundo circuito Milagres - Crato

II, que seria menos dispendiosa, visto que não envolveria o custo da transformação 500/230 kV, pois a SE Milagres não comporta novas entradas de linha 230 kV.

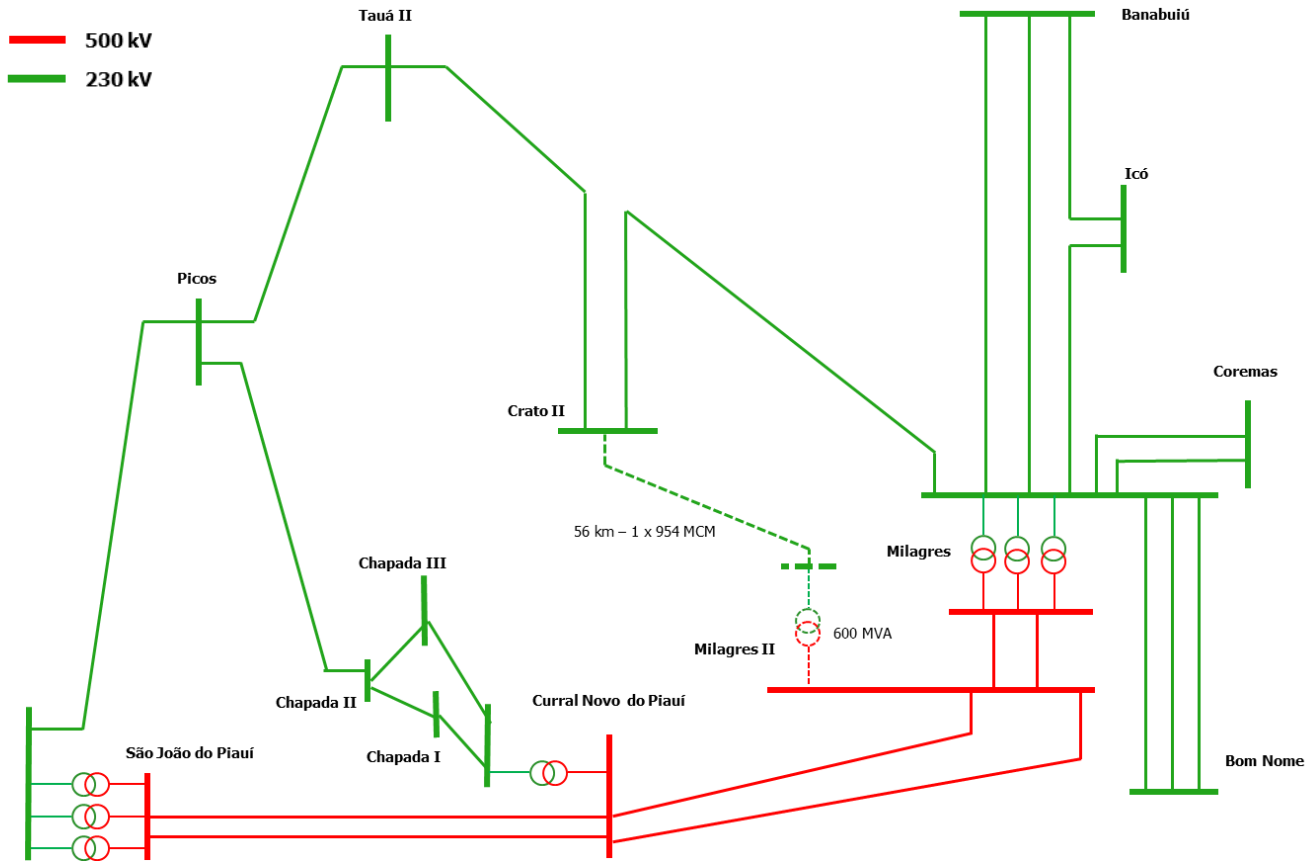


Figura 8-1 - Alternativa 1.3A – Diagrama esquemático

Tabela 8-1 - Principais obras em subestações de Rede Básica e Fronteira

Ano	Subestação	Tensão	Equipamento	Nº
2027	Crato II	230 kV	Capacitor em Derivação 230 kV, 1 x 30 Mvar 3Φ	1º
2028	Crato II	230 kV	Capacitor em Derivação 230 kV, 1 x 30 Mvar 3Φ	2º
2029	Milagres II	500 kV	ATR - 500/230 kV - (3+1R) x 200 MVA 1Φ	1º
		230 kV	Novo pátio de subestação 230 kV	-

Tabela 8-2 – Principais obras em linhas de transmissão

Ano	Tensão	Linha de transmissão	Configuração	Extensão
2029	230 kV	LT Milagres II - Crato II	1 x 954 MCM	56 km

## 8.2 Alternativa 1.3B

A Alternativa 1.3B propõe, para 2029, a LT 230 kV Chapada III – Crato II, com 168 km de extensão em condutor Rail 954 MCM. A figura 8-2 mostra o digrama esquemático da alternativa 1.3B e as tabelas 8-3 e 8-4 o cronograma de obras da alternativa.

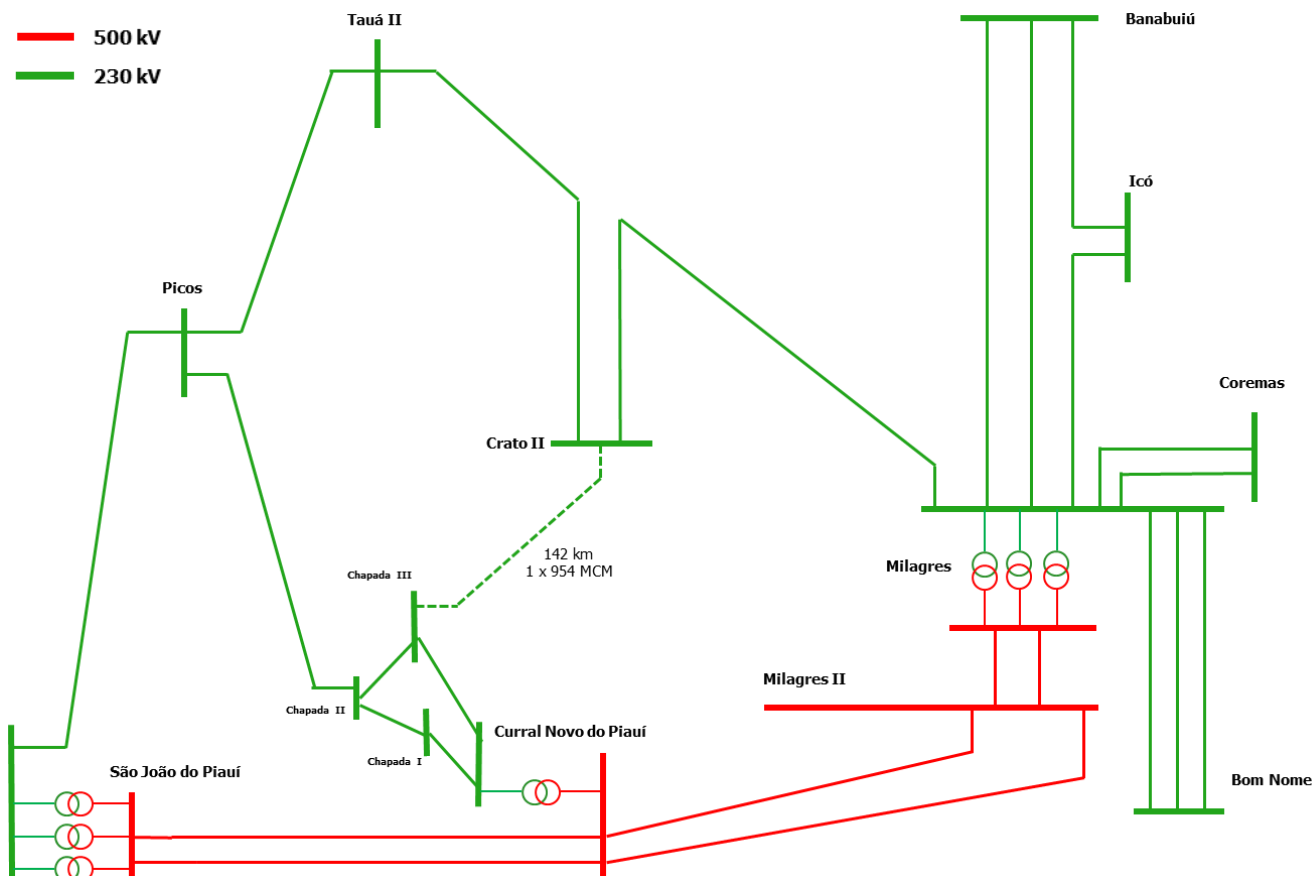


Figura 8-2 – Alternativa 1.3B – Diagrama esquemático

Tabela 8-3 – Principais obras em subestações de Rede Básica e Fronteira

Ano	Subestação	Tensão	Equipamento	Nº
2027	Crato II	230 kV	Capacitor em Derivação 230 kV, 1 x 30 Mvar 3Φ	1º
2028	Crato II	230 kV	Capacitor em Derivação 230 kV, 1 x 30 Mvar 3Φ	2º
2032	Crato II	230 kV	Capacitor em Derivação 230 kV, 1 x 30 Mvar 3Φ	3º

Tabela 8-4 - Principais obras em linhas de transmissão

Ano	Tensão	Linha de transmissão	Configuração	Extensão
2029	230 kV	LT Chapada III - Crato II	1 x 954 MCM	168 km

### 8.3 Alternativa 1.3C

A Alternativa 1.3C por sua vez propõe como obra de reforço para situações de emergência o seccionamento da LT 230 kV Milagres – Banabuiú C3 na SE Crato II. O ponto de seccionamento proposto localiza-se a 1,5 km da SE Milagres e a distância entre o ponto de seccionamento e a SE Crato II é de 56 km. A figura 8-3 mostra o diagrama esquemático da alternativa e as tabelas 8-5 e 8-6 mostram o cronograma de obras.

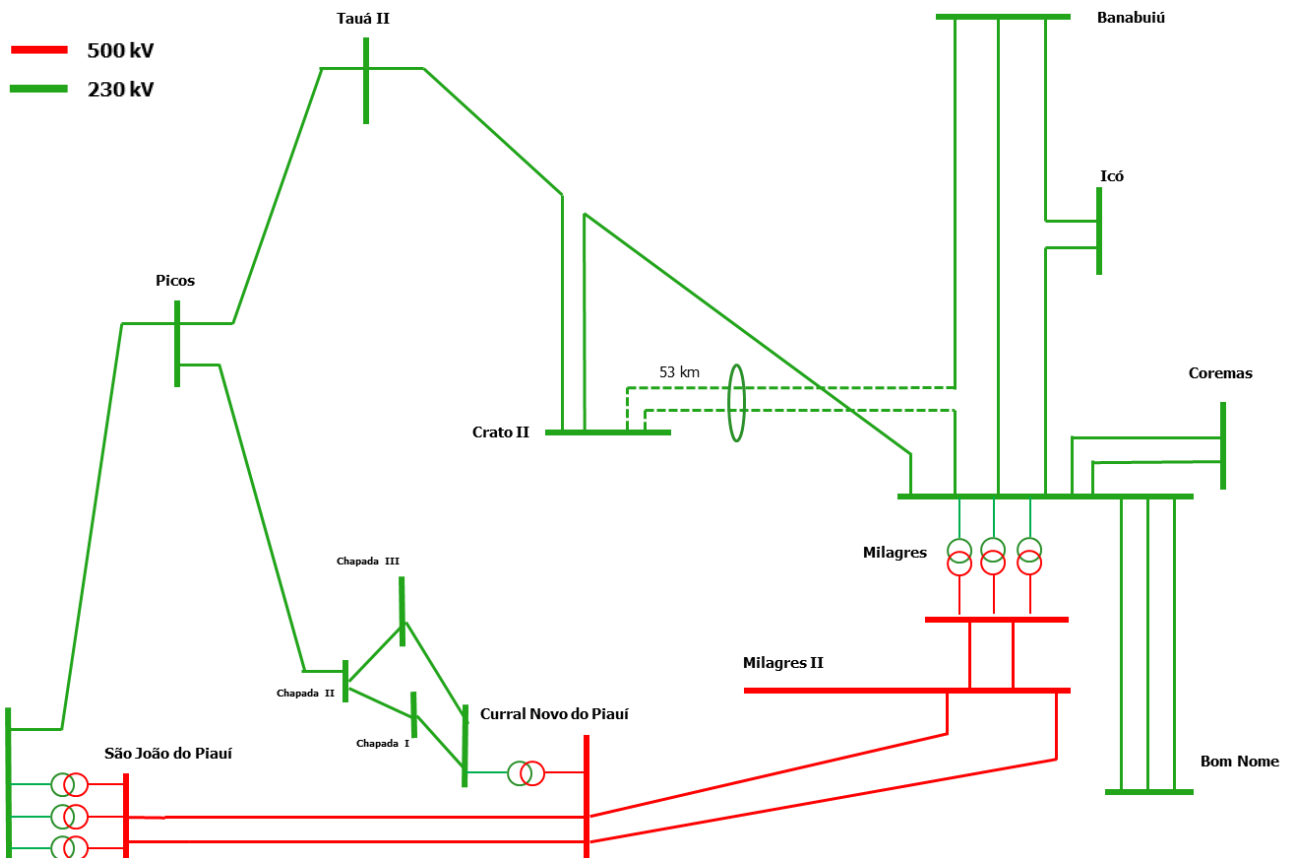


Figura 8-3 – Alternativa 1.3C - Diagrama esquemático

Tabela 8-5 - Principais obras em subestações de Rede Básica e Fronteira

Ano	Subestação	Tensão	Equipamento	Nº
2027	Crato II	230 kV	Capacitor em Derivação 230 kV, 1 x 30 Mvar 3Φ	1º
2028			Capacitor em Derivação 230 kV, 1 x 30 Mvar 3Φ	2º



**Tabela 8-6 – Principais obras em linhas de transmissão**

Ano	Tensão	Linha de transmissão	Configuração	Extensão
2029	230 kV	Seccionamento em loop da LT Milagres - Banabuiú C3 na SE Crato II	954 MCM Rail + 4/0 AWG Beetle CD	2 x 56 km

Os resultados das simulações de fluxo de potência para as alternativas analisadas, em regime normal e durante as principais contingências, para os anos 2024 a 2033, são apresentados no Anexo 16.5. Para estas simulações foram considerados o cenário mais crítico de carregamento das instalações envolvidas no estudo, Norte Úmido – Carga média.

## 9 ANÁLISE ECONÔMICA

Os custos utilizados na comparação econômica das alternativas são os que constam no documento “Base de Referência de Preços ANEEL – Junho/2017”, Ref. [3]. Os investimentos previstos ao longo do tempo são referidos ao ano 2024 com taxa de retorno de 8% ao ano. Ressalta-se que esses valores são utilizados apenas para comparação de alternativas, não servindo como base para orçamentos.

Para comparação dos custos entre as alternativas analisadas é utilizado o método dos rendimentos necessários com o truncamento das séries temporais no ano horizonte 2033.

Os custos referentes ao diferencial de perdas elétricas de cada alternativa, em relação àquela de menores perdas, foram estimados considerando as simulações nos patamares de carga leve, média e pesada, e cenários seco e úmido, conforme descrito no item 5.1. O custo considerado para as perdas elétricas foi de 193 R\$/MWh e taxa de retorno de 8% ao ano, referidos a 2024. O detalhamento das perdas elétricas em cada um dos cenários e patamares é apresentado no Anexo 16.3.

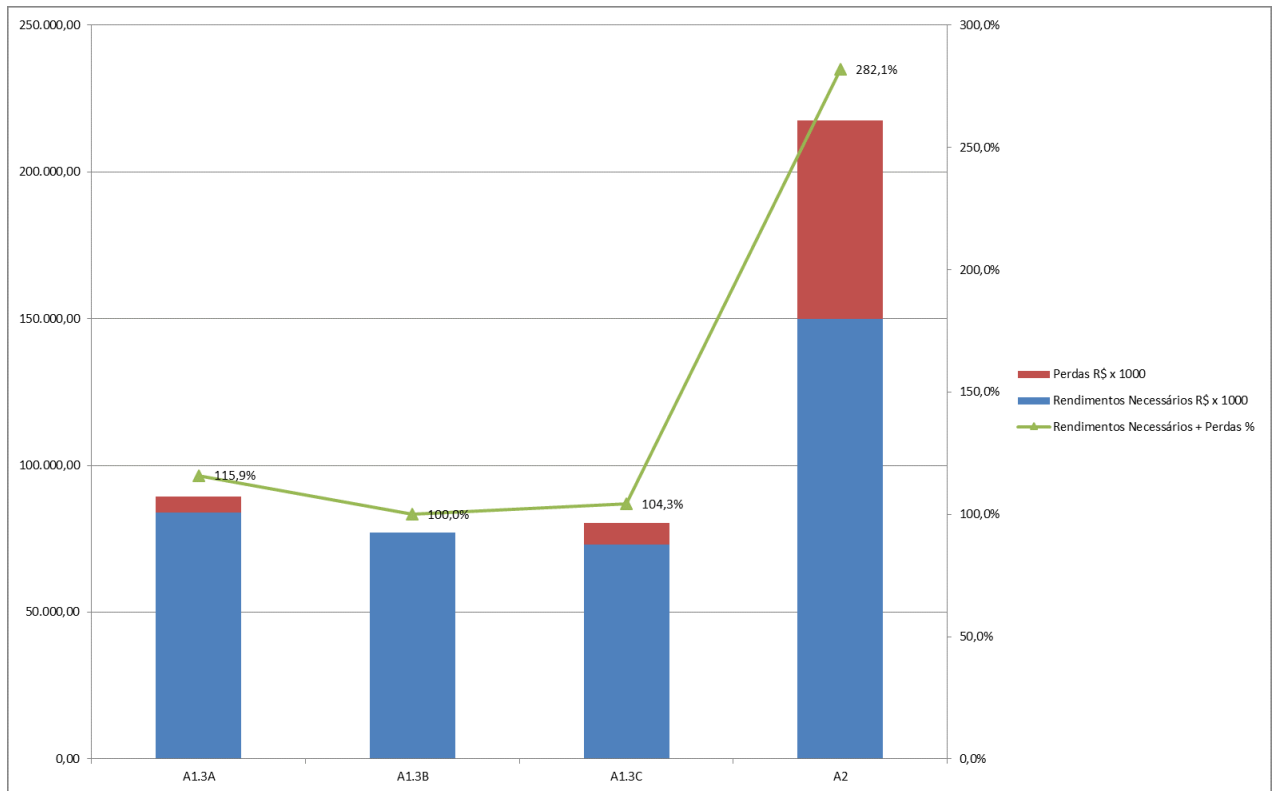
A tabela 9-1 e o gráfico da figura 9-1 mostram a comparação econômica das alternativas

**Tabela 9-1 - Comparação econômica**

<b>Comparação Econômica (R\$×1000)</b>					
<b>Alternativas</b>	<b>Investimento</b>	<b>Δ Perdas</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>	<b>Ordem</b>
Alternativa 1.3A	83.937,55	5.441,22	89.378,77	115,9%	3º
Alternativa 1.3B	77.095,35	0,00	77.095,35	100,0%	1º
Alternativa 1.3C	73.047,72	7.361,12	80.408,84	104,3%	2º
Alternativa 2	149.930,77	67.521,83	217.452,60	282,1%	4º

Sob o ponto de vista técnico e econômico, recomenda-se a implantação da Alternativa 1.3B, que é a alternativa de mínimo custo global.

O plano de obras das alternativas e custos associados estão apresentados no Anexo 16.4.



**Figura 9-1 – Comparação econômica das alternativas**

## 10 ANÁLISE DE ENERGIZAÇÃO E REJEIÇÃO

Os estudos de energização e rejeição tem como objetivo verificar a possibilidade de ocorrência de valores proibitivos de tensões temporárias ou sustentadas, que venham a comprometer os equipamentos conectados ao sistema, em consequência das manobras programadas e/ou intempestivas dos circuitos da região onde a linha de transmissão será implantada.

A seguir estão resumidos os resultados das simulações de energização e rejeição de carga envolvendo as linhas que alimentam a nova SE Crato II. Para as análises de energização foi considerado o cenário Norte Úmido com patamar de carga leve, que consiste na situação mais crítica para as manobras. Já para as análises de rejeição foi utilizado o cenário Norte Úmido patamar de carga média, que é o que apresenta os maiores carregamentos nas linhas de transmissão em análise, caracterizando, portanto, o cenário mais crítico.

### 10.1 Energização da LT 230 kV Milagres – Crato II C1

A Figura 10-1 mostra a condição de pré-energização da LT 230 kV Milagres-Crato II C1.

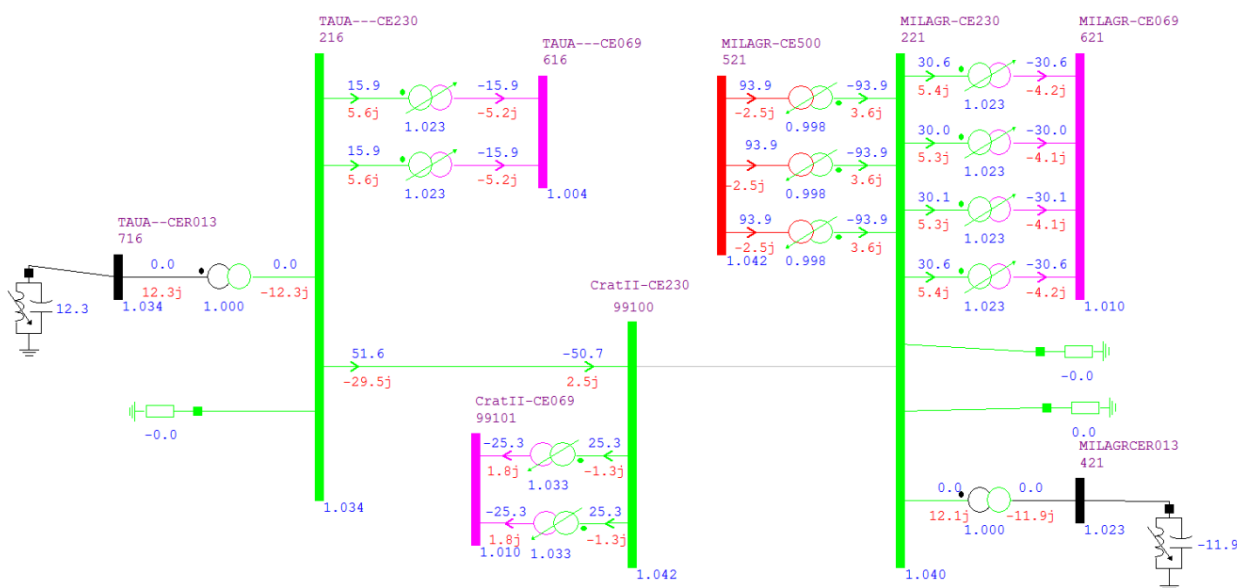


Figura 10-1 - Condição pré-energização da LT 230 kV Milagres-Crato II C1 – Ano 2024, carga leve

- Energização partindo da SE Milagres

A Figura 10-2 mostra a simulação da energização da LT 230 kV Milagres-Crato II partindo do terminal Milagres com tensão de 1,040 pu.

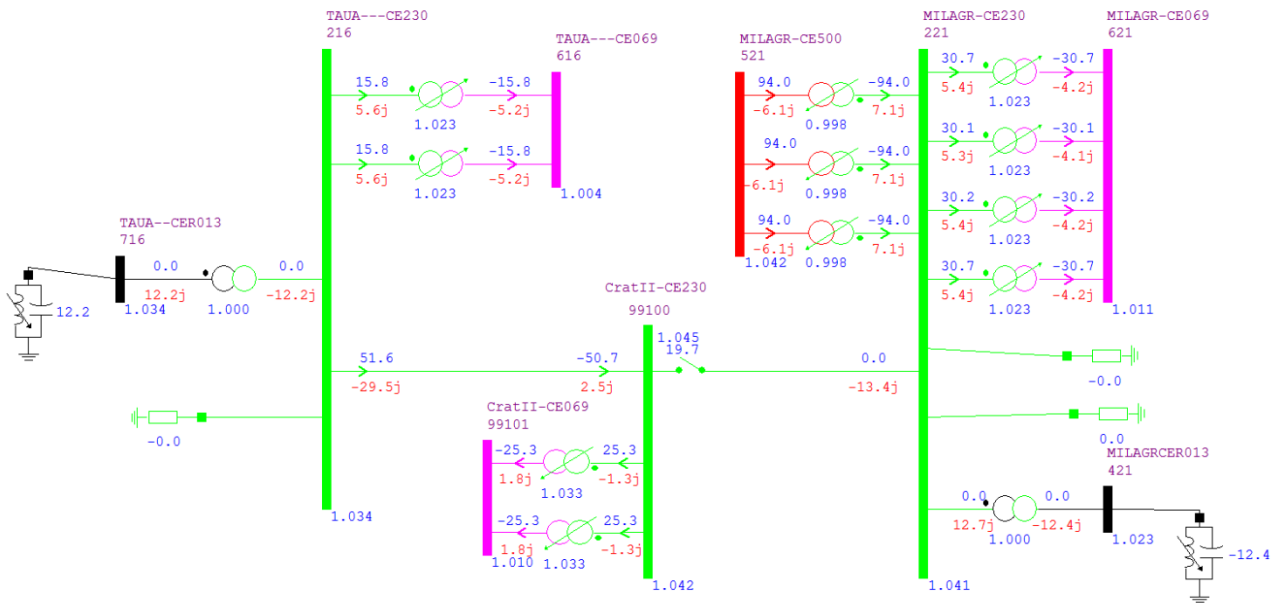


Figura 10-2 - Energização da LT 230 kV Milagres – Crato II C1 a partir de Milagres – Ano 2024, carga leve

- Energização partindo da SE Crato II

A Figura 10-3 mostra a simulação da energização da LT 230 kV Milagres - Crato II C1 partindo do terminal Crato II com tensão de 1,042 pu.

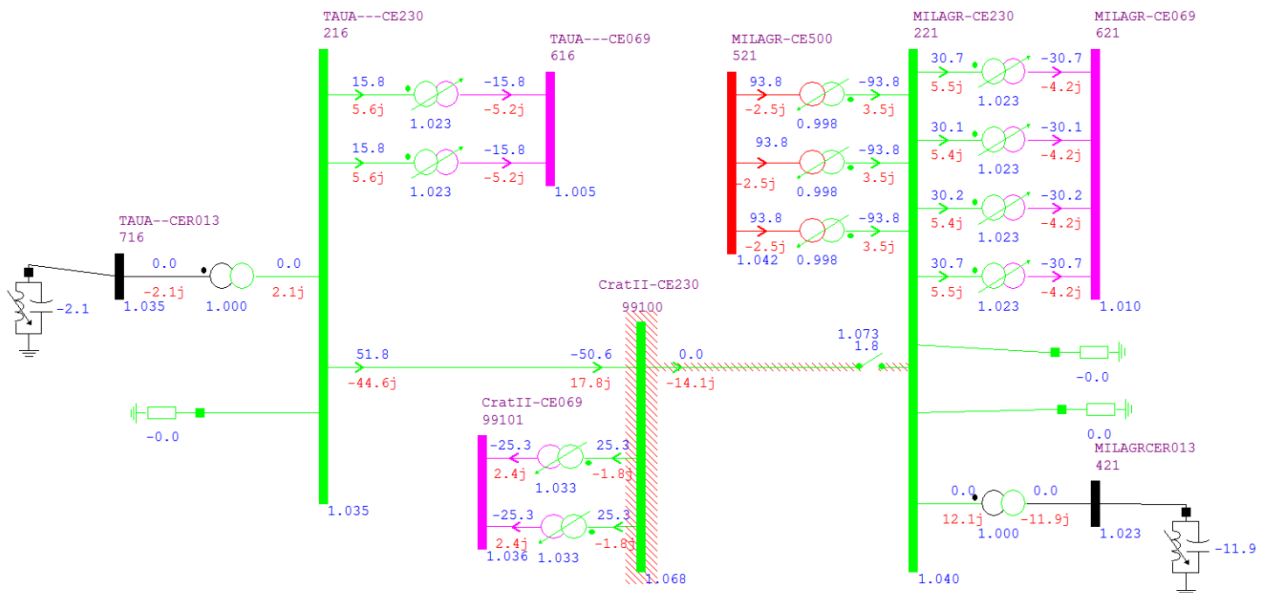


Figura 10-3 - Energização da LT 230 kV Milagres-Crato II C1 a partir de Crato II – Ano 2024, carga leve

A tabela 10-1 resume as tensões observadas nas simulações de energização da LT 230 kV Milagres - Crato II C1. Em conformidade com o Módulo 23.3 dos Procedimentos de Rede, não foram

observadas variações de tensão superiores a 0,05 pu, indicando, portanto, que a energização dessa linha pode ser feita tanto a partir do terminal Milagres quanto do terminal Crato II.

Tabela 10-1 - Resumo - Energização da LT 230 kV Milagres-Crato II

Sentido	Tensão (pu)	Milagres	Terminal aberto	Crato II
Milagres - Crato II	V.pré	1,040	-	1,042
	V.aberto	1,041	1,045	1,042
	V.pós	1,042	-	1,046
Crato II - Milagres	V.pré	1,040	-	1,042
	V.aberto	1,040	1,073	1,068
	V.pós	1,042	-	1,047

### 10.2 Energização da LT 230 kV Tauá II – Crato II C1

A Figura 10-4 mostra a condição de pré-energização da LT 230 kV Tauá - Crato II C1.

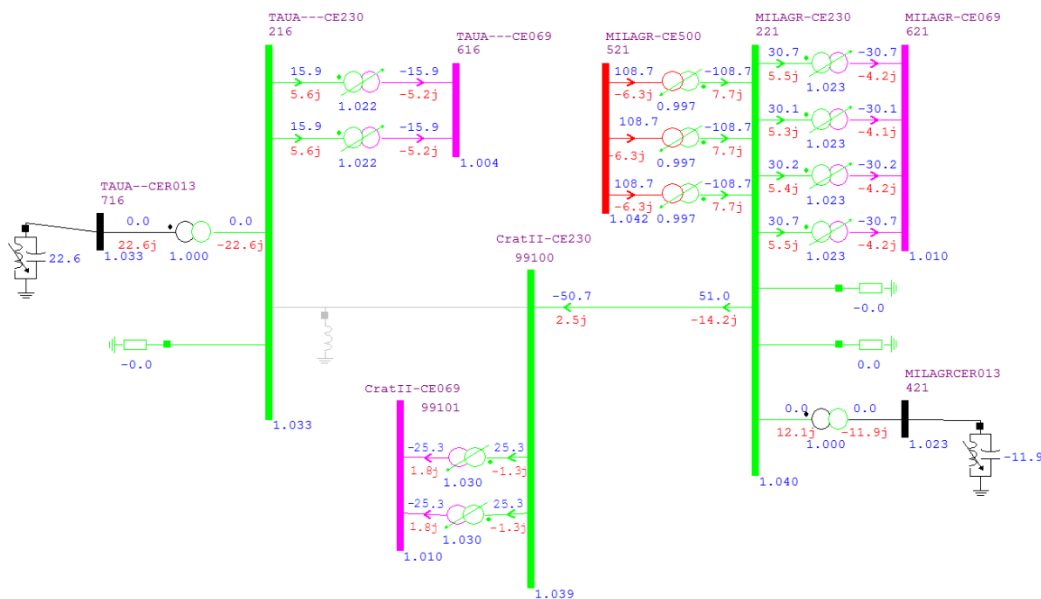


Figura 10-4 – Condição pré-energização da LT 230 kV Tauá II – Crato II C 1 – Ano 2024, carga leve

- Energização partindo da SE Tauá II

A Figura 10-5 mostra a simulação da energização da LT 230 kV Tauá II - Crato II C1 partindo do terminal Tauá II com tensão de 1,033 pu.

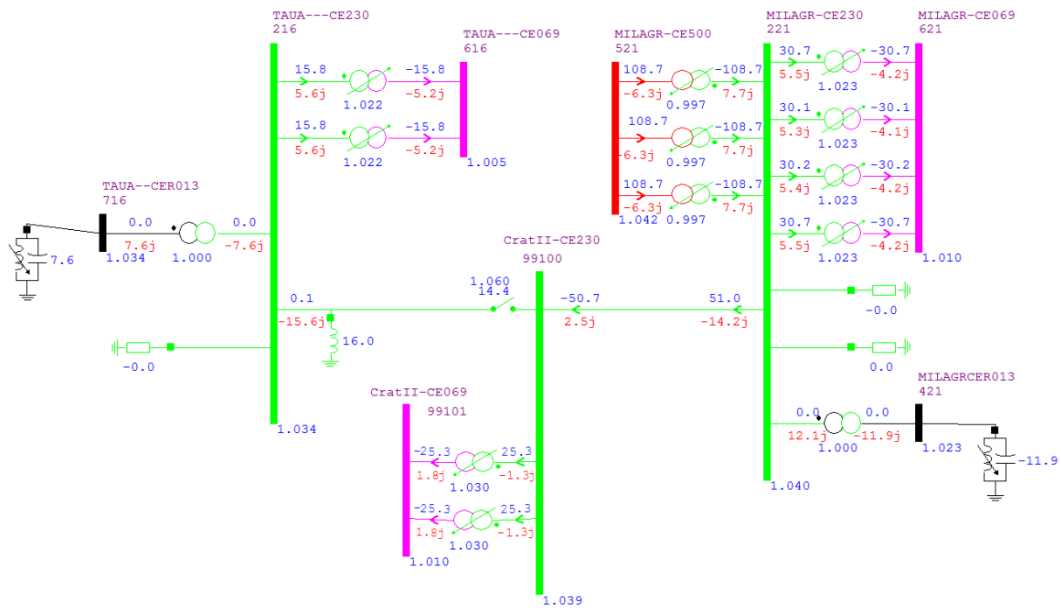


Figura 10-5 - Energização da LT 230 kV Tauá II - Crato II C1 a partir de Tauá II – Ano 2024, carga leve

- Energização partindo da SE Crato II

A Figura 10-6 mostra a simulação da energização da LT 230 kV Tauá II - Crato II C1 partindo do terminal Crato II com tensão de 1,039 pu.

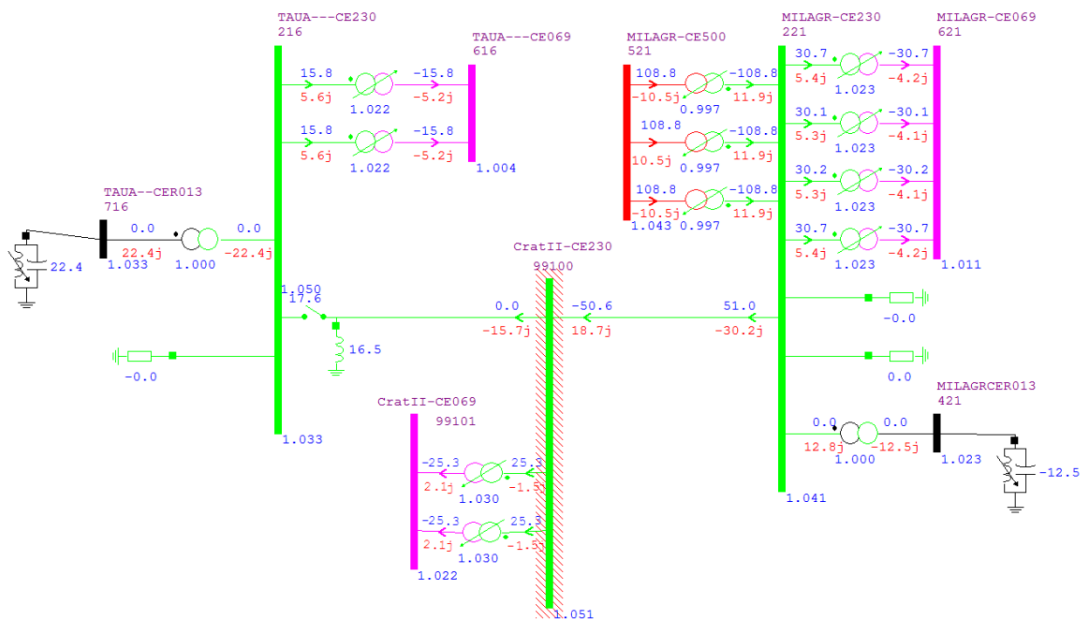


Figura 10-6 - Energização da LT 230 kV Tauá II - Crato II C1 a partir de Crato II – Ano 2024, carga leve

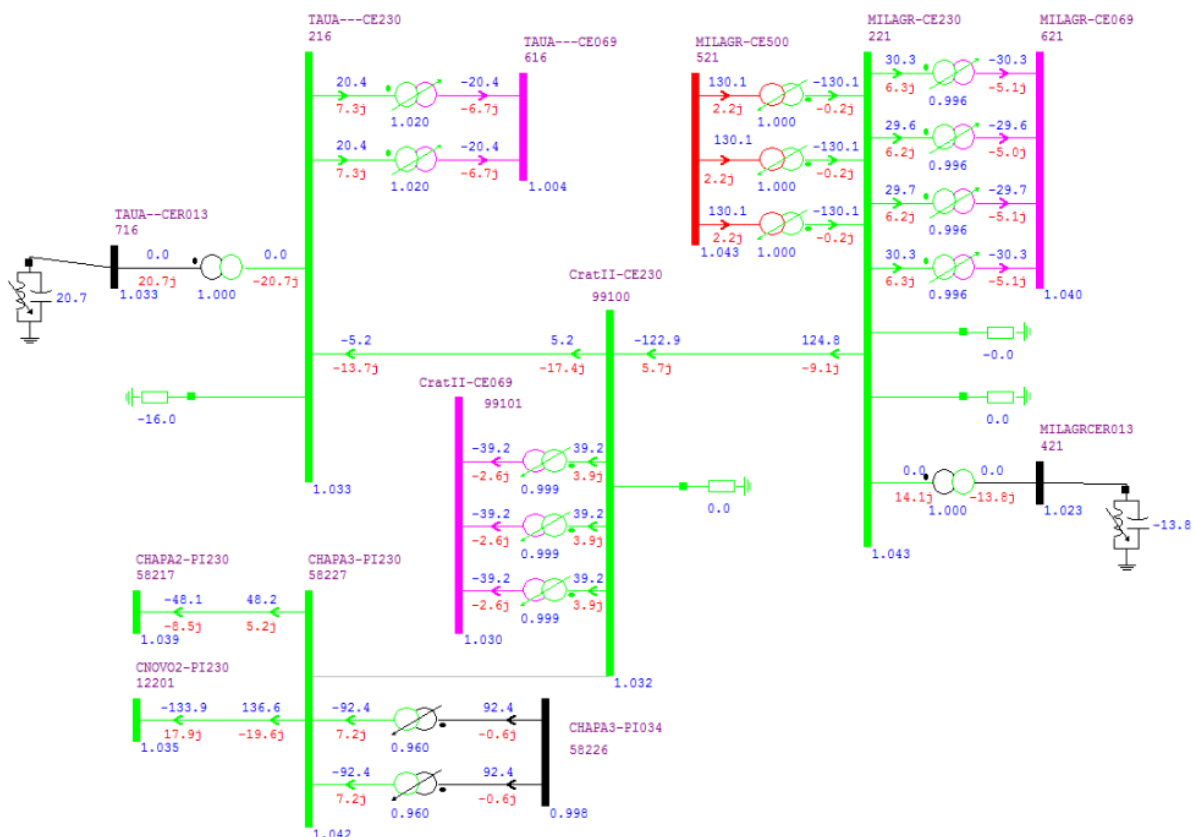
A tabela 10-1 resume as tensões observadas nas simulações de energização da LT 230 kV Tauá II - Crato II C1. Constata-se que a energização pelo terminal da SE Crato II provoca maiores sobretensões no terminal aberto da linha e na própria SE Crato II quando comparada com a energização realizada pela SE Tauá II, contudo sem impedir a sua execução. Em conformidade com o módulo 23.3 dos Procedimentos de Rede, não foram observadas variações de tensão superiores a 0,05 pu, indicando, portanto, que a energização dessa linha pode ser feita tanto a partir do terminal Tauá II quanto do terminal Crato II.

**Tabela 10-2 - Resumo - Energização da LT 230 kV Tauá II - Crato II C1**

Sentido	Tensão (pu)	Tauá II	Terminal aberto	Crato II
Tauá II - Crato II	V.pré	1,033	-	1,039
	V.aberto	1,034	1,060	1,039
	V.pós	1,034	-	1,046
Crato II – Tauá II	V.pré	1,033	-	1,039
	V.aberto	1,033	1,050	1,051
	V.pós	1,035	-	1,046

### 10.3 Energização da LT 230 kV Chapada III – Crato II C1

A Figura 10-7 mostra a condição de pré-energização da LT 230 kV Milagres - Crato II C1.

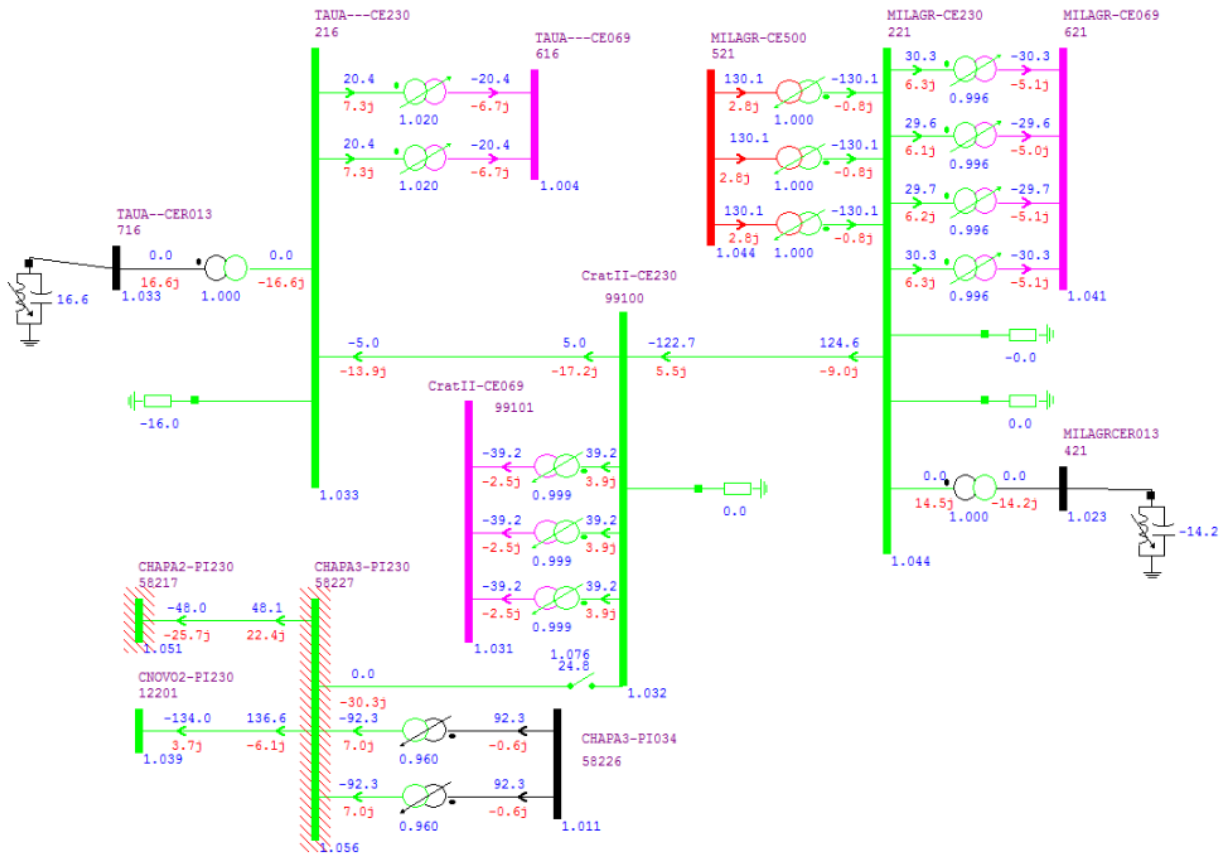


**Figura 10-7 - Condição pré-energização da LT Chapada III – Crato II – Ano 2029, carga leve**



- Energização partindo da SE Chapada III

A Figura 10-8 mostra a simulação da energização da LT 230 kV Chapada III - Crato II partindo do terminal Tauá II com tensão de 1,042 pu, conforme Figura 10-7.



**Figura 10-8 - Energização da LT Chapada III - Crato II a partir de Chapada III – Ano 2024, carga leve**

- Energização partindo da SE Crato II

A Figura 10-9 mostra a simulação da energização da LT 230 kV Tauá II - Crato II partindo do terminal Crato II com tensão de 1,032 pu, conforme Figura 10-7

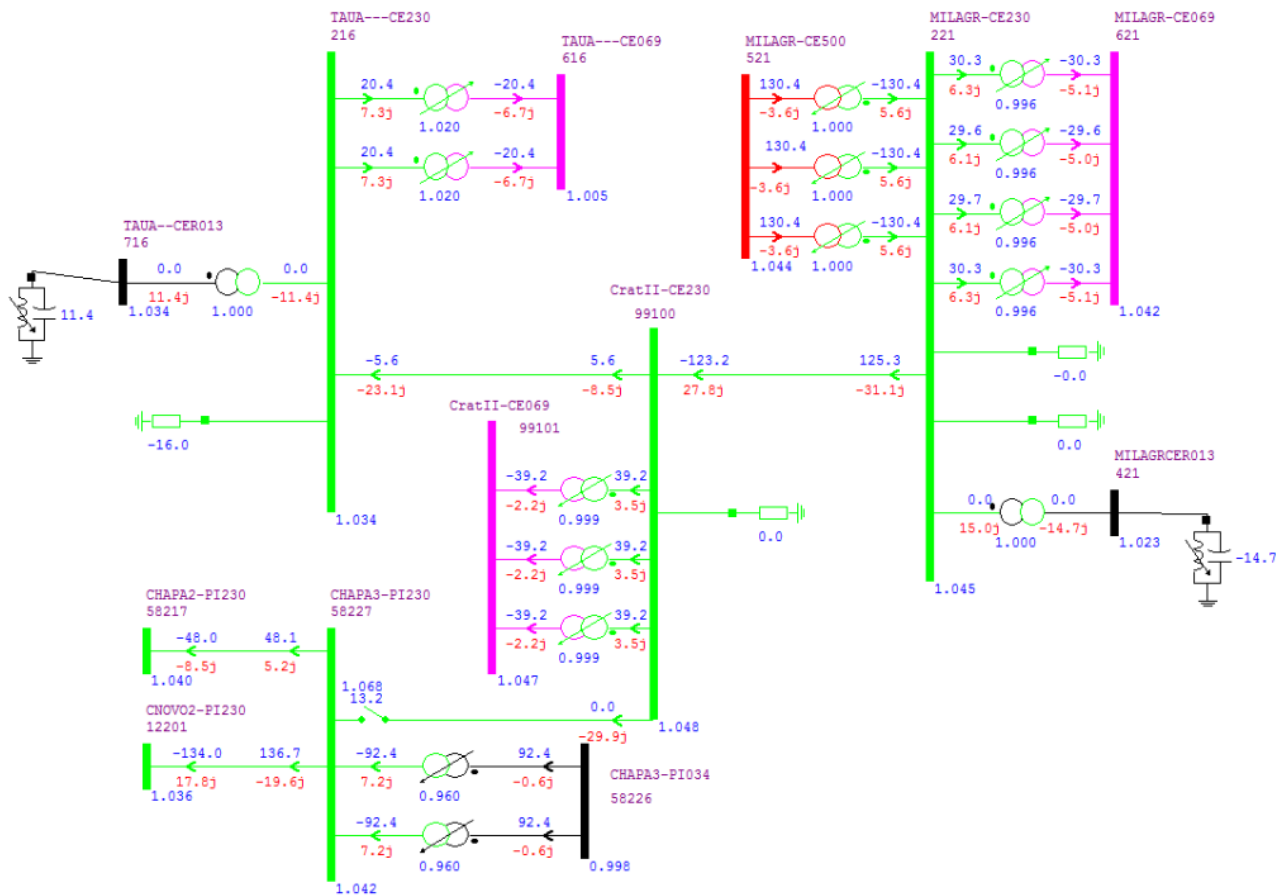


Figura 10-9 - Energização da LT Tauá II - Crato II a partir de Crato II – Ano 2024, carga leve

A tabela 10-3 resume as tensões observadas nas simulações de energização da LT 230 kV Chapada III - Crato II C1. Em conformidade com o módulo 23.3 dos procedimentos de rede, não foram observadas variações de tensão superiores a 0,05 pu, indicando, portanto, que a energização dessa linha pode ser feita tanto a partir do terminal Chapada III quanto do terminal Crato II.

Tabela 10-3 - Resumo - Energização da LT Chapada III - Crato II

Sentido	Tensão (pu)	Chapada III	Terminal aberto	Crato II
Chapada III - Crato II	V.pré	1,042	-	1,032
	V.aberto	1,056	1,076	1,032
	V.pós	1,050	-	1,045
Crato II – Chapada III	V.pré	1,042	-	1,032
	V.aberto	1,042	1,068	1,048
	V.pós	1,050	-	1,045

### 10.4 Energização dos Bancos de Capacitores Shunt 230 kV

A tabela 10-4 apresenta o resultado das simulações de energização dos bancos de capacitores em derivação recomendados para a SE Crato II. O patamar de carga considerada para simulação foi o de carga média. Os resultados são apresentados para os anos previstos para entrada em operação desses equipamentos, 2027 BC1 30 Mvar, 2028 BC2 30 Mvar, 2032 BC3 30 Mvar. Para os anos 2028 e 2032 a energização foi feita em etapas, visto que haverá mais de um banco de capacitores instalado. As tensões apresentadas na coluna 'pós-manobra' se referem às tensões em regime permanente após a energização dos bancos, e antes da comutação de taps de transformadores.

Tabela 10-4 - Energização dos bancos de capacitores shunt 230 kV

Ano	BC	Barra	Tensão (pu)		
			Pré-Manobra	Pós-Manobra	Variação
2027	1º (30 Mvar)	Crato II 230 kV	1,029	1,049	0,020
		Crato II 69 kV	1,030	1,051	0,021
		Milagres 230 kV	1,040	1,042	0,002
		Tauá II 230 kV	1,043	1,044	0,001
2028	1º (30 Mvar)	Crato II 230 kV	1,007	1,026	0,019
		Crato II 69 kV	1,025	1,047	0,022
		Milagres 230 kV	1,025	1,027	0,002
		Tauá II 230 kV	1,019	1,020	0,001
2028	2º (30 Mvar)	Crato II 230 kV	1,022	1,042	0,02
		Crato II 69 kV	1,025	1,047	0,022
		Milagres 230 kV	1,025	1,027	0,002
		Tauá II 230 kV	1,020	1,021	0,001
2032	1º (30 Mvar)	Crato II 230 kV	1,005	1,022	0,017
		Crato II 69 kV	1,020	1,041	0,021
		Milagres 230 kV	1,040	1,042	0,002
		Tauá II 230 kV	1,027	1,028	0,001
		Chapada III 230 kV	1,018	1,022	0,004
2032	2º (30 Mvar)	Crato II 230 kV	1,017	1,035	0,018
		Crato II 69 kV	1,020	1,041	0,021
		Milagres 230 kV	1,040	1,042	0,002
		Tauá II 230 kV	1,027	1,029	0,002
		Chapada III 230 kV	1,020	1,025	0,005
2032	3º (30 Mvar)	Crato II 230 kV	1,030	1,048	0,018
		Crato II 69 kV	1,020	1,041	0,021
		Milagres 230 kV	1,040	1,042	0,002
		Tauá II 230 kV	1,028	1,029	0,001
		Chapada III 230 kV	1,023	1,027	0,004

### 10.5 Rejeição de Carga

A análise de rejeição de carga tem o objetivo de verificar os reflexos da abertura intempestiva das linhas de transmissão previstas.

Desta forma, as análises de rejeição de carga visam verificar a existência de sobretensões acima da suportabilidade dos equipamentos associados quando de aberturas intempestivas em um dos terminais das linhas de transmissão em questão. A situação mais crítica é a abertura de apenas um destes terminais, devido a uma atuação da proteção ou falha humana.

A análise de rejeição de carga foi realizada para o patamar de carga média, cenário Norte Úmido, para o qual o fluxo nas linhas de transmissão de interesse é o mais elevado, configurando, portanto, a condição mais adversa sob o ponto de vista de sobretensão. A Figura 10-10 mostra a condição operativa pré-rejeição para o ano 2033.

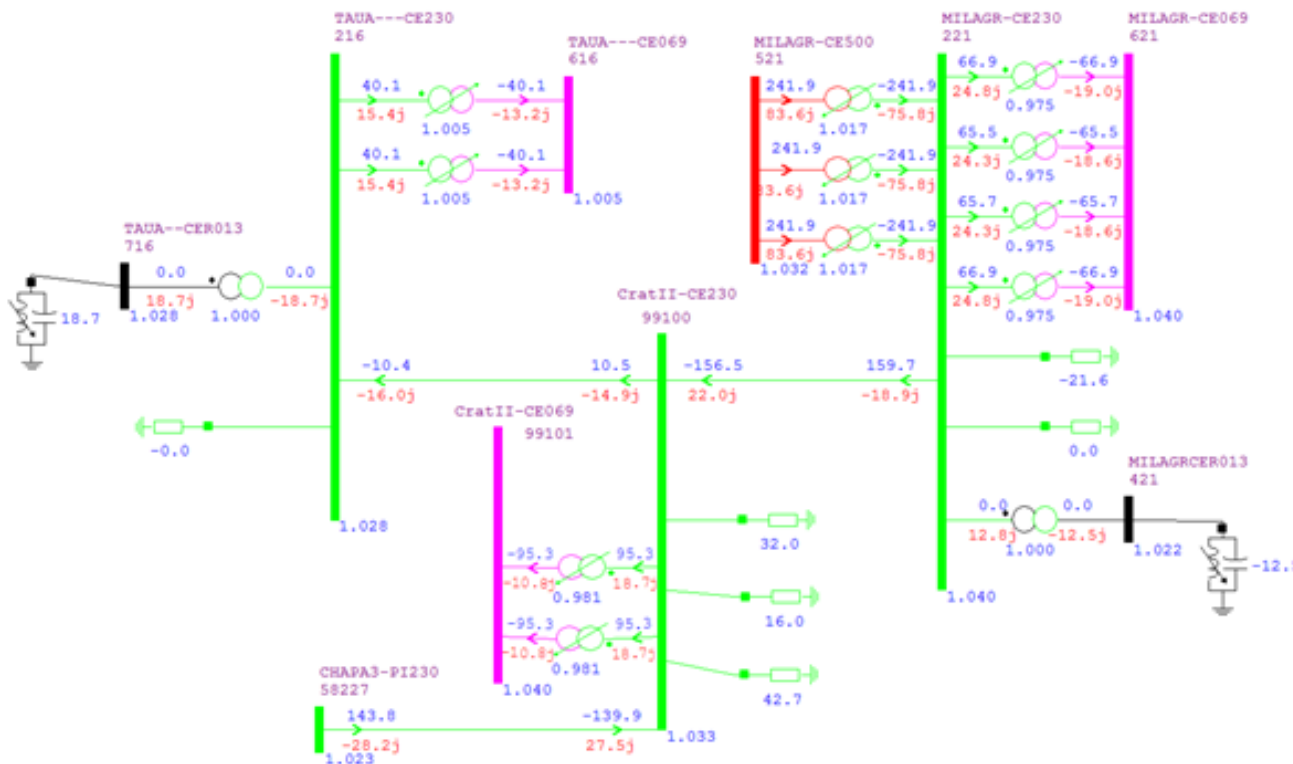


Figura 10-10 – Condição operativa pré-rejeição de carga – Ano 2033

A Figura 10-11 apresenta a rejeição da LT 230 kV Tauá II – Crato II C1 por meio de abertura intempestiva do lado da SE Crato II. Não foram observadas sobretensões ou variações de tensão superiores a 0,05 pu.

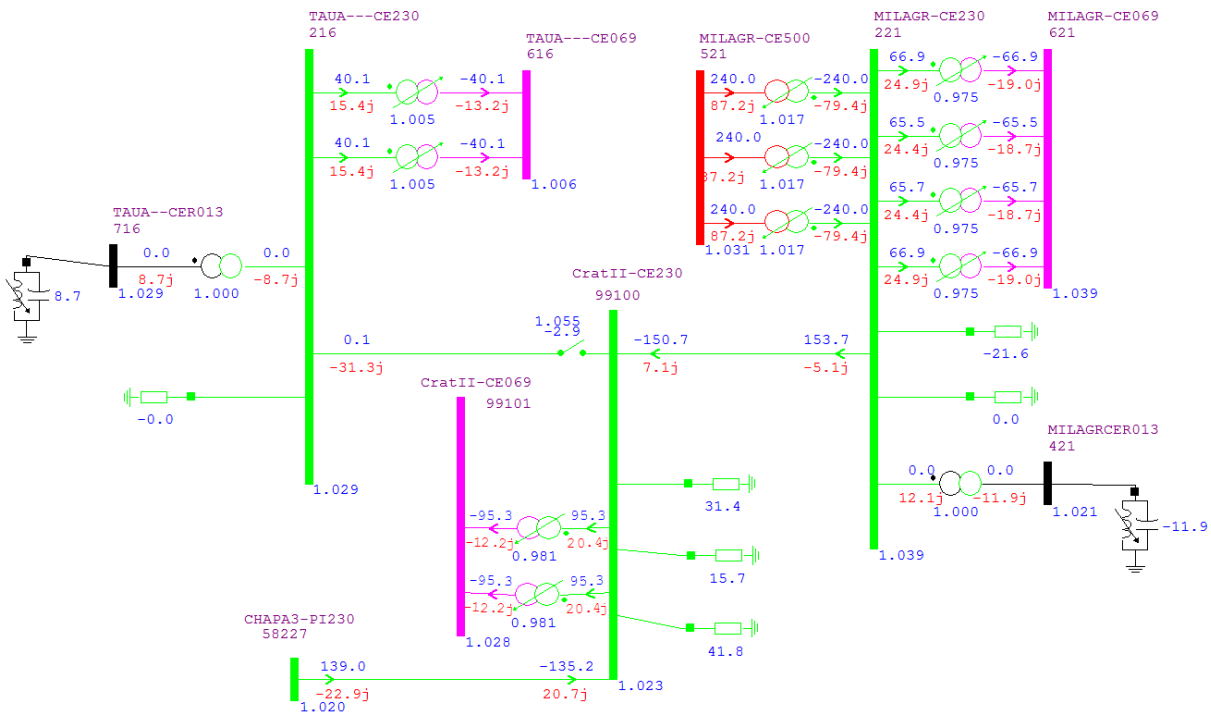


Figura 10-11 – Rejeição da LT 230 kV Tauá II – Crato II C1 através da abertura em Crato II

A Figura 10-12 apresenta a rejeição da LT 230 kV Tauá II – Crato II C1 por meio de abertura intempestiva do lado da SE Tauá II. Observa-se ligeira sobretensão nas barras Crato 230 kV e Crato 69 kV, mas ainda dentro dos limites aceitáveis.

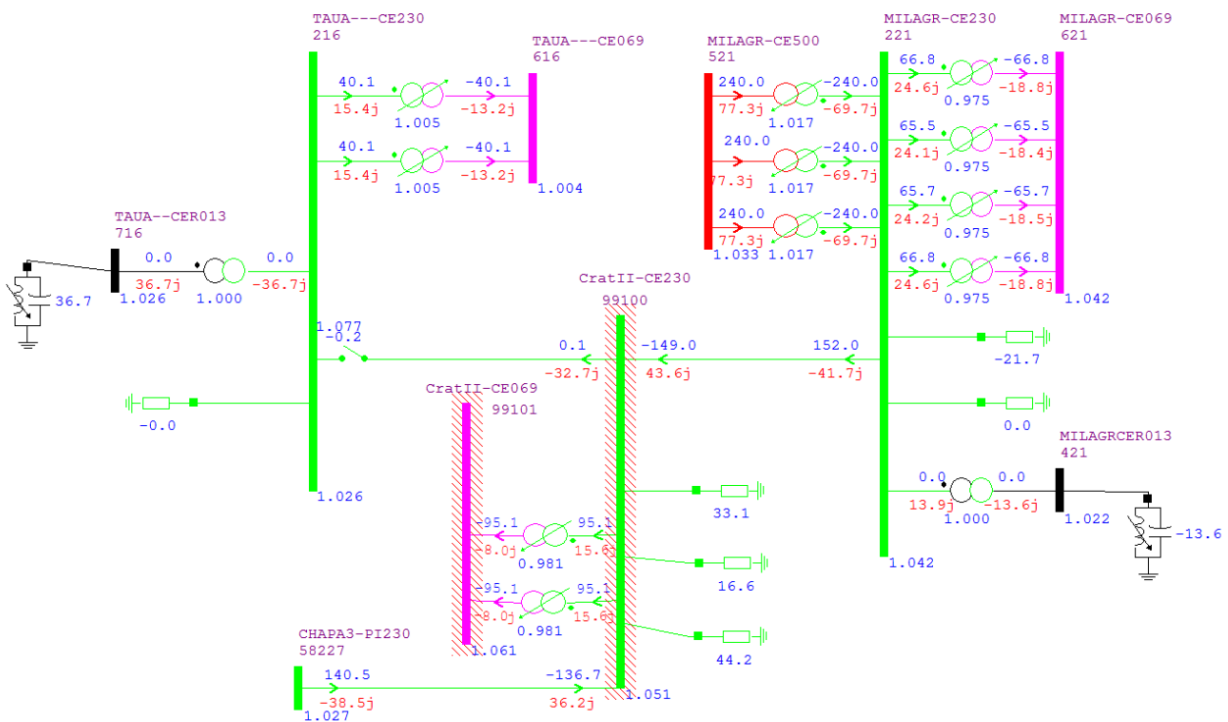


Figura 10-12 - Rejeição da LT 230 kV Tauá II – Crato II C1 através da abertura em Tauá II

A Figura 10-13 apresenta a rejeição da LT 230 kV Chapada III – Crato II C1 por meio de abertura intempestiva do lado da SE Crato II. Não foram observadas sobretensões ou variações de tensão superiores a 0,05 pu.

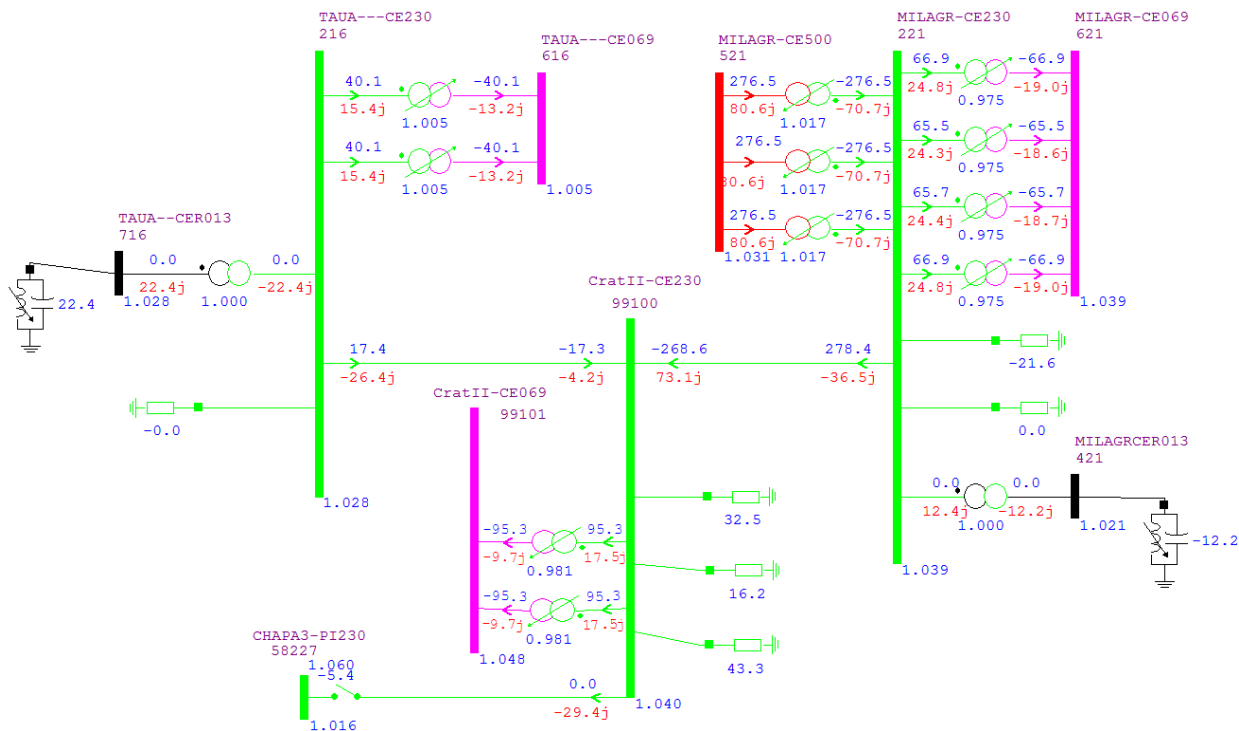


Figura 10-13 - Rejeição da LT 230 kV Chapada III - Crato II C1 através da abertura em Chapada III

A Figura 10-14 apresenta a rejeição da LT 230 kV Chapada III – Crato II C1 por meio de abertura intempestiva do lado da SE Crato II. Não foram observadas sobretensões ou variações de tensão superiores a 0,05 pu.

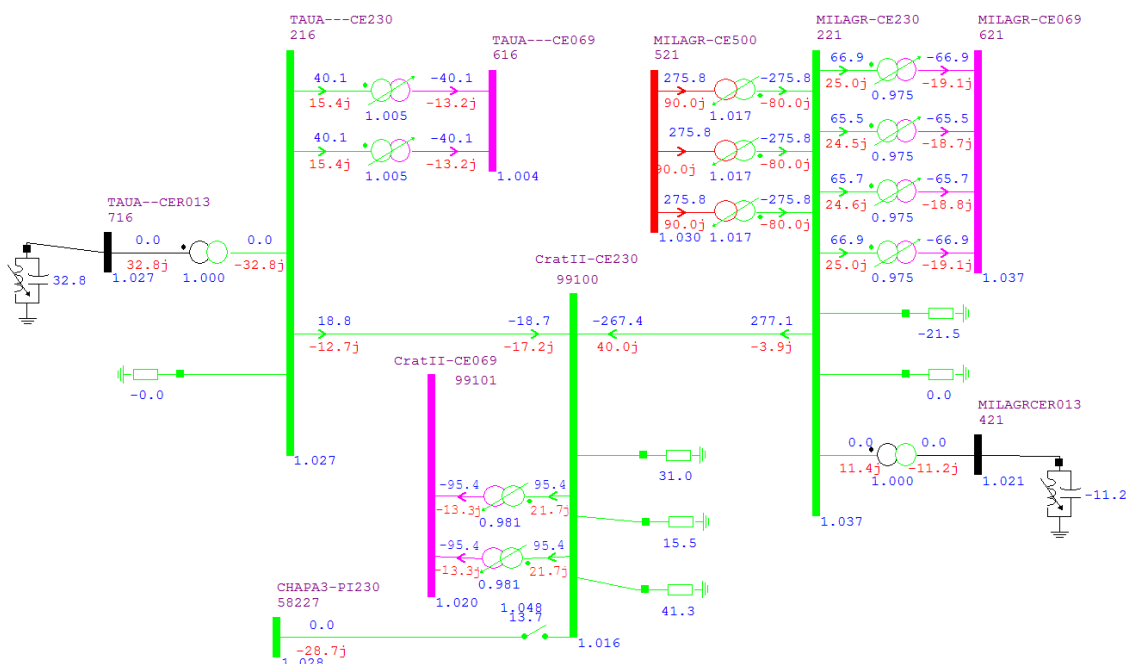


Figura 10-14 - Rejeição da LT 230 kV Chapada III - Crato II C1 através da abertura em Chapada III

## 11 ANÁLISE DE CURTO CIRCUITO

O cálculo dos níveis de curto circuito foi efetuado para a alternativa vencedora (Alternativa 1.3B), considerando o sistema em regime subtransitário, com todas as máquinas sincronizadas, utilizando a base de dados referente ao PDE 2017-2025.

Os valores de corrente de curto-circuito trifásico e monofásico, além da relação X/R para as principais subestações de interesse do estudo são apresentadas na Tabela 11-1.

Tabela 11-1 – Correntes de curto-circuito

Barra	Tensão (kV)	Ano 2024 (sem obras)				Ano 2024 (com obras)				Ano 2033			
		3Ø (kA)	X/R	1Ø (kA)	X/R	3Ø (kA)	X/R	1Ø (kA)	X/R	3Ø (kA)	X/R	1Ø (kA)	X/R
Milagres	500	24.61	13.43	19.15	9.33	24.60	13.42	19.26	9.33	24.79	13.44	19.34	9.31
Milagres	230	33.66	14.96	31.12	11.62	33.63	14.95	31.34	11.56	34.25	14.68	31.71	11.40
Milagres	69	21.40	83.68	-	-	21.40	83.57	-	-	21.47	83.34	-	-
Tauá II	230	2.22	5.52	2.87	6.26	2.04	5.18	2.66	5.84	2.12	5.21	2.75	5.90
Tauá II	69	4.77	8.65	-	-	4.51	7.88	-	-	4.62	8.03	-	-
Chapada III	230	9.71	8.77	7.35	7.59	9.70	8.77	7.34	7.59	10.67	8.57	8.08	7.26
Crato II	230	-	-	-	-	3.83	5.40	4.48	6.42	5.21	5.89	6.17	6.95
Crato II	69	-	-	-	-	7.48	9.31	-	-	10.60	9.75	-	-
Juazeiro do Norte I	69	6.56	5.16	-	-	6.52	5.15	-	-	6.72	7.36	-	-
Juazeiro do Norte II	69	6.74	5.20	-	-	6.72	5.20	-	-	6.07	5.15	-	-
Brejo Santo	69	3.15	2.30	-	-	3.15	2.30	-	-	5.64	3.73	-	-
Maurity	69	2.95	2.28	-	-	2.95	2.28	-	-	2.96	2.27	-	-
Lavras da Mangabeira	69	1.01	2.56	-	-	1.01	2.56	-	-	1.39	3.86	-	-
Balanços I	69	1.99	3.60	-	-	1.99	3.60	-	-	3.51	3.38	-	-
Balanços II	69	1.82	2.68	-	-	1.82	2.68	-	-	3.51	3.38	-	-
Barbalha	69	4.69	3.87	-	-	4.68	3.87	-	-	4.47	3.97	-	-
IBACIP	69	4.37	3.64	-	-	4.36	3.64	-	-	4.18	3.73	-	-
Crato	69	5.04	4.80	-	-	5.62	8.25	-	-	8.75	8.80	-	-
Nova Olinda	69	1.00	1.08	-	-	1.98	6.76	-	-	2.15	6.65	-	-
Araripe	69			-	-	0.89	5.11	-	-	0.93	5.04	-	-
Campos Sales	69			-	-	0.60	2.12	-	-	0.61	2.08	-	-
Antonina do Norte	69			-	-	0.85	2.86	-	-	0.88	2.79	-	-

Destacam-se as correntes de curto-circuito encontradas para a barra Milagres 230 kV, assinaladas em amarelo, que são superiores ao disjuntor de menor capacidade de interrupção (23,5 kA) conectado a essa barra. Essa superação foi identificada no documento ONS 3/0099/2016 "Estudos De Curto-Circuito Período 2016-2018 - Volume 1" [5], que indicou a substituição de 5 disjuntores que se encontram nessa situação. Ressalta-se que essa superação não foi ocasionada pelas obras recomendadas, o problema é observado numa data anterior ao ano de inicial do estudo.

Destaca-se ainda o valor da relação X/R encontrada para a barra Milagres 69 kV, assinalados também em amarelo. O valor é superior a 45,24, que é o limite de alerta para possível superação de disjuntores pelo critério X/R.



## **12 ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL PRELIMINAR**

As avaliações socioambientais preliminares referentes às novas instalações de Rede Básica e Rede Básica de Fronteira recomendadas neste estudo foram objeto da Nota Técnica DEA 013/18-rev1 "Análise Socioambiental do Estudo de Atendimento às Cargas da SE Milagres - Relatório R1", Ref.[6] a qual está incorporada ao final deste relatório.

## 13 AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA DE LINHAS DE TRANSMISSÃO AÉREAS

Neste capítulo são apresentadas análises técnicas e de otimização visando definir as especificações básicas da Linha de Transmissão (LT) aérea listada abaixo:

- LT 230 kV Chapada III – Crato II, C1, em circuito simples (CS), de cerca de 168 km de comprimento.

Os resultados obtidos nas análises foram extraídos diretamente do programa ELEKTRA, desenvolvido pelo CEPEL[7].

### 13.1 Dados e Premissas

Os dados ambientais predominantes e preliminares para as análises técnicas e definição das capacidades de corrente estão dispostos na Tabela 13-1. Nota-se que a temperatura do ar corresponde à maior máxima média mensal registrada na estação de medição localizada em Paulistana/PI [8].

**Tabela 13-1 Dados do ambiente**

<b>Temperatura do ar [°C]</b>	36
<b>Vento p/ cálculo de temperatura [m/s]</b>	1
<b>Radiação solar [W/m<sup>2</sup>]</b>	1000
<b>Altitude média [m]</b>	560
<b>Altitude máxima [m]</b>	785
<b>DRA<sup>(1)</sup> [p.u.]</b>	0,89
<b>Vento p/ balanço (50 anos, 30 s, 10 m) [km/h]</b>	85

<sup>(1)</sup> Densidade Relativa do Ar adotada para verificação de efeito corona visual.

Na Tabela 13-2 estão apresentados os parâmetros econômicos considerados na otimização. Os fluxos, fatores de carga e de perdas utilizados estão apresentados na Tabela 13-3. Já a Tabela 13-4 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 nos capítulos 7 e 8.

**Tabela 13-2 Dados para avaliação econômica**

<b>Custo das perdas de energia [R\$/MWh]</b>	196,05
<b>Período [anos]</b>	30
<b>Taxa de desconto anual [%]</b>	8
<b>Banco de preços</b>	Ref. ANEEL – 2022/03 <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Atualizado pela EPE conforme [9].

**Tabela 13-3 Dados do sistema – Fluxos para cálculo de perdas**

Linha	Fluxo <sup>1</sup> [MVA]	Duração [Anos]	Fator de carga	Fator de perdas
LT 230 kV Chapada III – Crato II, C1, CS	144,2	1	0,84	0,73
	148,1	1	0,84	0,73
	154,1	1	0,84	0,72
	158,2	1	0,85	0,74
	163,6	26	0,84	0,73

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

**Tabela 13-4 Dados do sistema – Fluxos máximos observados para diferentes condições de operação**

Linha	Fluxo <sup>1</sup> [MVA]	
	Normal	Emergência
LT 230 kV Chapada III – Crato II, C1, CS	163,6	269,4

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

Nestas análises adotou-se estruturas com geometria de fases triangular. Na Seção 13.4.2 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 apenas cabos condutores tipo CAA, com diferentes bitolas e formações, e cabos para-raios EAR 3/8” e OPGW 13,3 mm.

## 13.2 Critérios Para Análises Elétricas e Comparações Econômicas

Na definição das capacidades de corrente, os valores a serem especificados devem atender minimamente aos fluxos observados no estudo, em condição normal e emergência. Adicionalmente, para as novas LT, deve-se buscar adotar 65 °C como limite superior de temperatura nos cabos condutores em condição normal de operação e 90 °C em condição de emergência. Com relação aos níveis de emissão eletromagnética, estes devem observar os requisitos mínimos definidos em [10]. 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.

### 13.3 Avaliações Econômicas

#### 13.3.1 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 13-5.

Como pode se verificar, a configuração de menor custo total é a 1 x BLUEJAY (1113 MCM). Contudo, a configuração 1 x RAIL (954 MCM), que se encontra dentro da região de empate econômico, possui o menor custo de instalação, sendo assim é a configuração recomendada para utilização nesta LT.

Tabela 13-5 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	
BLUEJAY	1	779,6	427,4	1207,0	100,0 %
ORTOLAN	1	753,9	461,3	1215,2	100,7 %
<b>RAIL</b>	<b>1</b>	<b>731,1</b>	<b>501,3</b>	<b>1232,4</b>	<b>102,1 %</b>
TERN	2	954,6	280,5	1235,0	102,3 %

### 13.4 Características Técnicas da Solução de Referência

#### 13.4.1 Características elétricas

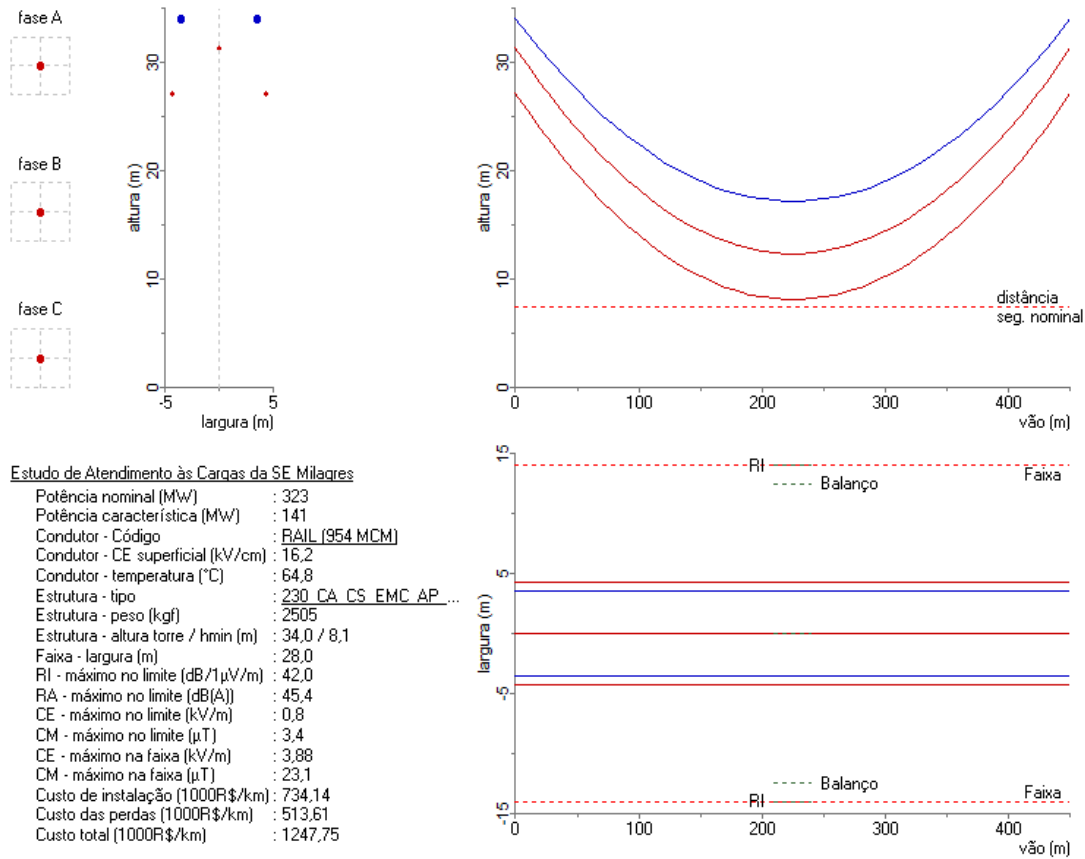
Tendo em vista os resultados das análises realizadas, os parâmetros elétricos e capacidades de corrente especificadas estão sumarizados na Tabela 13-6.

Tabela 13-6 Características elétricas básicas da LT 230 kV em CS

Tipo	Cabo	Capacidade por circuito [A]		Parâmetros de sequência a 50 °C			
		Normal	Emerg.	seq.	r [ $\Omega$ /km]	x [ $\Omega$ /km]	b [ $\mu$ S/km]
Circuito Simples	CAA 1 x RAIL (954 MCM)			+	0,0688	0,4786	3,4644
		810	1100	0	0,4146	1,4178	2,2398
				mut.0	-	-	-

A Figura 13-1, 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 28,0 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 35 metros.



(\*) A largura de faixa a ser adotada referencialmente é de 35

**Figura 13-1** Dados técnicos básicos da LT 230 kV em CS

### 13.4.2 Características construtivas

Considerando os resultados das simulações realizadas, as coordenadas da silhueta típica e as respectivas flechas estão apresentadas na Tabela 13-7.

**Tabela 13-7** Coordenadas da silhueta típica da LT 230 kV em CS

Elemento	X [m]	Y [m]	Flecha [m]
Fase A	-4,30	27,1	19,1
Fase B	0,00	31,3	19,1
Fase C	4,30	27,1	19,1
Para-raios 1	-3,50	34,0	16,9
Para-raios 2	3,50	34,0	16,9

## 14 REFERÊNCIAS

- [1]. EPE-DEE-DEA-RE-062/2016-rev0 “Diretrizes para Elaboração dos Relatórios Técnicos Referentes às Novas Instalações da Rede Básica”, EPE - Julho/2016;
- [2]. “Critérios e Procedimentos para o Planejamento da Expansão de Sistemas de Transmissão”, CCPE/CTET - Janeiro/2001
- [3]. “Base de Referência de Preços ANEEL” – Junho/2017
- [4]. “Estudo de Suprimento a Região do Alto Médio Canindé (PI) e do Sertão do Araripe (PE)” - EPE-DEE-RE-188-2014-rev0, EPE - 2014
- [5]. “Estudos de Curto-Circuito período 2016-2018 – Volume 1”, ONS – agosto/2016.
- [6]. “Análise socioambiental do Estudo de Atendimento às Cargas da SE Milagres (Relatório R1)” – Nota Técnica DEA 013/18-rev1 – Fevereiro/2023
- [7]. <https://www.cepel.br/produtos/elektra/>
- [8]. INMET. Normal Climatológico do Brasil 1991-2020: Temperatura Máxima. <http://www.inmet.gov.br/portal/>
- [9]. EPE-DEE-IT-045/2022 – Atualização dos Parâmetros Econômicos de Referência para os Estudos de Expansão da Transmissão do Ciclo de Planejamento 2022. Informe Técnico. 2022.
- [10]. ONS. Procedimentos de Rede – Submódulo 2.7 – Requisitos Mínimos Para Linhas de Transmissão. 2022.
- [11]. ONS. Plano da Operação Elétrica de Médio prazo do SIN - Ciclo 2022-2026 - Tomo 2 – Ampliações e Reforços de Grande Porte e Recomendações - RT-ONS DPL 0422/2021
- [12]. Plano de Outorgas de Transmissão de Energia Elétrica (2021) – POTEE 1ª emissão <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/spe/publicacoes/plano-de-outorgas-de-transmissao-de-energia-eletrica-potee/documentos/2021>

## 15 EQUIPE TÉCNICA

Marcelo Willian Henriques Szrajbman – EPE/STE

Igor Chaves – EPE/STE

Leandro Moda – EPE/STE

Luiz Felipe Froede Lorentz – EPE/STE

Tiago Campos Rizzotto – EPE/STE

Kátia Gisele Matosinho – EPE/SMA

Clayton Borges da Silva – EPE/SMA

Daniel Filipe Silva – EPE/SMA

Mariana Lucas Barroso – EPE/SMA

Paula Cunha Coutinho de Andrade – EPE/SMA

Agradecemos a colaboração dos técnicos para este estudo:

Aníbal Queiroz Braga - COELCE

Fernando Rodrigues Alves – CHESF

Gustavo H. S. Vieira de Melo - CHESF

## 16 ANEXOS

### 16.1 Parâmetros dos Equipamentos

- Linhas de transmissão

Tabela 16-1 – Características Elétricas das linhas de transmissão recomendadas

Linha de transmissão	Tensão (kV)	Estrutura	Extensão (km)	Condutor		
				Número por fase	Nome	Bitola (MCM)
Seccionamento LT Milagres/Tauá II – Crato II C1	230	CD	34,0	1	Grosbeak	1x636
Seccionamento LT Milagres/Tauá II – Crato II C2	230	CD	34,0	1	Grosbeak	1x636
LT Chapada III – Crato II	230	CS	168,0	1	Rail	1x954

Tabela 16-2 - Parâmetros elétricos das linhas de transmissão recomendadas

Linha de transmissão	km	Parâmetros elétricos											
		Longitudinais e transversais por unidade de comprimento						Longitudinais e transversais equivalentes					
		Sequência positiva			Sequência zero			Sequência positiva			Sequência zero		
		R1 ( $\Omega$ /km)	X1 ( $\Omega$ /km)	C1 (nF/km)	R0 ( $\Omega$ /km)	X0 ( $\Omega$ /km)	C0 (nF/km)	R1 (%)	X1 (%)	B1 (Mvar)	R0 (%)	X0 (%)	B0 (Mvar)
Seccionamento LT 230 kV Milagres/Tauá II – Crato II C1	34	0,105385	0,483344	9,1187	0,466213	1,72357	6,0349	0,6769	3,1056	6,1840	2,9919	11,0700	4,0915
Seccionamento LT 230 kV Milagres/Tauá II – Crato II C2	34	0,105385	0,483344	9,1187	0,466213	1,72357	6,0349	0,6769	3,1056	6,1840	2,9919	11,0700	4,0915
LT 230 kV Chapada III – Crato II	168,0	0,0688	0,4786	9,1896	0,4146	1,4178	5,9411	2,1507	15,0845	30,91	12,7773	44,4128	20,06
LT 230 kV Milagres – Crato II	76,1	0,105291	0,50321	8,7425	0,489108	1,67304	6,2292	1,5098	7,2279	13,2784	6,9829	23,9844	9,4668
LT 230 kV Tauá II – Crato II	211,9	0,105291	0,50321	8,7425	0,489108	1,67304	6,2292	4,1135	19,9185	37,1749	18,4553	65,2282	26,7036



- Capacidade de Corrente:

**Tabela 16-3 – Carregamentos máximos e capacidade das linhas de transmissão recomendadas**

Linha de transmissão	Condutor (MCM)	Nível de Tensão (kV)	Máximo carregamento verificado em condição normal (A)	Contingência mais crítica	Máximo carregamento verificado em emergência (A)	Capacidade da LT em regime normal de operação/emergência (A)
LT Milagres – Crato II	1x636	230	386,5	Chapada III – Crato II	675,3	730/730
LT Tauá II – Crato II	1x636	230	79,4	Picos – Tauá II	238,3	730/730
LT Chapada III – Crato II	1x954	230	406,7	Milagres – Crato II	688,2	810/1100

- Transformadores

**Tabela 16-4 - Parâmetros dos novos transformadores**

Subestação	Transformação	Unidade	Capacidade [MVA]	X (%) na base de 100 MVA	Ligação	$\Delta$ TAP
Crato II	230/69 kV	TR1	150/180	9,33	Y- $\Delta$	1,1/0,9
	230/69 kV	TR2	150/180	9,33	Y- $\Delta$	1,1/0,9
	230/69 kV	TR3	150/180	9,33	Y- $\Delta$	1,1/0,9

- Capacitores em derivação

Subestação	Unidade	Capacitor shunt recomendado [Mvar]
Crato II	BC1	1 x 30
	BC2	1 x 30
	BC3	1 x 30

## 16.2 Novas Subestações

A Figura 15-1 mostra o diagrama esquemático da SE Crato II, contemplando as obras recomendadas e expansões futuras.

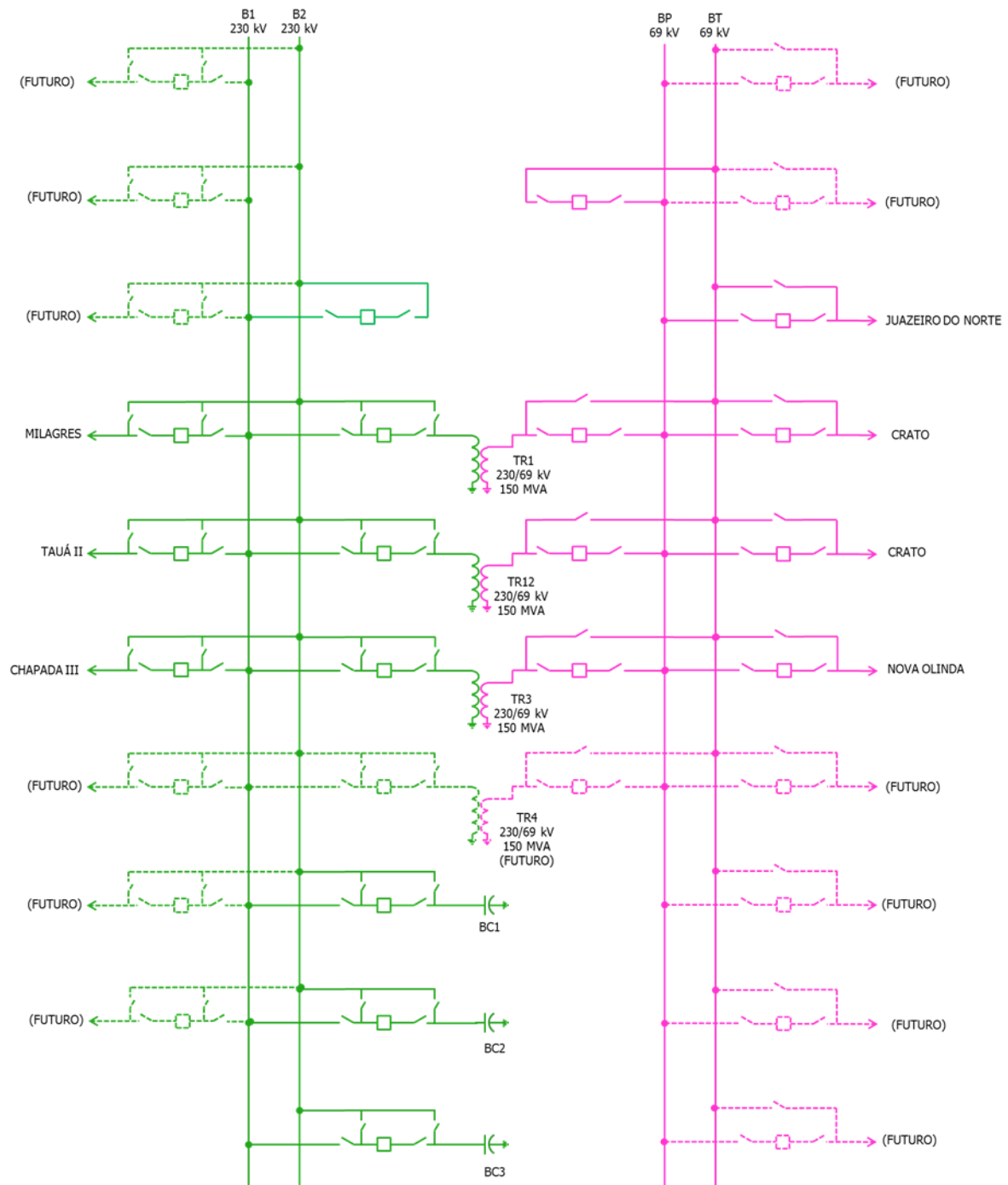


Figura 16-1 - Diagrama unifilar da SE Crato II

### 16.3 Perdas elétricas das Alternativas

A seguir é apresentado o diferencial de perdas elétricas de cada alternativa, discretizadas por ano, para cada um dos cenários e patamares de carga analisados.

Tabela 16-5 – Diferencial de perdas Elétricas [MW]

Ano	SECO												ÚMIDO												
	LEVE				MÉDIO				PESADO				LEVE				MÉDIO				PESADO				
	A1.3A	A1.3B	A1.3C	A2	A1.3A	A1.3B	A1.3C	A2	A1.3A	A1.3B	A1.3C	A2	A1.3A	A1.3B	A1.3C	A2	A1.3A	A1.3B	A1.3C	A2	A1.3A	A1.3B	A1.3C	A2	
2024	0,00	0,00	0,00	0,79	0,00	0,00	0,00	2,27	0,00	0,00	0,00	2,44	0,00	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	2,05	0,00	0,00	0,00	0,00	2,94
2025	0,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00	2,47	0,00	0,00	0,00	2,39	0,00	0,00	0,00	0,71	0,00	0,00	0,00	3,10	0,00	0,00	0,00	0,00	3,10
2026	0,00	0,00	0,00	0,94	0,00	0,00	0,00	3,83	0,00	0,00	0,00	2,83	0,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00	3,85	0,00	0,00	0,00	0,00	3,53
2027	0,00	0,00	0,00	1,36	0,00	0,00	0,00	4,57	0,00	0,00	0,00	3,94	0,00	0,00	0,00	1,29	0,00	0,00	0,00	5,05	0,00	0,00	0,00	0,00	4,72
2028	0,00	0,00	0,00	1,54	0,00	0,00	0,00	5,23	0,00	0,00	0,00	4,42	0,00	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00	5,76	0,00	0,00	0,00	0,00	5,34
2029	2,52	0,00	2,66	5,40	2,05	0,00	2,87	11,95	2,81	0,00	2,97	10,40	0,62	0,00	1,06	3,34	-0,25	0,00	0,19	9,25	0,10	0,00	0,87	0,87	8,68
2030	2,54	0,00	2,66	5,77	1,99	0,00	2,75	13,63	2,78	0,00	2,92	11,18	0,60	0,00	1,03	3,73	-0,34	0,00	0,01	10,88	-0,16	0,00	0,69	0,69	9,48
2031	2,56	0,00	2,69	5,97	1,74	0,00	2,68	14,11	2,72	0,00	2,89	11,75	0,57	0,00	1,02	3,89	-0,62	0,00	-0,16	11,27	-0,34	0,00	0,59	0,59	9,94
2032	2,59	0,00	2,71	6,50	2,22	0,00	2,35	15,20	2,65	0,00	2,75	13,40	0,49	0,00	0,92	4,40	-0,93	0,00	-0,67	12,30	-0,43	0,00	0,40	0,40	11,90
2033	2,51	0,00	2,61	7,10	2,23	0,00	2,19	16,70	2,47	0,00	2,74	14,90	0,42	0,00	0,84	5,00	-0,89	0,00	-0,86	14,30	-0,66	0,00	0,16	0,16	13,70



Tabela 16-7 - Plano de obras e estimativa de custos - Alternativa 1.3B

Descrição	Terminal	Ano	Qtde.	Fator	Custo Unitário x Fator	Custo da Alternativa ( R\$ x 1000 )			
						Custo Total	VP	Parcela Anual	RN
						<b>226.560,04</b>	<b>182.770,24</b>	<b>20.124,75</b>	<b>77.095,35</b>
<b>SECC LT 230 kV MILAGRES - TAUÁ II, C1, NA SE CRATO II (Nova)</b>						<b>36.421,75</b>	<b>36.421,75</b>	<b>3.235,25</b>	<b>20.210,25</b>
Circuito Duplo 230 kV, 1 x 636 MCM (GROSBEAK), 34 km		2024	34,0	1,0	701,23	23.841,82	23.841,82	2.117,81	13.229,71
EL (Entrada de Linha) 230 kV, Arranjo BD4		2024	2,0	1,0	4961,69	9.923,38	9.923,38	881,47	5.506,43
MIM - 230 kV		2024	1,0	1,0	757,79	757,79	757,79	67,31	420,49
MIG-A		2024	1,0	1,0	1898,76	1.898,76	1.898,76	168,66	1.053,61
<b>SE 230 kV CRATO II (Nova)</b>						<b>82.455,25</b>	<b>70.376,41</b>	<b>7.324,29</b>	<b>32.342,36</b>
1º e 2º TF 230/69 kV, 2 x 150 MVA 3Φ		2024	2,0	1,0	10403,34	20.806,68	20.806,68	1.848,20	11.545,52
CT (Conexão de Transformador) 230 kV, Arranjo BD4		2024	2,0	1,0	3504,27	7.008,54	7.008,54	622,55	3.889,00
CT (Conexão de Transformador) 69 kV, Arranjo BPT		2024	2,0	1,0	1428,50	2.857,00	2.857,00	253,78	1.585,34
EL (Entrada de Linha) 230 kV, Arranjo BD4			3,0			0,00	0,00	0,00	0,00
IB (Interligação de Barras) 230 kV, Arranjo BD4		2024	1,0	1,0	3007,43	3.007,43	3.007,43	267,14	1.668,81
EL (Entrada de Linha) 69 kV, Arranjo BPT			4,0			0,00	0,00	0,00	0,00
IB (Interligação de Barras) 69 kV, Arranjo BPT		2024	1,0	1,0	949,76	949,76	949,76	84,36	527,02
MIM - 230 kV		2024	1,0	1,0	1136,68	1.136,68	1.136,68	100,97	620,74
MIM - 69 kV		2024	1,0	1,0	298,59	298,59	298,59	26,52	165,69
1º Capacitor em Derivação 230 kV, 1 x 30 Mvar 3Φ		2027	1,0	1,0	3217,37	3.217,37	2.554,05	285,79	1.048,79
CCD (Conexão de Capacitor Derivação) 230 kV, Arranjo BD4		2027	1,0	1,0	3953,04	3.953,04	3.138,05	351,14	1.288,60
MIM - 230 kV		2027	1,0	1,0	378,89	378,89	300,78	33,66	123,51
2º Capacitor em Derivação 230 kV, 1 x 30 Mvar 3Φ		2028	1,0	1,0	3217,37	3.217,37	2.364,86	285,79	838,73
CCD (Conexão de Capacitor Derivação) 230 kV, Arranjo BD4		2028	1,0	1,0	3953,04	3.953,04	2.905,60	351,14	1.030,51
MIM - 230 kV		2028	1,0	1,0	378,89	378,89	278,50	33,66	98,77
3º TF 230/69 kV, 1 x 150 MVA 3Φ		2029	1,0	1,0	10403,34	10.403,34	7.080,34	924,10	2.083,09
CT (Conexão de Transformador) 230 kV, Arranjo BD4		2029	1,0	1,0	3504,27	3.504,27	2.384,95	311,28	701,67
CT (Conexão de Transformador) 69 kV, Arranjo BPT		2029	1,0	1,0	1428,50	1.428,50	972,21	126,89	286,03
MIM - 230 kV		2029	1,0	1,0	378,89	378,89	257,87	33,66	75,87
MIM - 69 kV		2029	1,0	1,0	99,53	99,53	67,74	8,84	19,93
MIG (Terreno Rural)		2024	1,0	1,0	7928,14	7.928,14	7.928,14	704,24	4.399,29
3º Capacitor em Derivação 230 kV, 1 x 30 Mvar 3Φ		2032	1,0	1,0	3217,37	3.217,37	1.738,24	285,79	142,97
CCD (Conexão de Capacitor Derivação) 230 kV, Arranjo BD4		2032	1,0	1,0	3953,04	3.953,04	2.135,70	351,14	175,66
MIM - 230 kV		2032	1,0	1,0	378,89	378,89	204,70	33,66	16,84
<b>SECC LT 69 kV CRATO - NOVA OLINDA, C1, NA SE CRATO II (Nova)</b>						<b>4.374,07</b>	<b>4.374,07</b>	<b>388,54</b>	<b>2.427,15</b>
Circuito Duplo 69 kV, 1 x 954 MCM (RAIL), 0,25 km		2024	0,25	1,1	695,36	173,84	173,84	15,44	96,46
EL (Entrada de Linha) 69 kV, Arranjo BPT		2024	2,0	1,0	1661,52	3.323,04	3.323,04	295,18	1.843,94
MIM - 69 kV		2024	1,0	1,0	199,06	199,06	199,06	17,68	110,46
MIG-A		2024	1,0	1,0	678,13	678,13	678,13	60,24	376,29
<b>LT 69 kV MILAGRES - BREJO SANTO, C2 (Nova)</b>						<b>11.370,15</b>	<b>9.025,99</b>	<b>1.009,98</b>	<b>3.706,42</b>
Circuito Simples 69 kV, 1 x 636 MCM (GROSBEAK), 22 km		2027	22,0	1,0	333,98	7.347,56	5.832,73	652,66	2.395,14
EL (Entrada de Linha) 69 kV, Arranjo BS	MILAGRES	2027	1,0	1,0	1572,70	1.572,70	1.248,46	139,70	512,67
EL (Entrada de Linha) 69 kV, Arranjo BS	BREJO SANTO	2027	1,0	1,0	1572,70	1.572,70	1.248,46	139,70	512,67
MIM - 69 kV	MILAGRES	2027	1,0	1,0	99,53	99,53	79,01	8,84	32,44
MIM - 69 kV	BREJO SANTO	2027	1,0	1,0	99,53	99,53	79,01	8,84	32,44
MIG-A	MILAGRES	2027	1,0	1,0	678,13	678,13	538,32	60,24	221,06
<b>LT 69 kV CRATO II - CRATO, C2 (Nova)</b>						<b>5.717,84</b>	<b>3.891,47</b>	<b>507,90</b>	<b>1.144,90</b>
Circuito Simples 69 kV, 1 x 954 MCM (GROSBEAK), 3,7 km		2029	3,7	1,1	434,17	1.606,43	1.093,31	142,69	321,66
EL (Entrada de Linha) 69 kV, Arranjo BPT	CRATO II	2029	1,0	1,0	1661,52	1.661,52	1.130,80	147,59	332,69
EL (Entrada de Linha) 69 kV, Arranjo BS	CRATO	2029	1,0	1,0	1572,70	1.572,70	1.070,35	139,70	314,91
MIM - 69 kV	CRATO II	2029	1,0	1,0	99,53	99,53	67,74	8,84	19,93
MIM - 69 kV	CRATO	2029	1,0	1,0	99,53	99,53	67,74	8,84	19,93
MIG-A	CRATO II	2029	1,0	1,0	678,13	678,13	461,52	60,24	135,78
<b>LT 69 kV CRATO II - JUAZEIRO DO NORTE, C1 (Nova)</b>						<b>9.041,00</b>	<b>6.153,16</b>	<b>803,09</b>	<b>1.810,31</b>
Circuito Simples 69 kV, 1 x 954 MCM (RAIL), 12,3 km		2029	12,3	1,1	400,78	4.929,59	3.355,00	437,88	987,07
EL (Entrada de Linha) 69 kV, Arranjo BPT	CRATO II	2029	1,0	1,0	1661,52	1.661,52	1.130,80	147,59	332,69
EL (Entrada de Linha) 69 kV, Arranjo BS	JUAZEIRO DO NORTE	2029	1,0	1,0	1572,70	1.572,70	1.070,35	139,70	314,91
MIM - 69 kV	CRATO II	2029	1,0	1,0	99,53	99,53	67,74	8,84	19,93
MIM - 69 kV	JUAZEIRO DO NORTE	2029	1,0	1,0	99,53	99,53	67,74	8,84	19,93
MIG-A	CRATO II	2029	1,0	1,0	678,13	678,13	461,52	60,24	135,78
<b>LT 230 kV CHAPADA III - CRATO II, C1 (Nova)</b>						<b>77.179,98</b>	<b>52.527,40</b>	<b>6.855,70</b>	<b>15.453,97</b>
Circuito Simples 230 kV, 1 x 954 MCM (RAIL), 142 km		2029	142,0	1,0	454,93	64.600,06	43.965,72	5.738,26	12.935,05
EL (Entrada de Linha) 230 kV, Arranjo BD4	CHAPADA III	2029	1,0	1,0	4961,69	4.961,69	3.376,84	440,73	993,49
EL (Entrada de Linha) 230 kV, Arranjo BD4	CRATO II	2029	1,0	1,0	4961,69	4.961,69	3.376,84	440,73	993,49
MIM - 230 kV	CHAPADA III	2029	1,0	1,0	378,89	378,89	257,87	33,66	75,87
MIM - 230 kV	CRATO II	2029	1,0	1,0	378,89	378,89	257,87	33,66	75,87
MIG-A	CHAPADA III	2029	1,0	1,0	1898,76	1.898,76	1.292,26	168,66	380,19

Tabela 16-8 – Plano de obras e estimativa de custos – Alternativa 1.3C

Descrição	Terminal	Ano	Qtde.	Fator	Custo da Alternativa ( R\$ x 1000 )				
					Custo Unitário x Fator	Custo Total	VP	Parcela Anual	RN
					<b>200.511,75</b>	<b>166.094,23</b>	<b>17.810,94</b>	<b>73.047,72</b>	
<b>SECC LT 230 kV MILAGRES - TAUÁ II, C1, NA SE CRATO II (Nova)</b>						<b>36.421,75</b>	<b>36.421,75</b>	<b>3.235,25</b>	<b>20.210,25</b>
Circuito Duplo 230 kV, 1 x 636 MCM (GROSBEAK), 34 km		2024	34,0	1,0	701,23	23.841,82	23.841,82	2.117,81	13.229,71
EL (Entrada de Linha) 230 kV, Arranjo BD4		2024	2,0	1,0	4961,69	9.923,38	9.923,38	881,47	5.506,43
MIM - 230 kV		2024	1,0	1,0	757,79	757,79	757,79	67,31	420,49
MIG-A		2024	1,0	1,0	1898,76	1.898,76	1.898,76	168,66	1.053,61
<b>SE 230 kV CRATO II (Nova)</b>						<b>74.883,23</b>	<b>66.275,04</b>	<b>6.651,69</b>	<b>31.994,29</b>
1º e 2º TF 230/69 kV, 2 x 150 MVA 3Φ		2024	2,0	1,0	10403,34	20.806,68	20.806,68	1.848,20	11.545,52
CT (Conexão de Transformador) 230 kV, Arranjo BD4		2024	2,0	1,0	3504,27	7.008,54	7.008,54	622,55	3.889,00
CT (Conexão de Transformador) 69 kV, Arranjo BPT		2024	2,0	1,0	1428,50	2.857,00	2.857,00	253,78	1.585,34
EL (Entrada de Linha) 230 kV, Arranjo BD4			3,0			0,00	0,00	0,00	0,00
IB (Interligação de Barras) 230 kV, Arranjo BD4		2024	1,0	1,0	3007,43	3.007,43	3.007,43	267,14	1.668,81
EL (Entrada de Linha) 69 kV, Arranjo BPT			4,0			0,00	0,00	0,00	0,00
IB (Interligação de Barras) 69 kV, Arranjo BPT		2024	1,0	1,0	949,76	949,76	949,76	84,36	527,02
MIM - 230 kV		2024	1,0	1,0	1136,68	1.136,68	1.136,68	100,97	630,74
MIM - 69 kV		2024	1,0	1,0	298,59	298,59	298,59	26,52	165,69
1º Capacitor em Derivação 230 kV, 1 x 30 Mvar 3Φ		2027	1,0	1,0	3217,37	3.217,37	2.654,05	285,79	1.048,79
CCD (Conexão de Capacitor Derivação) 230 kV, Arranjo BD4		2027	1,0	1,0	3953,04	3.953,04	3.138,05	351,14	1.288,60
MIM - 230 kV		2027	1,0	1,0	378,89	378,89	300,78	33,66	123,51
2º Capacitor em Derivação 230 kV, 1 x 30 Mvar 3Φ		2028	1,0	1,0	3217,37	3.217,37	2.364,86	285,79	838,73
CCD (Conexão de Capacitor Derivação) 230 kV, Arranjo BD4		2028	1,0	1,0	3953,04	3.953,04	2.905,60	351,14	1.030,51
MIM - 230 kV		2028	1,0	1,0	378,89	378,89	278,50	33,66	98,77
3º TF 230/69 kV, 1 x 150 MVA 3Φ		2029	1,0	1,0	10403,34	10.403,34	7.080,34	924,10	2.083,09
CT (Conexão de Transformador) 230 kV, Arranjo BD4		2029	1,0	1,0	3504,27	3.504,27	2.384,95	311,28	701,67
CT (Conexão de Transformador) 69 kV, Arranjo BPT		2029	1,0	1,0	1428,50	1.428,50	972,21	126,89	286,03
MIM - 230 kV		2029	1,0	1,0	378,89	378,89	257,87	33,66	75,87
MIM - 69 kV		2029	1,0	1,0	99,53	99,53	67,74	8,84	19,93
MIG (Terreno Rural)		2024	1,0	1,0	7905,42	7.905,42	7.905,42	702,22	4.386,68
<b>SECC LT 69 kV CRATO - NOVA OLINDA, C1, NA SE CRATO II (Nova)</b>						<b>4.374,07</b>	<b>4.374,07</b>	<b>388,54</b>	<b>2.427,15</b>
Circuito Duplo 69 kV, 1 x 954 MCM (RAIL), 0,25 km		2024	0,25	1,1	695,36	173,84	173,84	15,44	96,46
EL (Entrada de Linha) 69 kV, Arranjo BPT		2024	2,0	1,0	1661,52	3.323,04	3.323,04	295,18	1.843,94
MIM - 69 kV		2024	1,0	1,0	199,06	199,06	199,06	17,68	110,46
MIG-A		2024	1,0	1,0	678,13	678,13	678,13	60,24	376,29
<b>LT 69 kV MILAGRES - BREJO SANTO, C2 (Nova)</b>						<b>11.370,15</b>	<b>9.025,99</b>	<b>1.009,98</b>	<b>3.706,42</b>
Circuito Simples 69 kV, 1 x 636 MCM (GROSBEAK), 22 km		2027	22,0	1,0	333,98	7.347,56	5.832,73	652,66	2.395,14
EL (Entrada de Linha) 69 kV, Arranjo BS	MILAGRES	2027	1,0	1,0	1572,70	1.572,70	1.248,46	139,70	512,67
EL (Entrada de Linha) 69 kV, Arranjo BS	BREJO SANTO	2027	1,0	1,0	1572,70	1.572,70	1.248,46	139,70	512,67
MIM - 69 kV	MILAGRES	2027	1,0	1,0	99,53	99,53	79,01	8,84	32,44
MIM - 69 kV	BREJO SANTO	2027	1,0	1,0	99,53	99,53	79,01	8,84	32,44
MIG-A	MILAGRES	2027	1,0	1,0	678,13	678,13	538,32	60,24	221,06
<b>LT 69 kV CRATO II - CRATO, C2 (Nova)</b>						<b>5.717,84</b>	<b>3.891,47</b>	<b>507,90</b>	<b>1.144,90</b>
Circuito Simples 69 kV, 1 x 954 MCM (GROSBEAK), 3,7 km		2029	3,7	1,1	434,17	1.606,43	1.093,31	142,69	321,66
EL (Entrada de Linha) 69 kV, Arranjo BPT	CRATO II	2029	1,0	1,0	1661,52	1.661,52	1.130,80	147,59	332,69
EL (Entrada de Linha) 69 kV, Arranjo BS	CRATO	2029	1,0	1,0	1572,70	1.572,70	1.070,35	139,70	314,91
MIM - 69 kV	CRATO II	2029	1,0	1,0	99,53	99,53	67,74	8,84	19,93
MIM - 69 kV	CRATO	2029	1,0	1,0	99,53	99,53	67,74	8,84	19,93
MIG-A	CRATO II	2029	1,0	1,0	678,13	678,13	461,52	60,24	135,78
<b>LT 69 kV CRATO II - JUAZEIRO DO NORTE, C1 (Nova)</b>						<b>9.041,00</b>	<b>6.153,16</b>	<b>803,09</b>	<b>1.810,31</b>
Circuito Simples 69 kV, 1 x 954 MCM (RAIL), 12,3 km		2029	12,3	1,1	400,78	4.929,59	3.355,00	437,88	987,07
EL (Entrada de Linha) 69 kV, Arranjo BPT	CRATO II	2029	1,0	1,0	1661,52	1.661,52	1.130,80	147,59	332,69
EL (Entrada de Linha) 69 kV, Arranjo BS	JUAZEIRO DO NORTE	2029	1,0	1,0	1572,70	1.572,70	1.070,35	139,70	314,91
MIM - 69 kV	CRATO II	2029	1,0	1,0	99,53	99,53	67,74	8,84	19,93
MIM - 69 kV	JUAZEIRO DO NORTE	2029	1,0	1,0	99,53	99,53	67,74	8,84	19,93
MIG-A	CRATO II	2029	1,0	1,0	678,13	678,13	461,52	60,24	135,78
<b>SECC LT 230 kV MILAGRES - BANABUIÚ, C3, NA SE CRATO II (Nova)</b>						<b>58.703,71</b>	<b>39.952,76</b>	<b>5.214,50</b>	<b>11.754,41</b>
Circuito Duplo 230 kV, 2 x 636 MCM (GROSBEAK), 53 km		2029	53,0	0,9	870,26	46.123,78	31.391,07	4.097,06	9.235,50
EL (Entrada de Linha) 230 kV, Arranjo BD4		2029	2,0	1,0	4961,69	9.923,38	6.753,69	881,47	1.986,99
MIM - 230 kV		2029	1,0	1,0	757,79	757,79	515,74	67,31	151,73
MIG-A		2029	1,0	1,0	1898,76	1.898,76	1.292,26	168,66	380,19



## 16.5 Resultado das Simulações

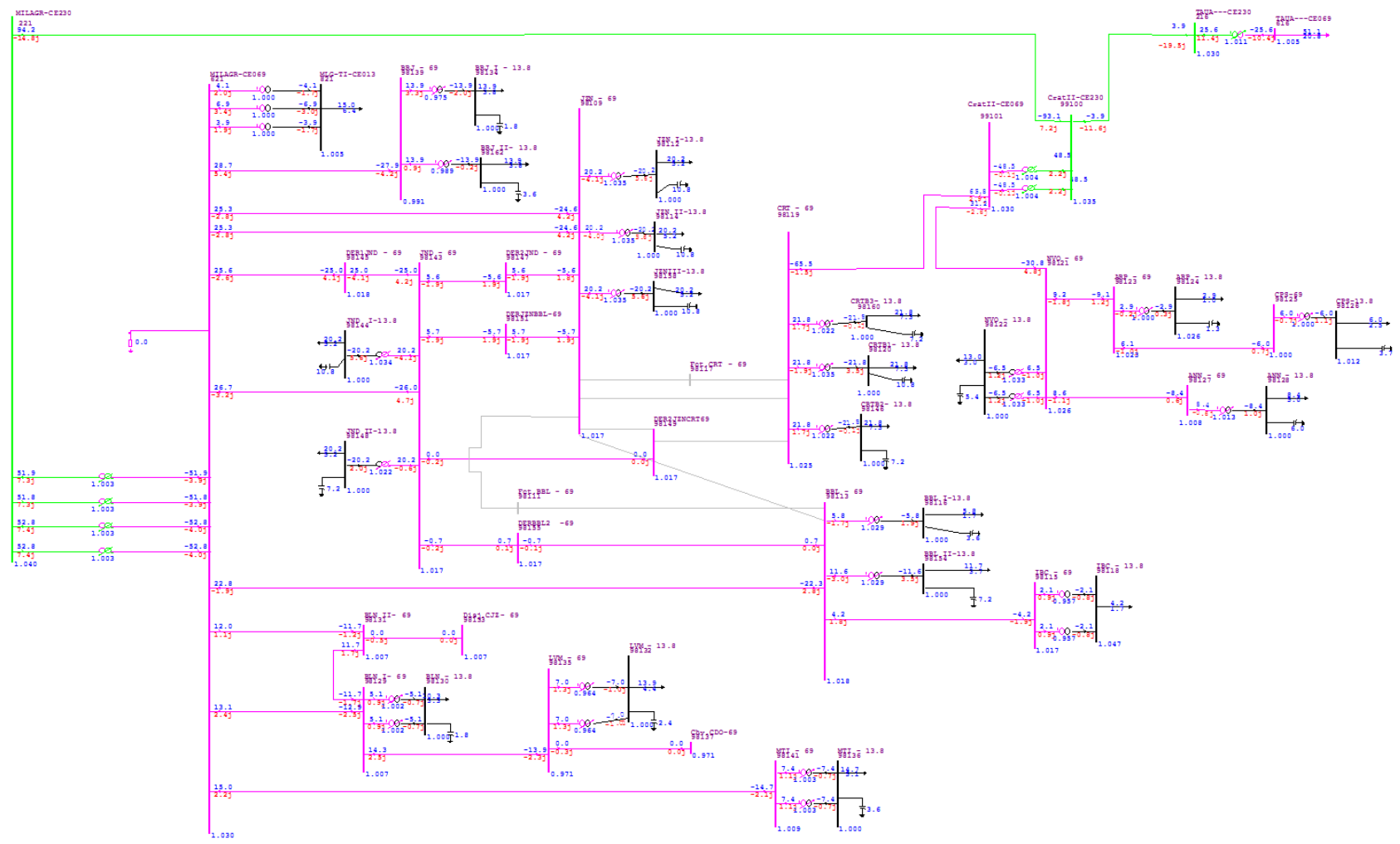


Figura 16-2 - Alternativa 1.3B - Ano 2024, carga média – Diagrama da rede de distribuição



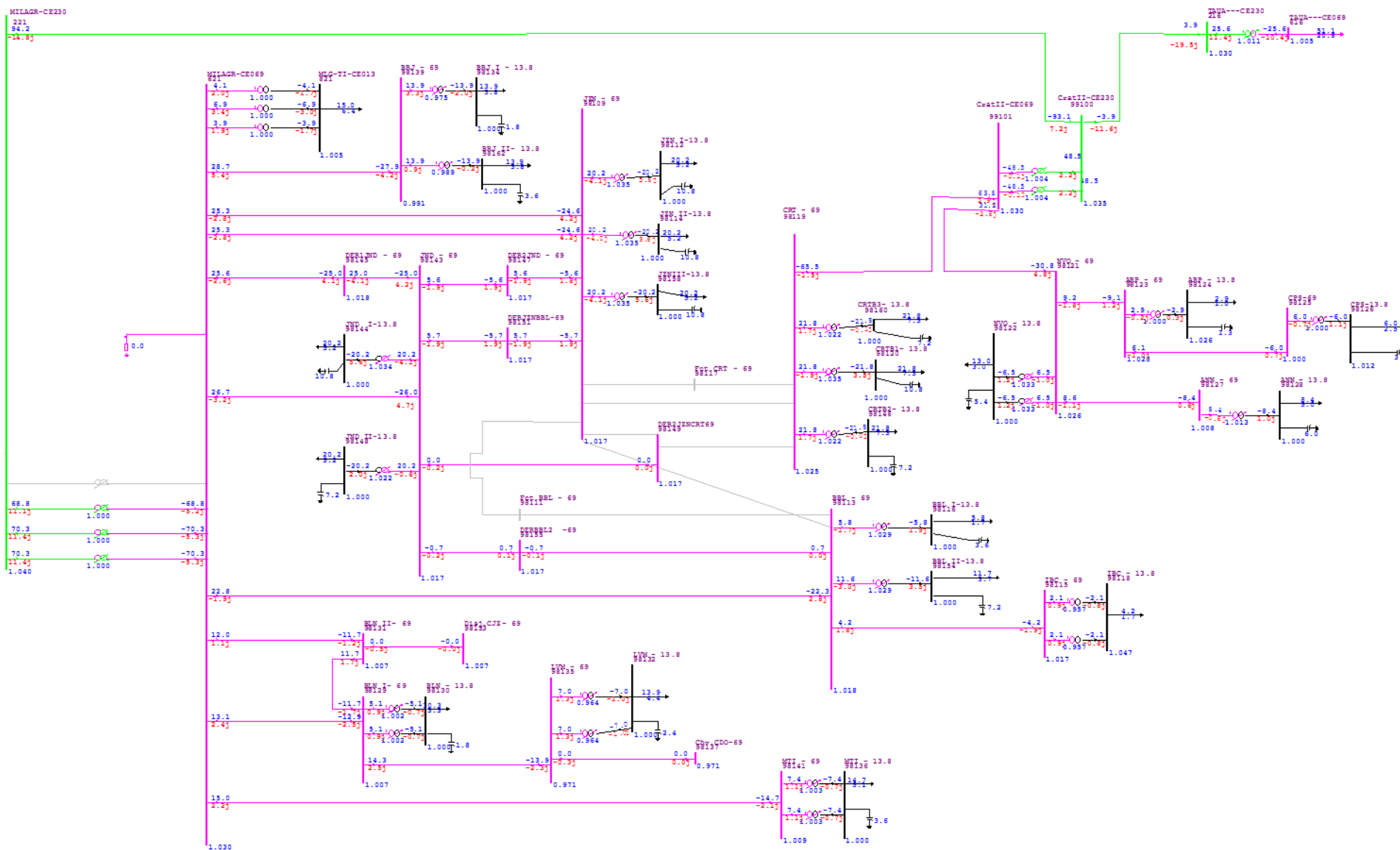


Figura 16-3 - Alternativa 1.3B - Ano 2024, carga média - Contingência de 1 TR 230/69 kV na SE Milagres

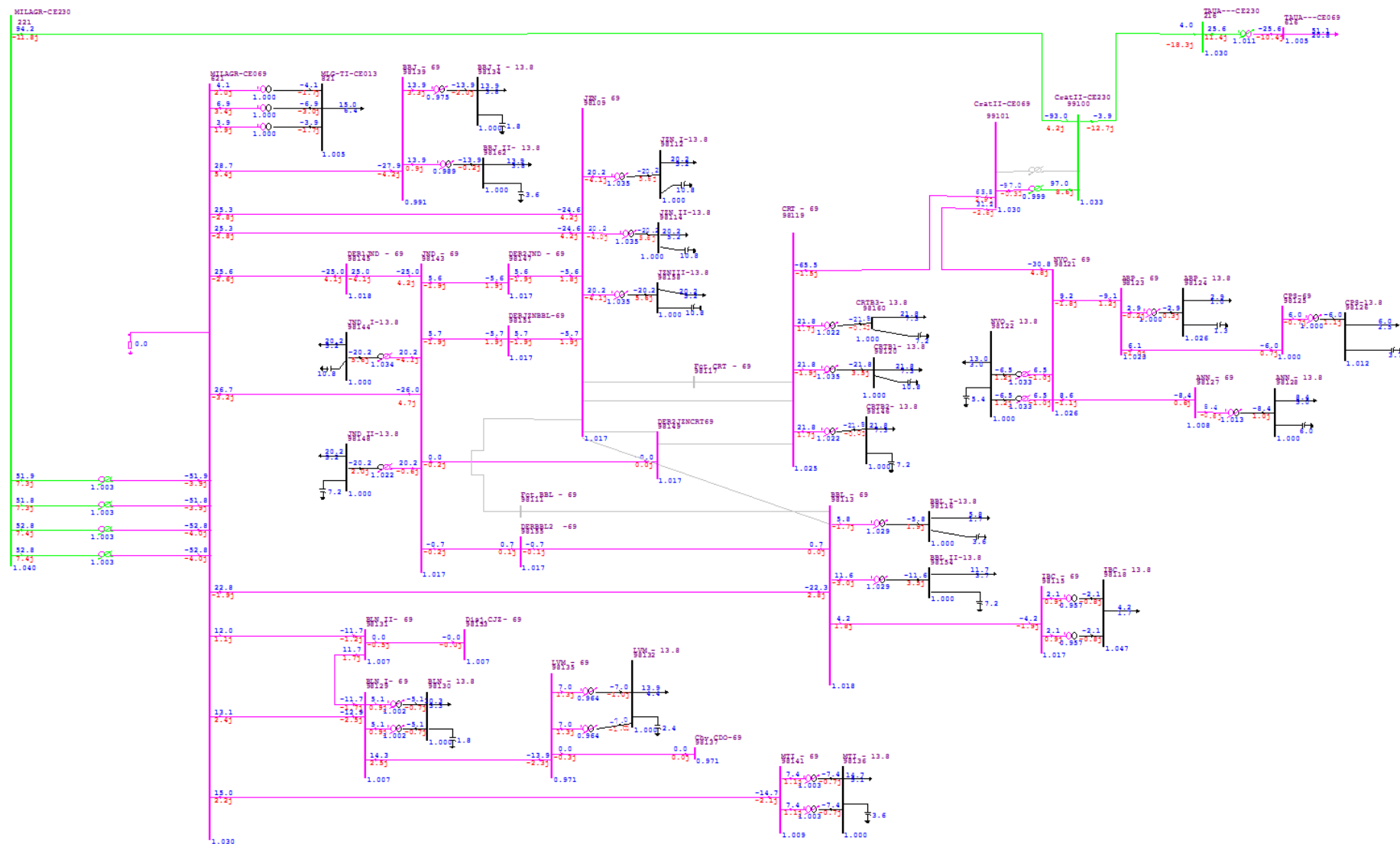


Figura 16-4 - Alternativa 1.3B – Ano 2024, carga média - Contingência de 1 TR 230/69 kV na SE Crato II

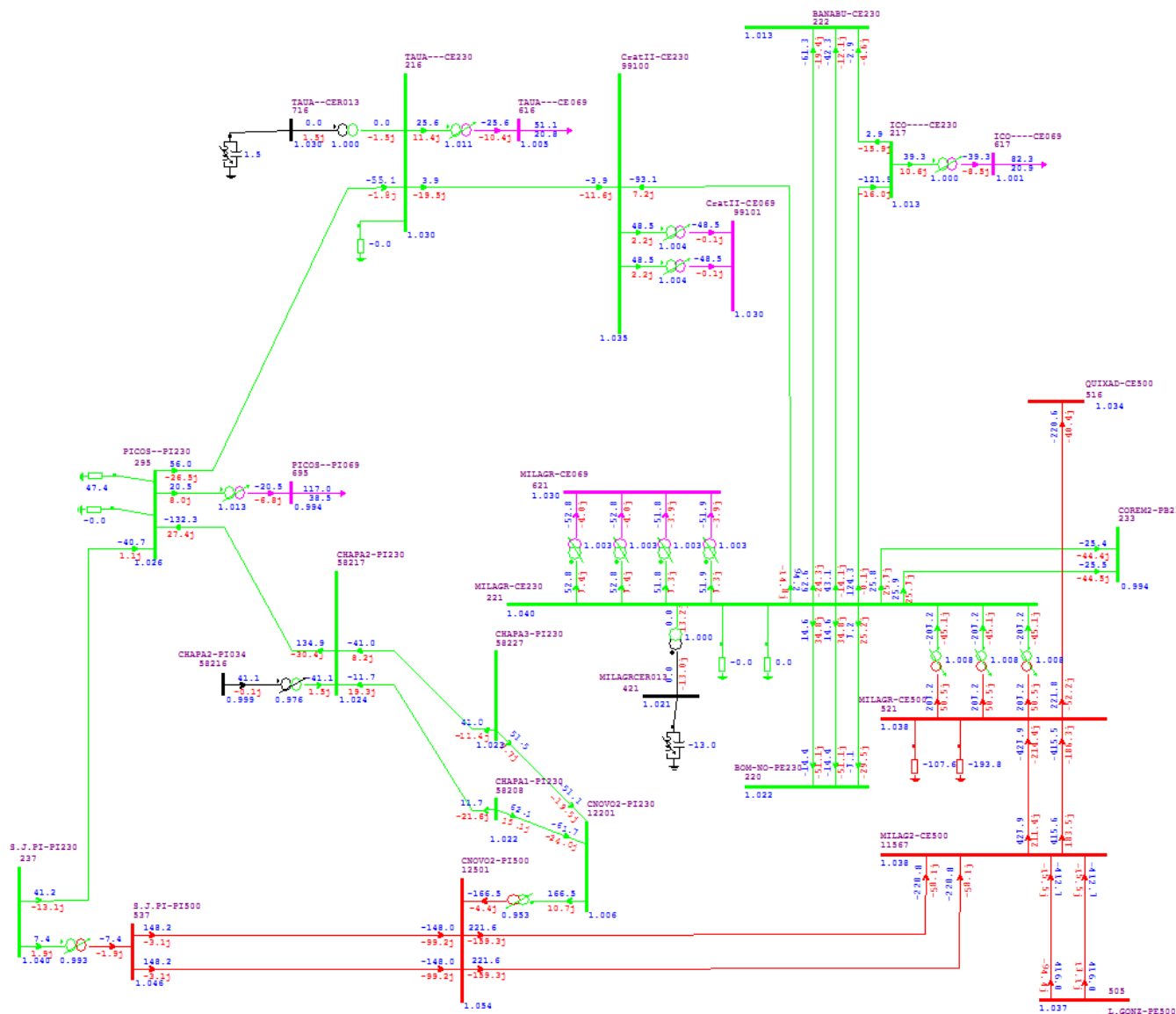


Figura 16-5 - Alternativa 1.3B - Ano 2024, carga média - Diagrama da Rede Básica

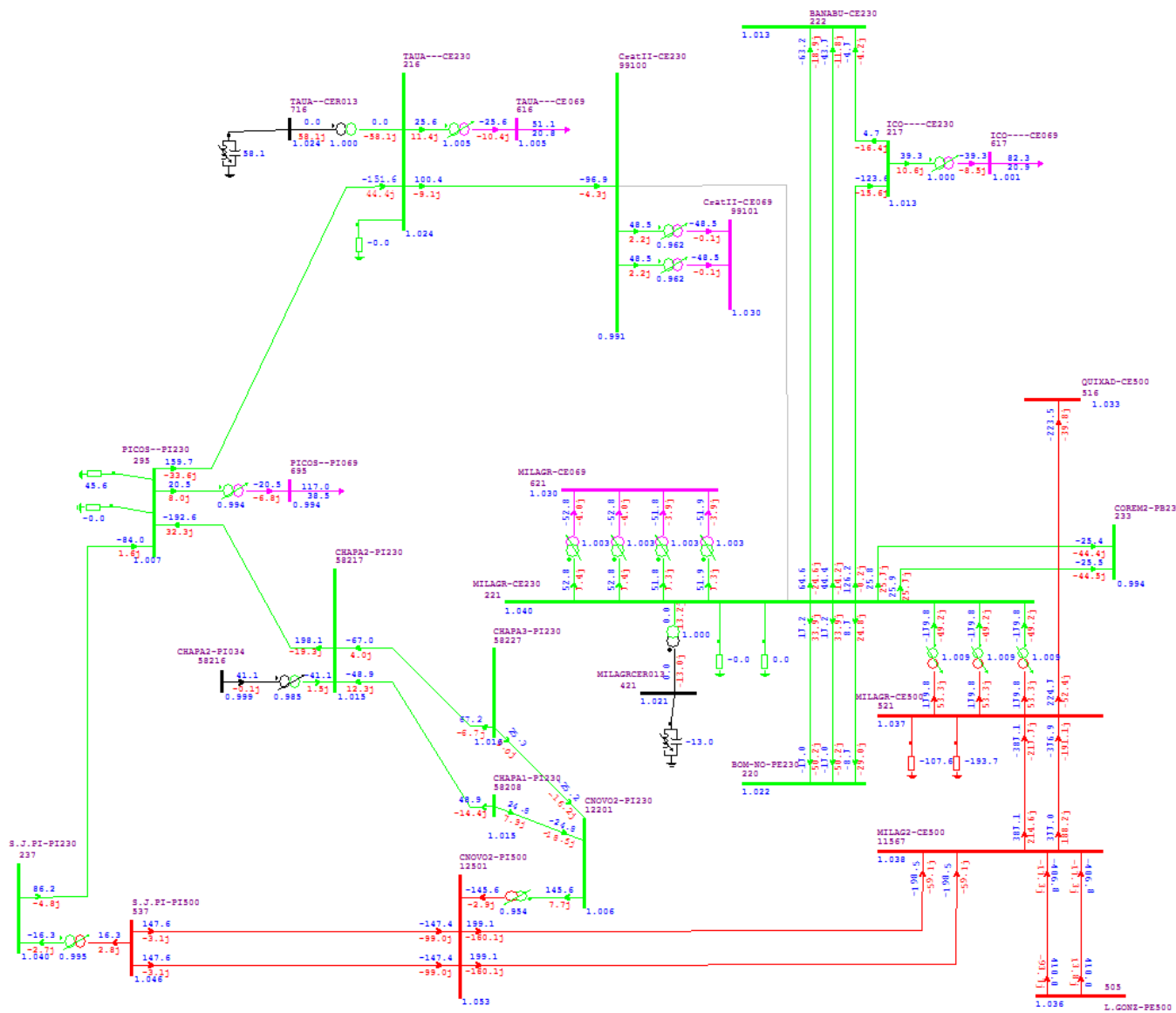


Figura 16-6 - Alternativa 1.3B - Ano 2024, carga média - Contingência da LT Milagres-Crato II

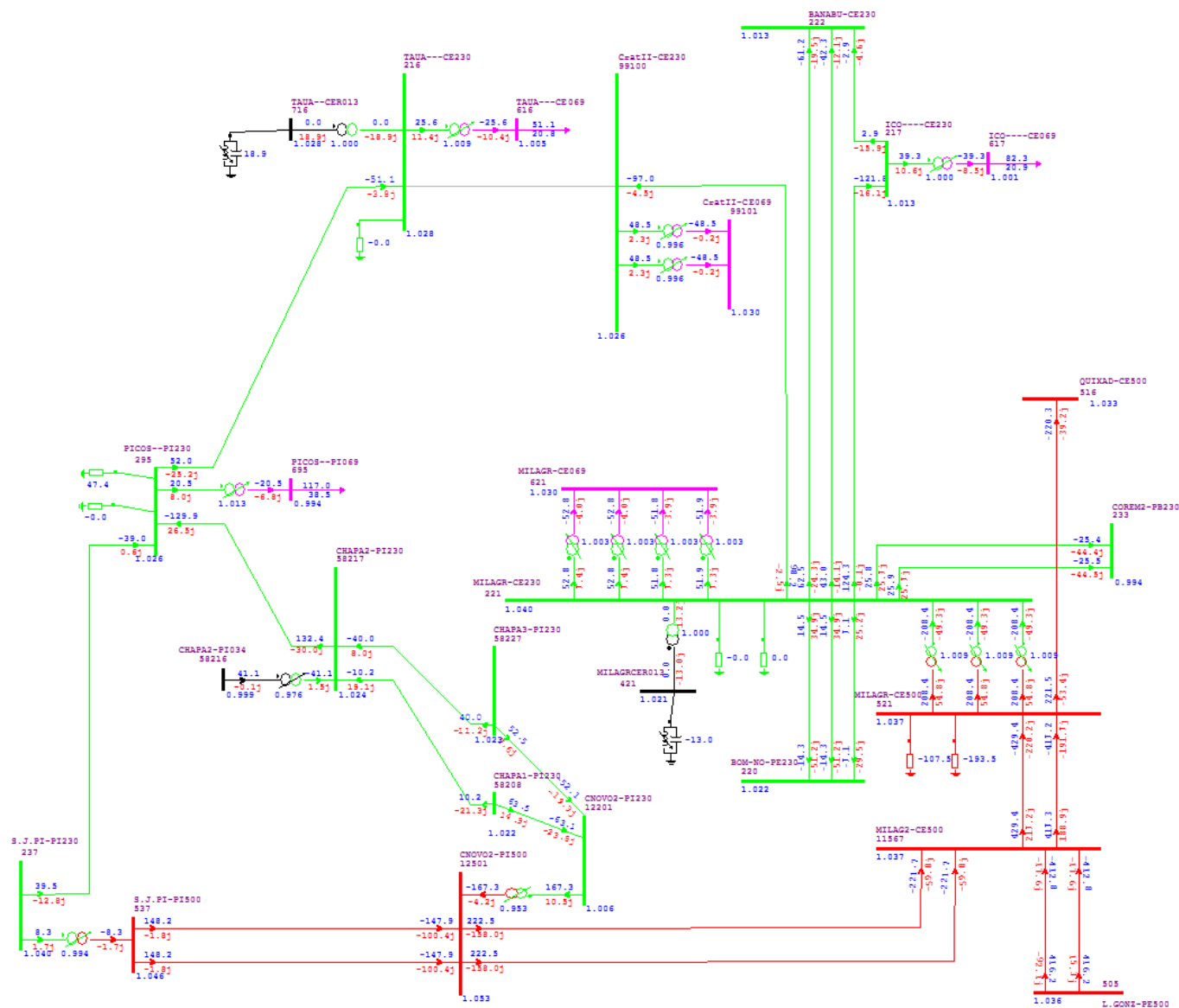


Figura 16-7 - Alternativa 1.3B - Ano 2024, carga média - Contingência da LT Tauá II-Crato II

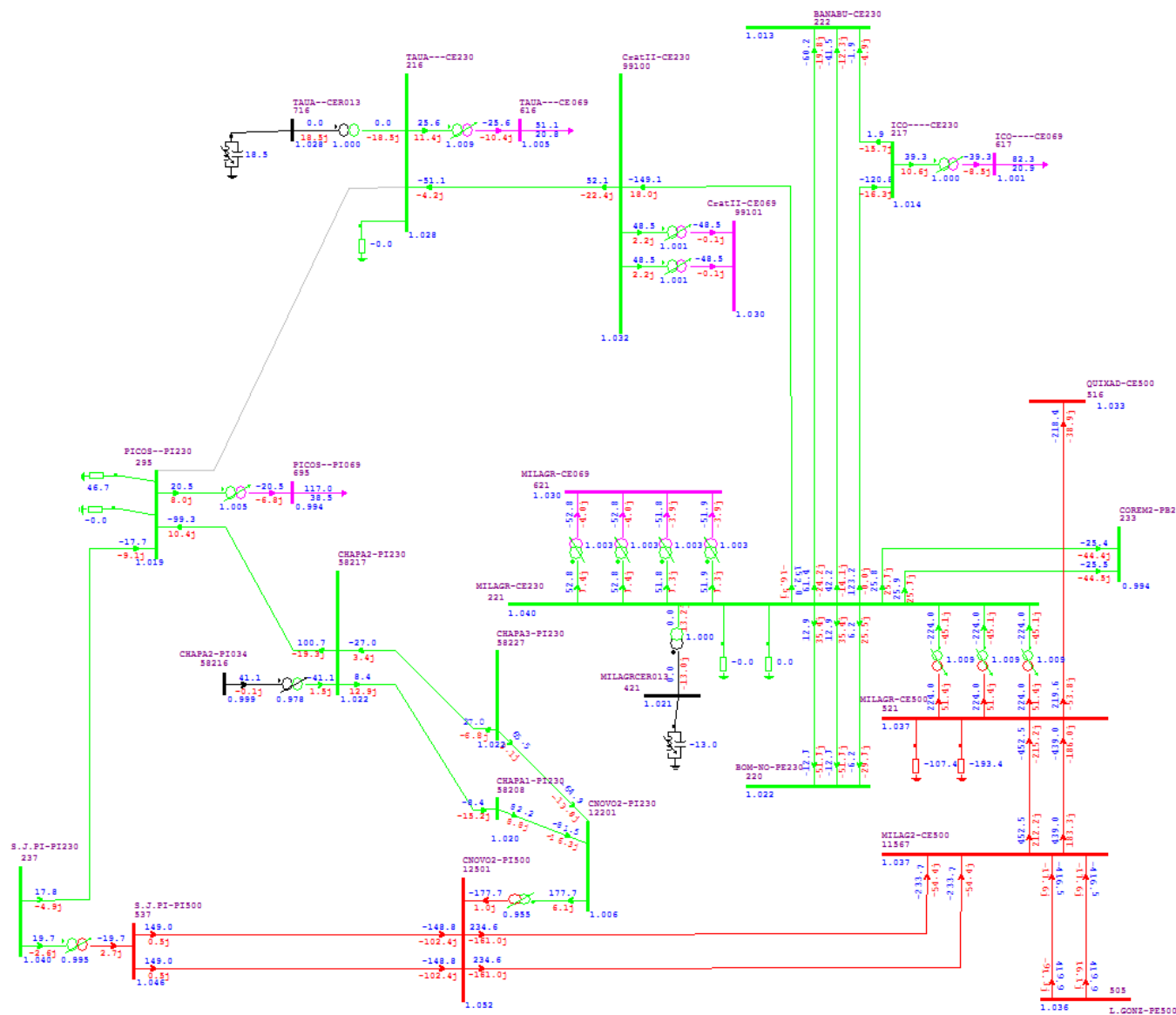


Figura 16-8 - Alternativa 1.3B - Ano 2024, carga média - Contingência da LT Picos-Tauá II

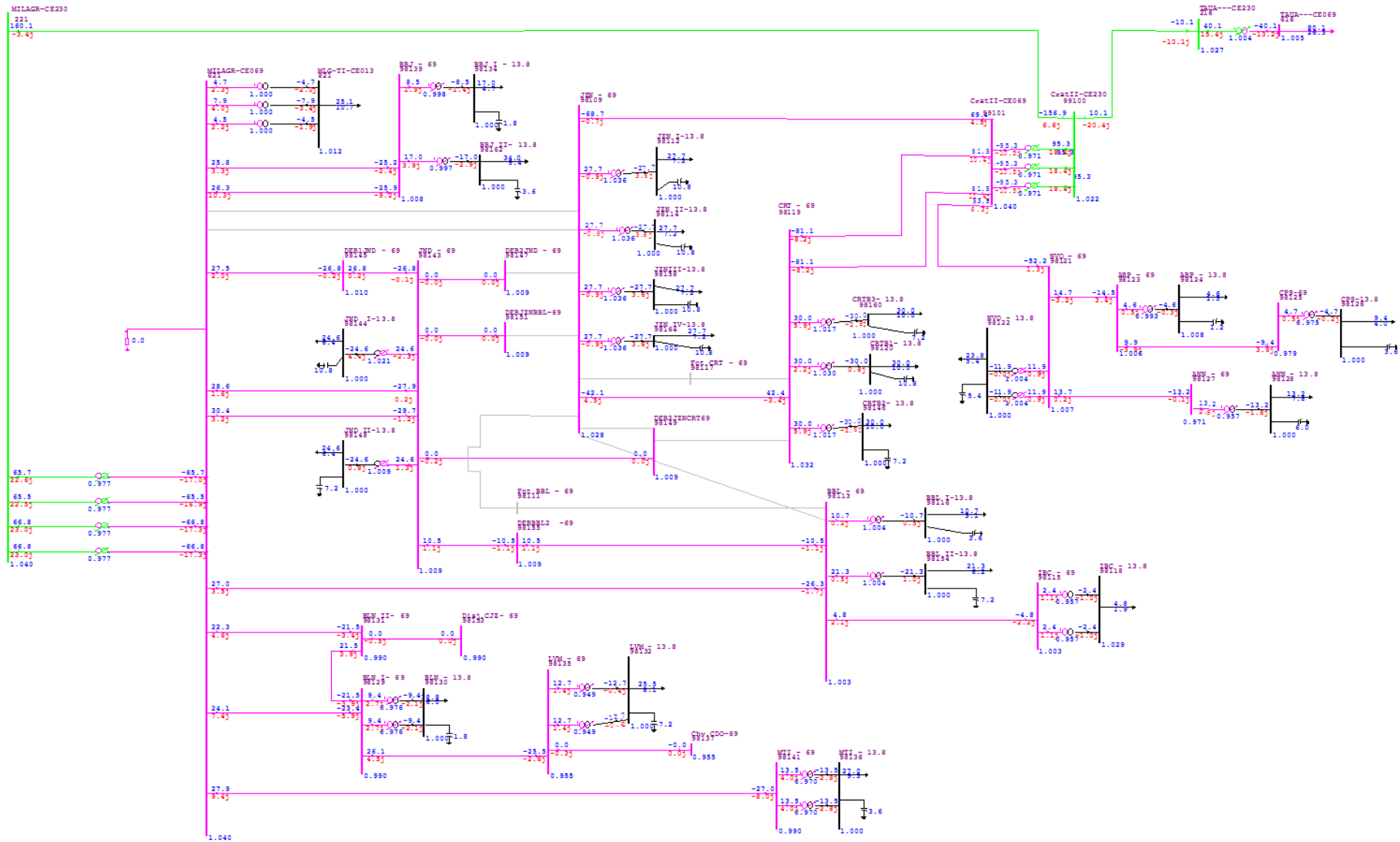


Figura 16-9 - Alternativa 1.3B - Ano 2033, carga média – Diagrama da rede de distribuição

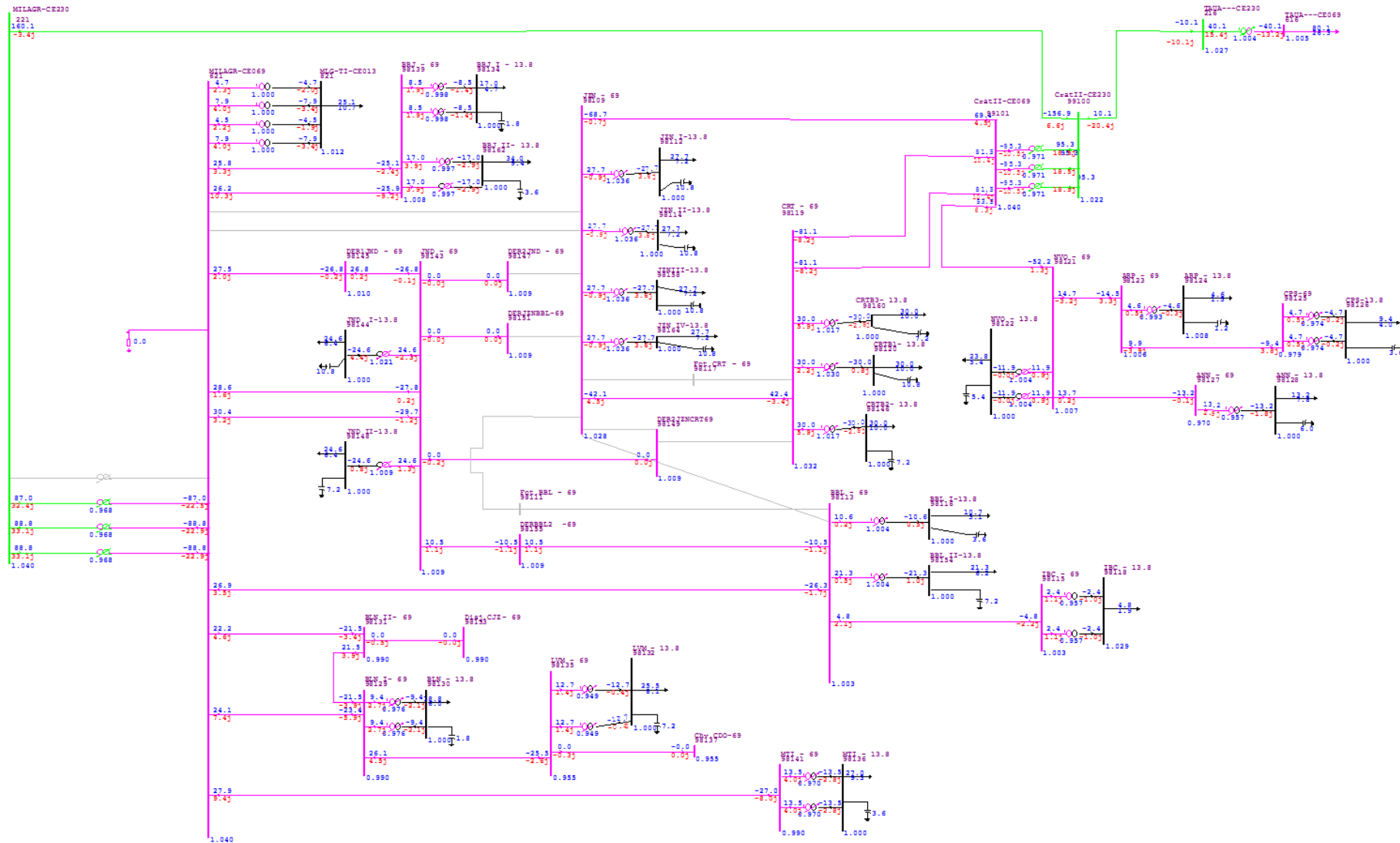


Figura 16-11 - Alternativa 1.3B - Ano 2033 – Contingência de 1 TR 230/69 kV na SE Crato II



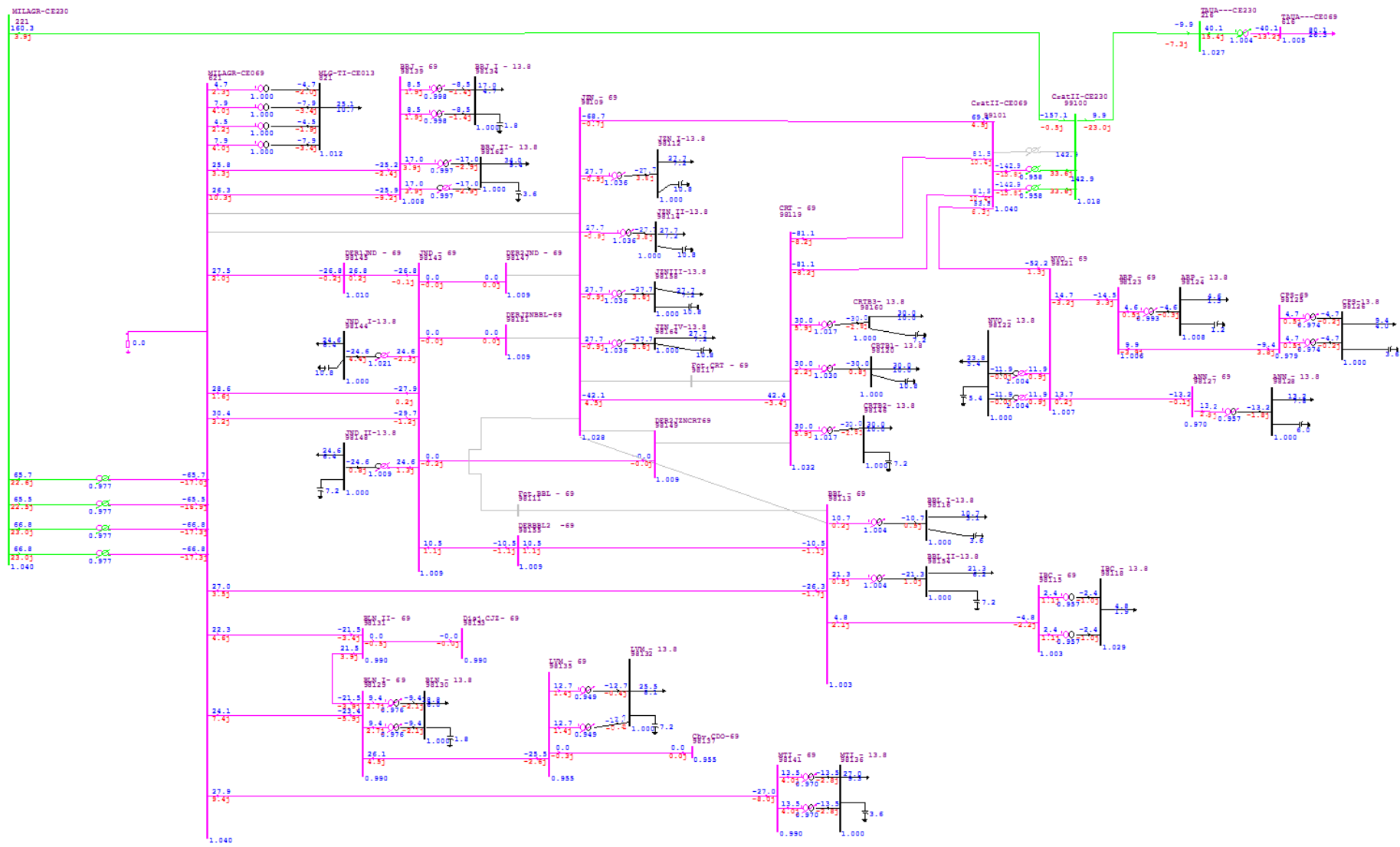


Figura 16-12 - Alternativa 1.3B - Ano 2033, carga média - Contingência de 1 TR 230/69 kV na SE Crato II

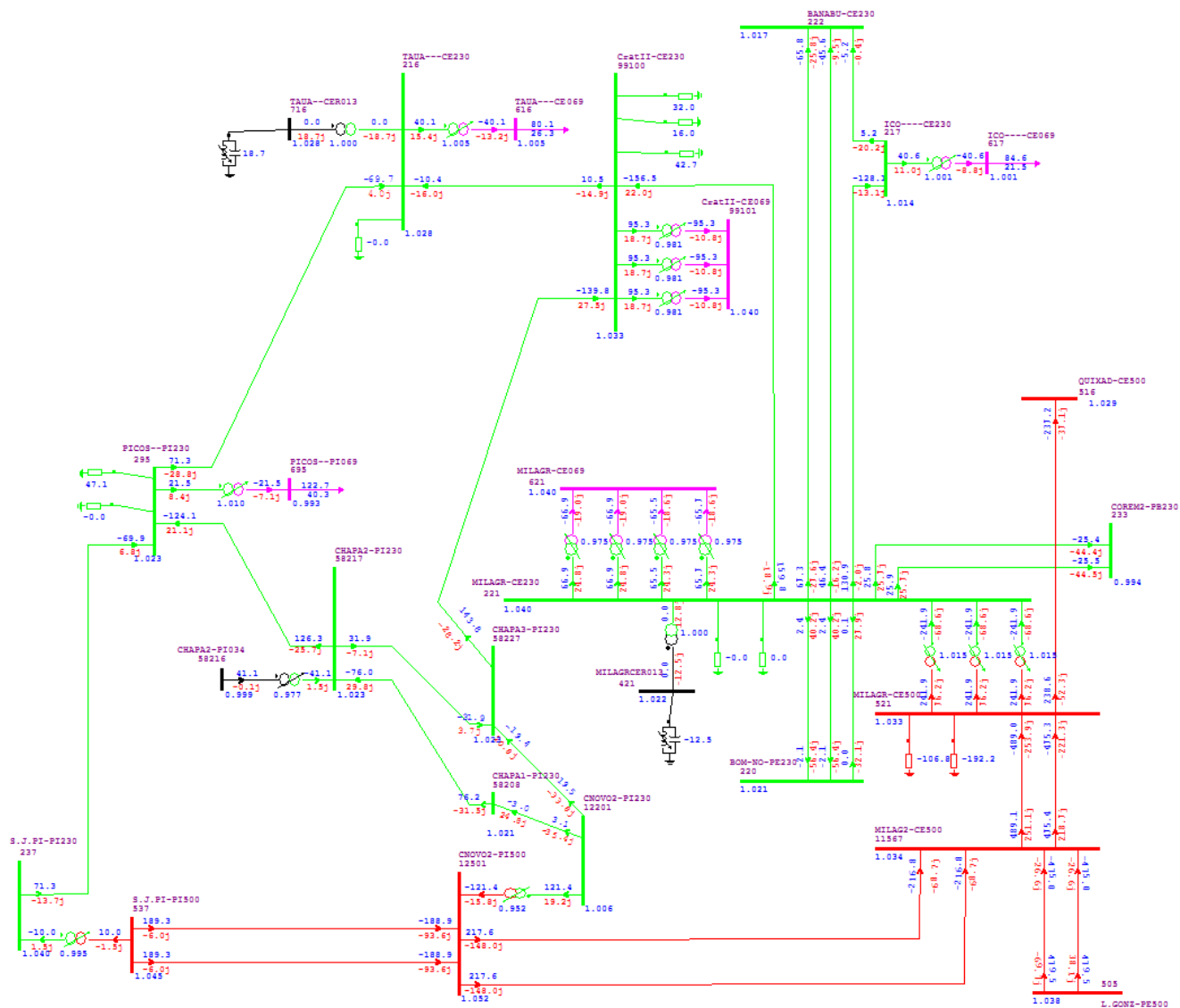


Figura 16-13 - Alternativa 1.3B - Ano 2033, carga média - Diagrama da Rede Básica

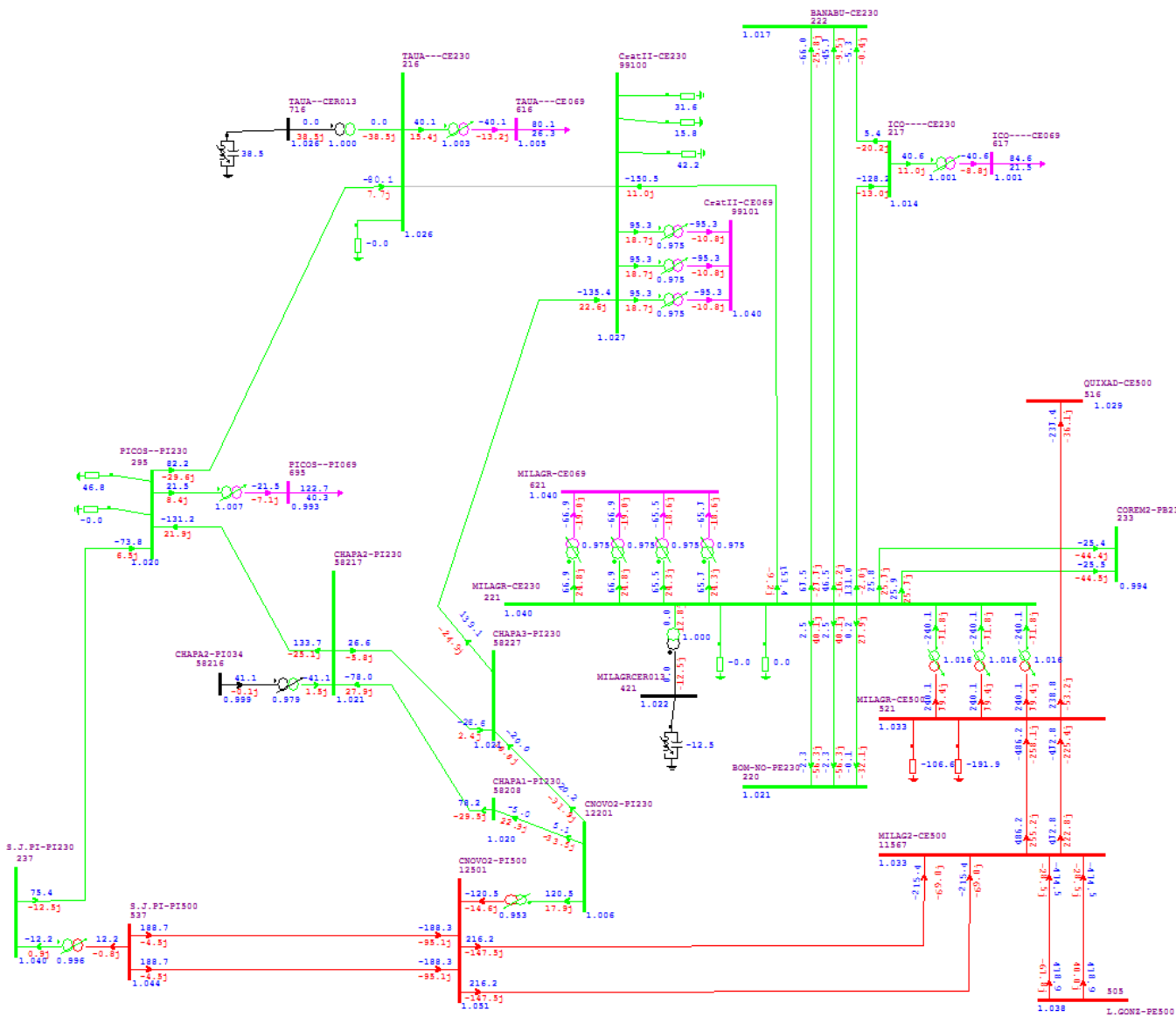


Figura 16-14 - Alternativa 1.3B - Ano 2033 carga média - Contingência da LT Tauá II-Crato II

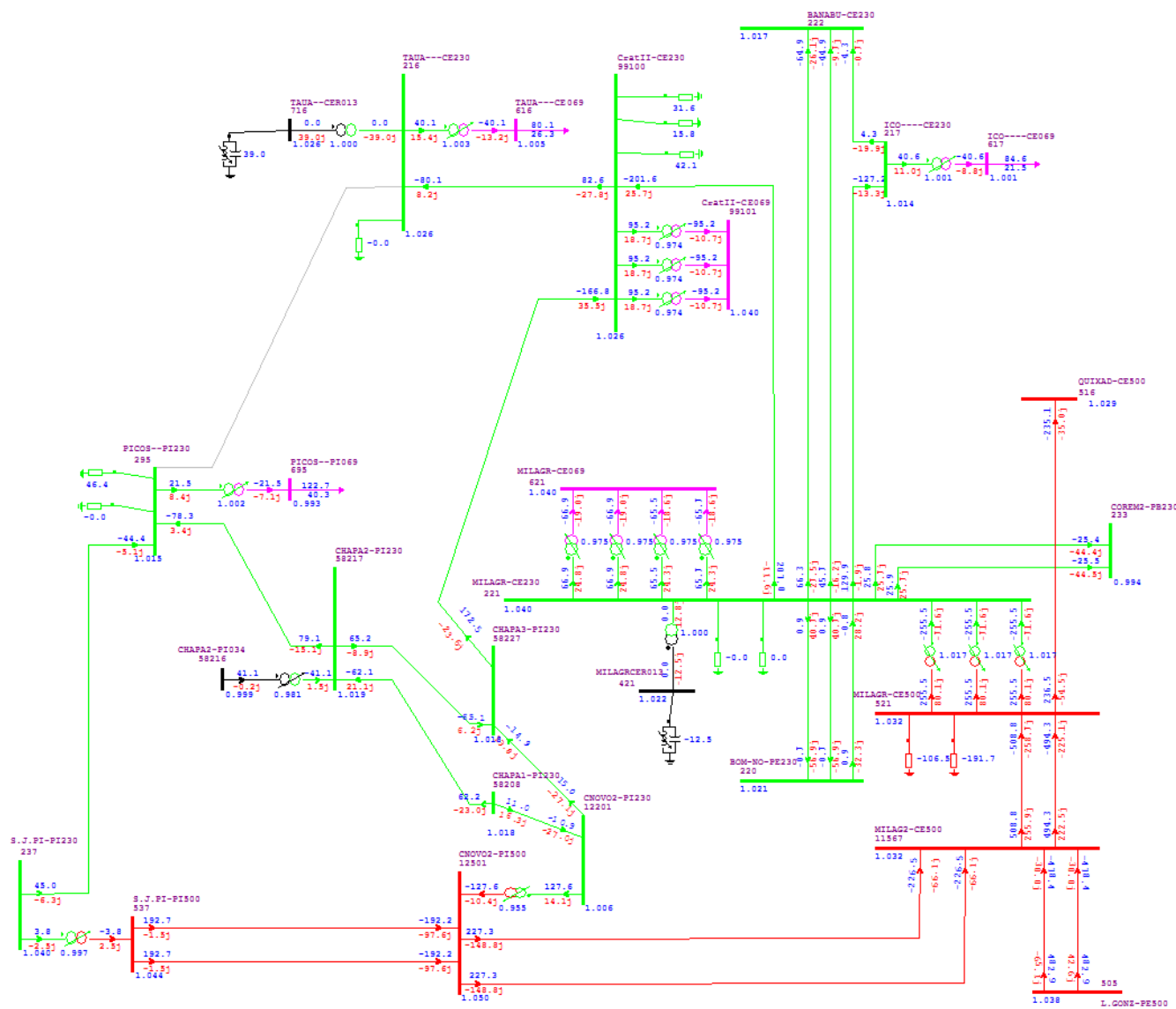


Figura 16-15 - Alternativa 1.3B - Ano 2033, carga média - Contingência da LT Picos-Tauá II

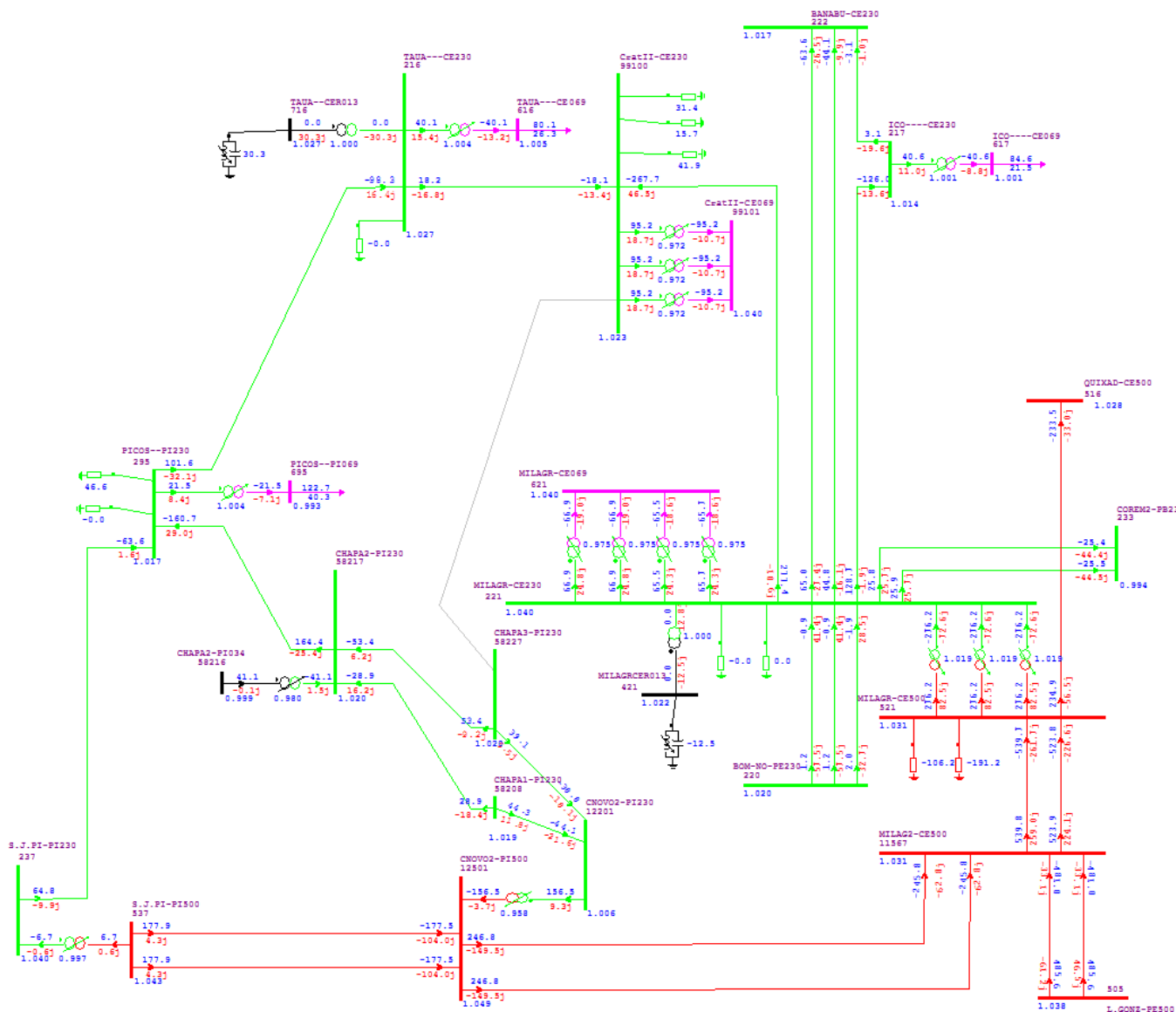


Figura 16-16 - Alternativa 1.3B - Ano 2033, carga média - Contingência da LT Chapada III-Crato II

## 16.6 Fichas PET/PELP

### Sistema Interligado da Região NORDESTE

<b>EMPREENDIMENTO:</b>	<b>UF: CE</b>
<b>SE 230 kV CRATO II (Nova)</b>	<b>DATA DE NECESSIDADE: JAN/2024</b>
	<b>DATA DE TENDÊNCIA: JAN/2024</b>

**JUSTIFICATIVA:**

REFORÇO NECESSÁRIO PARA GARANTIR O ADEQUADO ATENDIMENTO ÀS CARGAS DA REGIÃO DO SUL DO CEARÁ EM CONDIÇÃO NORMAL E CONTINGÊNCIA (N-1).

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

1° e 2° TF 230/69-13,8 kV, 2 x 150 MVA 3Φ	20.806,68
2 CT (Conexão de Transformador) 230 kV, Arranjo BD4	7.008,54
2 CT (Conexão de Transformador) 69 kV, Arranjo BPT	2.857,00
1 IB (Interligação de Barras) 230 kV, Arranjo BD4	3.007,43
1 IB (Interligação de Barras) 69 kV, Arranjo BPT	949,76
2 EL (Entrada de Linha) 69 kV, Arranjo BPT	3.323,04
MIM - 230 Kv	1.136,68
MIM - 69 kV	497,65
MIG (Terreno Rural)	7.928,14

**TOTAL DE INVESTIMENTOS PREVISTOS: 47.514,92**

**SITUAÇÃO ATUAL:**

**OBSERVAÇÕES:**

**DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA:**

- [1] Base de Referência de Preços ANEEL” – Junho/2017;
- [2] EPE-DEE-RE-031/2018-rev0, “Estudo de Atendimento às Cargas da SE Milagres”

### Sistema Interligado da Região NORDESTE

<b>EMPREENDIMENTO:</b>	<b>UF: CE</b>
<b>SECC LT 230 kV MILAGRES - TAUÁ II, C1, NA SE CRATO II (NOVA)</b>	<b>DATA DE NECESSIDADE: JAN/2024</b>
	<b>DATA DE TENDÊNCIA: JAN/2024</b>

**JUSTIFICATIVA:**

REFORÇO NECESSÁRIO PARA GARANTIR O ADEQUADO ATENDIMENTO ÀS CARGAS DA REGIÃO DO SUL DO CEARÁ EM CONDIÇÃO NORMAL E CONTINGÊNCIA (N-1).

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

Circuito Duplo 230 kV, 1 x 636 MCM (GROSBEAK), 34 km	23.841,82
2 EL (Entrada de Linha) 230 kV, Arranjo BD4	9.923,38
MIM - 230 kV	757,79
MIG-A	1.898,76

**TOTAL DE INVESTIMENTOS PREVISTOS: 36.421,75**

**SITUAÇÃO ATUAL:**

**OBSERVAÇÕES:**

**DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA:**

- [1] Base de Referência de Preços ANEEL” – Junho/2017;
- [2] EPE-DEE-RE-031/2018-rev0, “Estudo DE ATENDIMENTO ÀS CARGAS DA SE MILAGRES”

## Sistema Interligado da Região NORDESTE

<b>EMPREENHIMENTO:</b>  <b>SE 230 kV CRATO II (NOVA)</b>	<b>UF:</b> <b>CE</b>
	<b>DATA DE NECESSIDADE:</b> <b>JAN/2027</b>
	<b>DATA DE TENDÊNCIA:</b> <b>JAN/2027</b>

**JUSTIFICATIVA:**

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

1° Capacitor em Derivação 230 kV, 1 x 30 Mvar 3Φ	3.217,37
1 CCD (Conexão de Capacitor Derivação) 230 kV, Arranjo BD4	3.953,04
MIM - 230 kV	378,89

**TOTAL DE INVESTIMENTOS PREVISTOS:** **7.549,30**

**SITUAÇÃO ATUAL:**

**OBSERVAÇÕES:**

**DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA:**

- [1] Base de Referência de Preços ANEEL” – Junho/2017
- [2] EPE-DEE-RE-031/2018-rev0, “Estudo DE ATENDIMENTO ÀS CARGAS DA SE MILAGRES”



**Sistema Interligado da Região NORDESTE**

<b>EMPREENDIMENTO:</b>  <b>SE 230 kV CRATO II (NOVA)</b>	<b>UF:</b> <b>CE</b>
	<b>DATA DE NECESSIDADE:</b> <b>JAN/2028</b>
	<b>DATA DE TENDÊNCIA:</b> <b>JAN/2028</b>

**JUSTIFICATIVA:**

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

2° Capacitor em Derivação 230 kV, 1 x 30 Mvar 3Φ	3.217,37
1 CCD (Conexão de Capacitor Derivação) 230 kV, Arranjo BD4	3.953,04
MIM - 230 kV	378,89

**TOTAL DE INVESTIMENTOS PREVISTOS:** **7.549,30**

**SITUAÇÃO ATUAL:**

**OBSERVAÇÕES:**

**DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA:**

- [1] Base de Referência de Preços ANEEL” – Junho/2017.
- [2] EPE-DEE-RE-031/2018-rev0, “Estudo de Atendimento às Cargas da SE Milagres”

## Sistema Interligado da Região NORDESTE

<b>EMPREENDIMENTO:</b>  <b>SE 230 kV CRATO II (NOVA)</b>	<b>UF:</b> <b>CE</b>
	<b>DATA DE NECESSIDADE:</b> <b>JAN/2029</b>
	<b>DATA DE TENDÊNCIA:</b> <b>JAN/2029</b>

**JUSTIFICATIVA:**

REFORÇO NECESSÁRIO PARA GARANTIR O ADEQUADO ATENDIMENTO ÀS CARGAS DA REGIÃO DO SUL DO CEARÁ EM CONDIÇÃO NORMAL E CONTINGÊNCIA (N-1).

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

3° TF 230/69 kV, 1 x 150 MVA 3Φ	10.403,34
1 CT (Conexão de Transformador) 230 kV, Arranjo BD4	3.504,27
1 CT (Conexão de Transformador) 69 kV, Arranjo BPT	1.428,50
2 EL (Entrada de Linha) 69 kV, Arranjo BPT	3.323,04
MIM - 230 kV	378,89
MIM - 69 kV	298,59

**TOTAL DE INVESTIMENTOS PREVISTOS:** **19.336,63**

**SITUAÇÃO ATUAL:**

**OBSERVAÇÕES:**

**DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA:**

- [1] Base de Referência de Preços ANEEL” – Junho/2017.
- [2] EPE-DEE-RE-031/2018-rev0, “Estudo DE ATENDIMENTO ÀS CARGAS DA SE MILAGRES”

## Sistema Interligado da Região NORDESTE

<b>EMPREENDIMENTO:</b>  LT 230 kV CHAPADA III - CRATO II, C1 (Nova)	<b>UF:</b> PI/CE
	<b>DATA DE NECESSIDADE:</b> JAN/2029
	<b>DATA DE TENDÊNCIA:</b> JAN/2029

### JUSTIFICATIVA:

REFORÇO NECESSÁRIO PARA GARANTIR O ADEQUADO ATENDIMENTO ÀS CARGAS DA REGIÃO DO SUL DO CEARÁ EM CONDIÇÃO NORMAL E CONTINGÊNCIA (N-1).

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

Circuito Simples 230 kV, 1 x 954 MCM (RAIL), 168 km	152.508,72
1 EL (Entrada de Linha) 230 kV, Arranjo BD4	10.133,54
1 EL (Entrada de Linha) 230 kV, Arranjo BD4	10.133,54
MIM - 230 kV	950,01
MIM - 230 kV	950,01
MIG-A	2817,00

**TOTAL DE INVESTIMENTOS PREVISTOS:** 177.492,82

### SITUAÇÃO ATUAL:

### OBSERVAÇÕES:

### DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA:

- [1] Base de Referência de Preços ANEEL –Março/2022.
- [2] EPE-DEE-RE-031/2018-rev1, “Estudo DE ATENDIMENTO ÀS CARGAS DA SE MILAGRES”

### Sistema Interligado da Região NORDESTE

<b>EMPREENHIMENTO:</b>  <b>SE 230 kV CRATO II (NOVA)</b>	<b>UF:</b> <b>CE</b>
	<b>DATA DE NECESSIDADE:</b> <b>JAN/2032</b>
	<b>DATA DE TENDÊNCIA:</b> <b>JAN/2032</b>

**JUSTIFICATIVA:**

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

3° Capacitor em Derivação 230 kV, 1 x 30 Mvar 3Φ	3.217,37
1 CCD (Conexão de Capacitor Derivação) 230 kV, Arranjo BD4	3.953,04
MIM - 230 kV	378,89

**TOTAL DE INVESTIMENTOS PREVISTOS:** **7.549,30**

**SITUAÇÃO ATUAL:**

**OBSERVAÇÕES:**

**DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA:**

- [1] Base de Referência de Preços ANEEL” – Junho/2017.
- [2] EPE-DEE-RE-031/2018-rev0, “Estudo de Atendimento às Cargas da SE Milagres”

## 16.7 Tabela de Comparação R1 x R4

ANÁLISE CRÍTICA DO RELATÓRIO R4 <i>Empreendimento: SE Crato II 230/69 kV</i>			
Característica da Instalação	Recomendações R1	Considerações do R4	Justificativas em Caso de Alterações no R4
Área mínima do terreno da subestação (m <sup>2</sup> )	174x200=51.360		
Quantitativo de <i>bays</i> planejados e futuros por nível de tensão	<i>Planejados:</i> Setor 230 kV: 3 CT (230/69) + 3 EL + 1 IB + 3 CCD Setor 69 kV: 3 CT (230/69) + 4 EL + 1 IB  <i>Futuros:</i> Setor 230 kV: 1 CT (230/69) + 6 EL Setor 69 kV: 1 CT (230/69) + 6 EL		
Capacidade de interrupção simétrica nominal dos disjuntores (kA)	Setor de 230 kV: 50 kA Setor de 69 kV: 31,5 kA		
OBSERVAÇÕES			

## **NOTA TÉCNICA EPE/DEA/SMA 013/2018-REV.01**



Empresa de Pesquisa Energética

NOTA TÉCNICA EPE/DEA/SMA  
013/2018-REV.01

**Análise Socioambiental  
do Estudo de Atendimento à região  
de Milagres e Crato/CE**

**(Relatório R1 – Rev.01)**

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA





**GOVERNO FEDERAL**  
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA  
MME/SPE

**Ministério de Minas e Energia**

**Ministro**  
Alexandre Silveira de Oliveira

**Secretaria Executiva**  
vago

**Secretaria de Planejamento e Transição Energética**  
Thiago Vasconcelos Barral Ferreira



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**  
Angela Livino (interina)

**Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais**  
Giovani Vitória Machado

**Diretor de Estudos de Energia Elétrica**  
Giovani Vitória Machado (interino)

**Diretor de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustível**  
Heloísa Borges Esteves

**Diretor de Gestão Corporativa**  
Angela Livino

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

**Sede**  
Esplanada dos Ministérios Bloco "U" - Ministério de Minas e Energia - Sala 744 - 7º andar  
Brasília – DF – CEP: 70.065-900  
**Escritório Central**  
Praça Pio X, nº 54 – 5º Andar  
Rio de Janeiro – RJ – CEP: 20090-003

NOTA TÉCNICA EPE/DEA/SMA  
013/2018-REV.01

## **Análise Socioambiental do Estudo de Atendimento à região de Milagres e Crato/CE**

**(Relatório R1 – Rev.01)**

**Coordenação Geral**  
Angela Livino (interina)

**Coordenação Executiva**  
Elisângela Medeiros de Almeida

**Equipe Técnica**  
Daniel Filipe Silva  
Clayton Borges da Silva  
Mariana Lucas Barroso  
Kátia Gisele Matosinho  
Paula Cunha Coutinho de Andrade

NT EPE-DEA-SMA 013/2018-REV01  
23 de fevereiro de 2023



(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso - “*double sided*”)

## IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO E REVISÕES

<i>EXECUÇÃO</i>  Empresa de Pesquisa Energética		
<i>PROJETO</i> <b>ESTUDOS PARA A EXPANSÃO DA TRANSMISSÃO</b>		
<i>ÁREA DE ESTUDO</i> <b>ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL</b>		
<i>NOTA TÉCNICA</i> <b>NT DEA 13/2018</b>		
<i>PRODUTO</i> <b>ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL DO ESTUDO DE SUPRIMENTO À REGIÃO DE MILAGRES E CRATO/CE</b>		
<i>REVISÕES</i>	<i>DATA</i>	<i>DESCRIÇÃO SUCINTA</i>
<b>Rev0</b>	<b>22/06/2018</b>	<b>Emissão Original</b>
<b>Rev01</b>	<b>23/02/2023</b>	<b>Inclusão da análise socioambiental da LT Chapada III – Crato II</b>

## SUMÁRIO

<b>SIGLÁRIO</b>	<b>6</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>8</b>
<b>2 PROCEDIMENTOS</b>	<b>10</b>
2.1 BASE DE DADOS UTILIZADA	12
<b>3 CARACTERIZAÇÃO DOS EMPRENDIMENTOS PLANEJADOS</b>	<b>14</b>
3.1 SUBESTAÇÃO CRATO II 230/69 kV	14
3.2 CORREDOR DO SECCIONAMENTO DA LT 230 kV MILAGRES - TAUÁ II NA SE CRATO II	19
3.3 LT 230 kV CHAPADA III - CRATO II - C1, CS	29
<b>4 REFERÊNCIAS</b>	<b>46</b>
<b>APÊNDICES</b>	<b>49</b>

## SIGLÁRIO

Anac	Agência Nacional de Aviação Civil
Aneel	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANM	Agência Nacional de Mineração
APA	Área de Proteção Ambiental
APP	Área de Preservação Permanente
CAR	Cadastro Ambiental Rural
Cecav	Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas
Conama	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CNPMS	Embrapa Milho e Sorgo
CNSA	Cadastro Nacional de Sítios Arqueológicos
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
C1	1º circuito
C2	2º circuito
CD	Circuito duplo
CS	Circuito simples
DRO	Despacho de recebimento de requerimento de outorga
DUP	Declaração de utilidade pública
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ESEC	Estação Ecológica
FCP	Fundação Cultural Palmares
Funai	Fundação Nacional do Índio
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
Iphan	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
Incra	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
LT	Linha de Transmissão
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério de Minas e Energia
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
PA	Projeto de Assentamento Rural
Parest	Parque Estadual
Parna	Parque Nacional

PNM	Parque Natural Municipal
PBZPA	Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromo
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
R1	Viabilidade técnico-econômica e socioambiental
R2	Detalhamento técnico da alternativa de referência
R3	Definição da diretriz de traçado e análise socioambiental para linhas de transmissão e subestações
R4	Caracterização do sistema de transmissão
R5	Estimativa de Custos fundiários
RPPN	Reserva Particular do Patrimônio Natural
SE	Subestação de Energia
Sigel	Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico
SMA	Superintendência de Meio Ambiente
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
STE	Superintendência de Transmissão de Energia Elétrica
TI	Terra Indígena
TQ	Terra Quilombola
UFV	Usina Fotovoltaica
UHE	Usina Hidrelétrica
UC	Unidade de Conservação
UTE	Usina Termelétrica

## 1 INTRODUÇÃO

Esta Nota Técnica (NT) é a revisão nº 1 da NT DEA 013-18, emitida em junho de 2018, e apresenta a análise dos aspectos socioambientais, elaborada pela Superintendência de Meio Ambiente (SMA) da EPE, do conjunto de empreendimentos que constituem a alternativa de transmissão selecionada para atendimento da região Milagres e Crato/CE. O objeto desta revisão é a inclusão da análise socioambiental de uma LT de 230kV interligando as subestações de Crato II (em implantação) e Chapada III (em operação), que teve sua data de necessidade antecipada pelo ONS (2022). O presente estudo abrange o sul do estado do Ceará (CE) e Piauí (PI).

A avaliação técnico-econômica da alternativa de expansão está apresentada no **Relatório R1 EPE-DEE-RE-031/2018-rev1: Estudo de Atendimento às Cargas da SE Milagres** ao qual esta nota técnica está vinculada.

A seguir são apresentados os três empreendimentos planejados e contemplados neste estudo (Tabela 1 e Tabela 2). Destaca-se que desses empreendimentos, a **SE 230/69 kV Crato II** e o seccionamento da **LT 230 kV Milagres – Tauá II C1 CD** já foram licitados e estão em fase de construção.

*Tabela 1 - Linhas de Transmissão planejadas no estudo*

LT planejada	Tensão (kV)	Nº de circuitos	Extensão do eixo do corredor estudado (km)
Seccionamento da LT 230 kV Milagres - Tauá II na SE planejada Crato II (Em construção)	230	2 CD	34
LT 230kV Chapada III - Crato II	230	1 CS	168

*Tabela 2 – Subestações do estudo*

Subestação	Situação	Município/UF
SE Crato II 230/69 kV (em construção)	Planejada (em obra)	Crato/CE
SE Chapada III	Operação	Caldeirão Grande do Piauí/PI

A Figura 1 apresenta o traçado esquemático da interligação planejada nesta revisão e a localização das SEs Chapada III e Crato II.

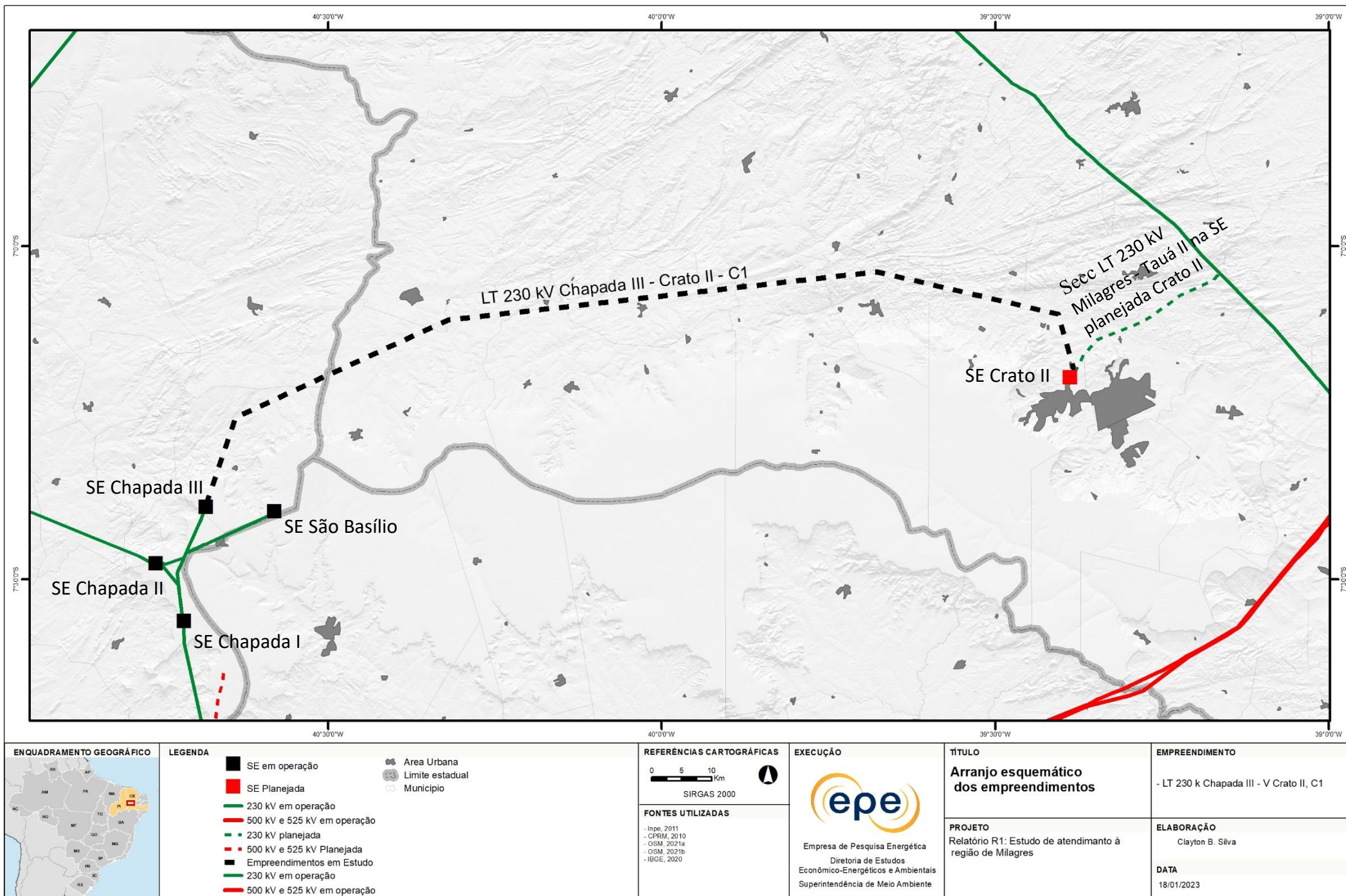


Figura 1 – Localização referencial dos empreendimentos existentes e planejados no estudo

## 2 PROCEDIMENTOS

Nos relatórios R1, as análises socioambientais têm caráter preliminar e focam na região de ocorrência dos empreendimentos para a definição de corredores de estudo para LTs e de áreas referenciais circulares para SEs, utilizando dados secundários como base.

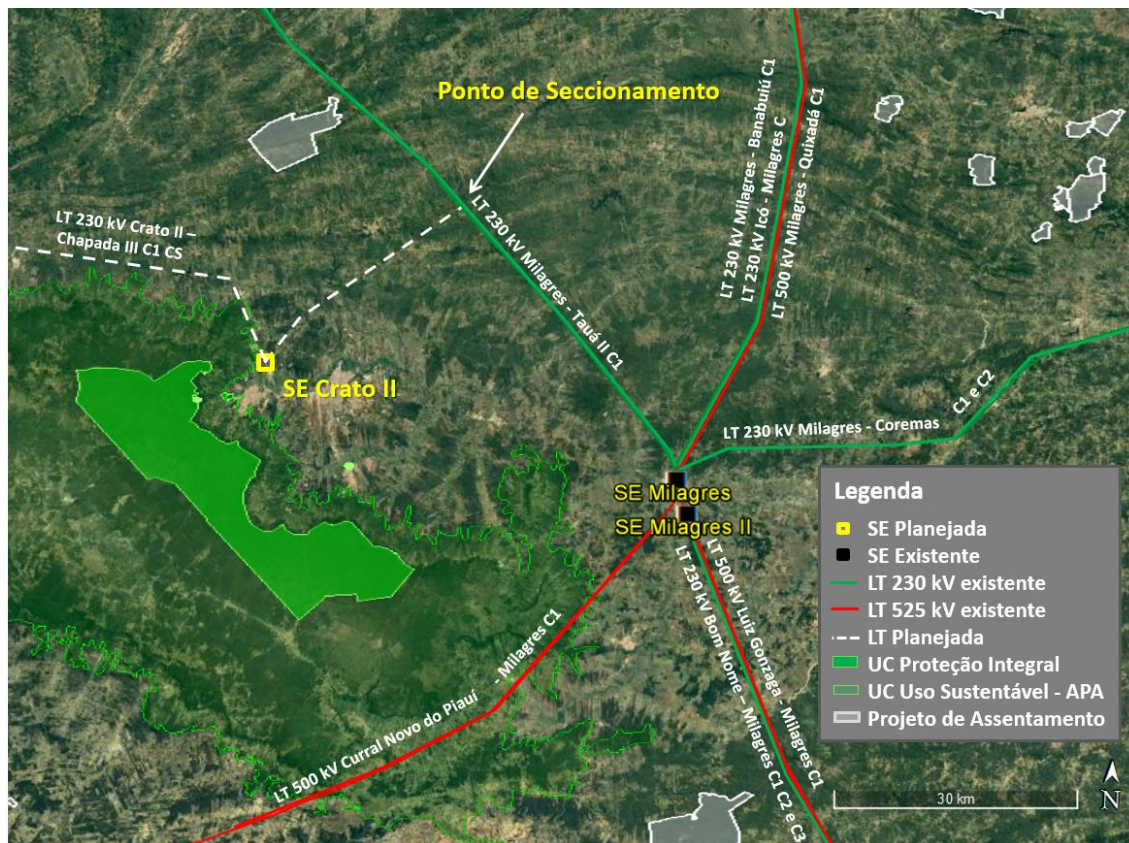
Com o auxílio de imagens de satélite e de ferramentas de Sistema de Informações Geográficas (SIG), foram localizadas as subestações e as linhas de transmissão e distribuição existentes na área de estudo, bem como levantadas as áreas promissoras para implantação da subestação planejada.

Por meio de informações coletadas em escritório a partir de imagens de satélite disponíveis no aplicativo Google Earth Pro e de bases cartográficas dos temas mais relevantes do ponto de vista socioambiental foram definidas as melhores alternativas de linha de transmissão e regiões aptas para instalação da SE planejada Crato II.

Os procedimentos específicos adotados para a delimitação do corredor da **LT Crato II – Chapada III**, objeto da revisão desta nota técnica, são descritos no item 3.3.

A Figura 2 apresenta as linhas de transmissão e subestação existentes na região de Milagres, bem como a nova SE 230/69kV Crato II que se ligará ao SIN por meio do seccionamento da LT 230kV Milagres – Tauá II e pela LT 230kV Chapada III - Crato II C1, CS.





(Fonte: MMA, 2017; EPE, 2017; Incra, 2017a Google Earth Pro, 2017)

Figura 2 - Localização proposta para a SE Crato II (atualmente em implantação) no contexto do sistema existente

Ao traçar os corredores procurou-se desviá-los de locais com maior sensibilidade socioambiental da região tais como unidades de conservação, áreas com vegetação nativa preservada, áreas urbanas e áreas de relevância religiosa e turística. Além disso, buscou-se proximidade com rodovias com objetivo de reduzir a necessidade de abertura de vias de acesso na fase de implantação dos empreendimentos. Essas informações foram tratadas em ambiente de SIG.

A caracterização do corredor é apresentada por trechos, sendo apontadas as principais interferências socioambientais e destacados os motivadores do caminhamento. A descrição é apoiada por figuras com indicação dos temas relevantes (uso do solo, processos minerários, áreas de relevância socioambiental e outros) da área estudada, elaboradas a partir de imagens de satélite e das bases cartográficas indicadas no item a seguir.

## 2.1 Base de dados utilizada

Para a definição do corredor da LT Chapada III -Crato II, além da elaboração das figuras e tabelas e da realização das análises socioambientais, a base de dados utilizada na NT DEA 013-18-R0 foi atualizada. Sendo assim, foram consultadas e/ou utilizadas informações das seguintes bases de dados:

- Aeródromos Públicos e Privados (Anac, 2022)
- Base Cartográfica Integrada do Brasil ao Milionésimo Digital, incluindo hidrografia, divisão territorial, áreas militares e sistema viário (IBGE, 2009)
- Base Map (ESRI, 2023)
- Cavidades Naturais Subterrâneas (Cecav, 2022)
- Declividade em Percentual do Relevo Brasileiro (CPRM, 2010)
- Curso d'água Geral (IBGE, 2004)
- Curso d'água Detalhado (IBGE, 2017)
- Ferrovias (OSM, 2021d)
- Identificação, mapeamento e quantificação das áreas urbanas do Brasil (Embrapa, 2017)
- Limites Municipais e Estaduais Brasileiros (IBGE, 2020)
- Linhas de transmissão e subestações existentes e planejadas (EPE, 2023)
- Mapa da Área de Aplicação da Lei da Mata Atlântica (IBGE, 2008)
- Mapa das Áreas Prioritárias para a Conservação do Patrimônio Espeleológico (ICMBio, 2018)
- Mapa de Pivôs Centrais de Irrigação (ANA e CNPMS, 2019)
- Mapa de divisão regional do Brasil em regiões Intermediárias e Imediatas (IBGE, 2017)
- Mapeamento do uso do solo do território brasileiro (MapBiomas, 2020)
- Massa d'água (ANA, 2017)
- Potencialidade de Ocorrência de Cavernas no Brasil (Cecav, 2012)
- Processos Minerários (ANM, 2023)
- Projetos de Assentamento (Incra, 2023)
- Rede Viária (OSM, 2021)
- Relevo sombreado (Inpe, 2011)
- Sítios arqueológicos georreferenciados (Iphan, 2023a)
- Terras Indígenas (Funai, 2022)
- Terreno Sujeito à Inundação (IBGE, 2009)

- Territórios Quilombolas (Incra, 2023)
- Unidades de Conservação Federais, Estaduais e Municipais (MMA, 2022; Eletrobras, 2011)
- Unidades de Geração Elétrica (SIGEL, 2022; Aneel, 2022)
- Traçado georreferenciado de linhas de distribuição existentes (Coelce, 2017)

## 3 CARACTERIZAÇÃO DOS EMPREENDIMENTOS PLANEJADOS

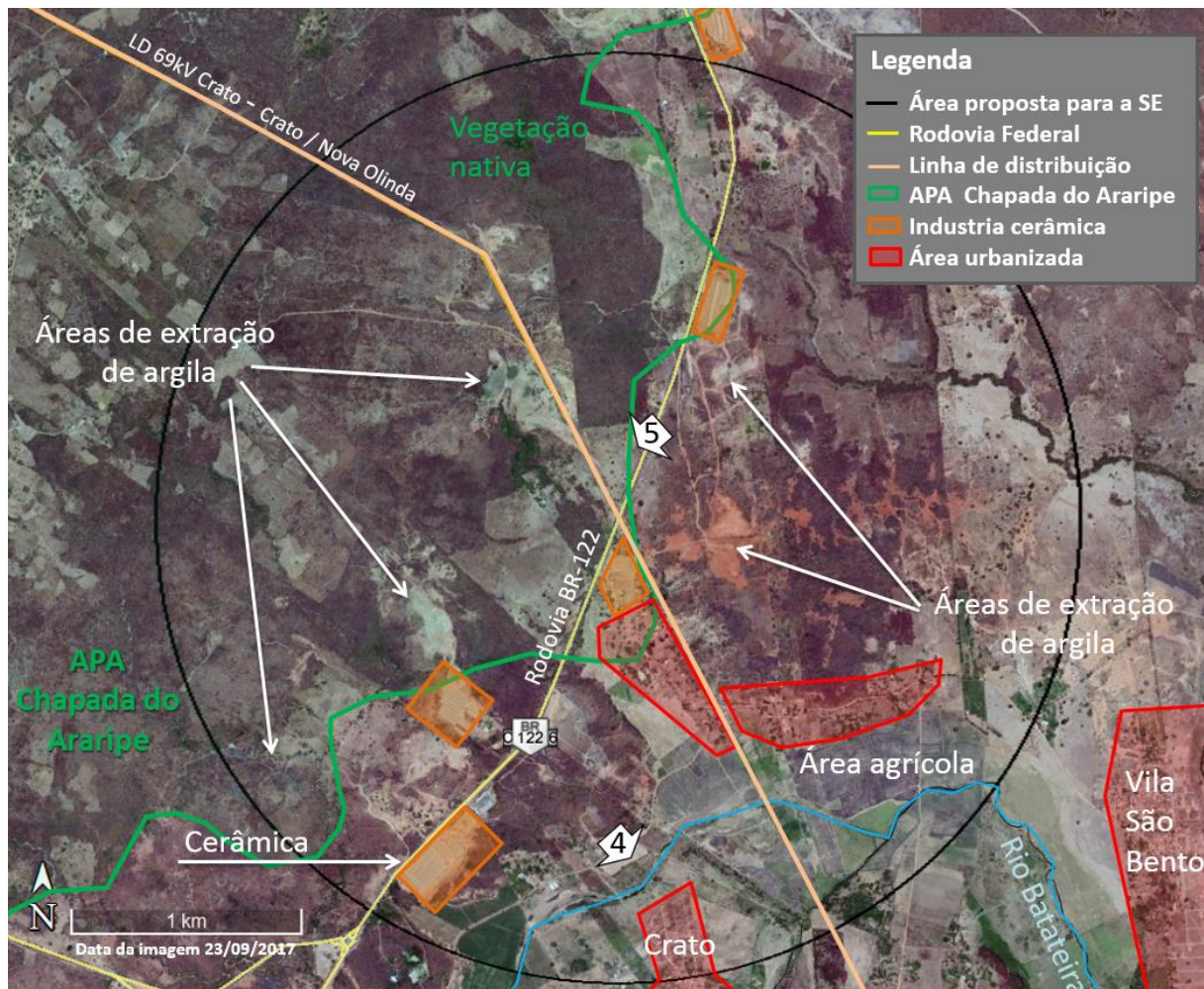
### 3.1 Subestação Crato II 230/69 kV

A SE Crato II 230/69 kV está planejada para suprir parte do aumento na demanda de energia elétrica prevista para os próximos anos na região de seu entorno. Após o levantamento, em escritório, de algumas alternativas locais, foi determinada uma área aparentemente favorável para sua implantação. Assim, deve-se avaliar *in loco*, quando da elaboração do Relatório R3, terrenos adequados para implantação da SE, localizados na área com raio de 2 km no entorno do ponto de coordenadas 7°12'2"S e 39°24'43"O (Figura 3). Caso seja indicada uma localização fora da área recomendada, deverá constar no Relatório R3 justificativa fundamentada para tal.

A área proposta para a subestação encontra-se integralmente inserida no município de Crato, cerca de dois quilômetros ao norte da área urbana, próximo à rodovia BR-122/CE-386. Parte da área está inserida na Área de Proteção Ambiental Chapada do Araripe. A escolha da área deve-se à facilidade de acesso por meio da rodovia federal BR-122 e proximidade da LD 69 kV Crato – Nova Olinda, que será seccionada.

Outros fatores que subsidiaram a escolha do local para a SE foram a proximidade do centro de carga, a existência de terrenos propícios à instalação do empreendimento e a minimização da interferência com áreas sensíveis do ponto de vista socioambiental.

A Figura 3 apresenta a localização da área sugerida para a SE Crato II e as características de uso e ocupação do solo no interior da área e nas proximidades.



(Fonte: Google Earth Pro, 2017; MMA, 2017; Coelce, 2017)

*Figura 3 - Localização sugerida para a SE Novo Progresso. As setas numeradas fazem referência à Figura 4 e à Figura 5*

A área encontra-se parcialmente inserida na Área de Proteção Ambiental (APA) Chapada do Araripe, localizada a oeste da BR-122. Embora as regiões do entorno sejam caracterizadas pelo bioma Caatinga, as maiores altitudes da chapada do Araripe favorecem o aumento do índice pluviométrico na região, propiciando o desenvolvimento de vegetação de mata atlântica nas proximidades da chapada. Sendo conhecida também como mata úmida, se caracteriza como um dos últimos fragmentos de mata atlântica do interior do Ceará.

A área em estudo da SE Crato II encontra-se totalmente inserida no polígono de aplicação da Lei nº 11.428/06, conhecida como “Lei da Mata Atlântica”, que protege os remanescentes de vegetação nativa componentes desse bioma. O artigo 12 dessa lei estabelece que os novos empreendimentos que impliquem o corte ou a supressão de vegetação do bioma deverão ser implantados preferencialmente em áreas já substancialmente alteradas ou degradadas. De acordo com o artigo 14 da mesma lei, a supressão de vegetação primária e secundária no estágio avançado de regeneração

somente poderá ser autorizada em caso de utilidade pública (vegetação secundária em estágio médio de regeneração também poderá ser autorizada em casos de interesse social), sendo que deverá ser devidamente caracterizada e motivada em procedimento administrativo próprio, quando inexistir alternativa técnica e locacional ao empreendimento proposto. Ainda de acordo com a Lei da Mata Atlântica, o corte ou a supressão de vegetação primária ou secundária nos estágios médio ou avançado de regeneração, autorizados pela lei, ficam condicionados à compensação ambiental, na forma de destinação de área equivalente à extensão da área desmatada, com as mesmas características ecológicas, na mesma bacia hidrográfica (sempre que possível na mesma microbacia hidrográfica).

A área proposta para a SE Crato II está completamente inserida em APCB de prioridade extremamente alta, com ação prioritária para criação de unidade de conservação de proteção integral.

A área proposta para a SE é predominantemente ocupada por vegetação nativa (sobretudo na área da APA), em variados estágios de conservação entremeada com vastas áreas de pastagens. Observa-se a presença de indústrias cerâmicas, cujas fábricas se distribuem ao longo da BR-122, e que extraem parte da matéria prima da região do entorno. A leste da BR-122 são observadas diversas estradas em leito carroçável conectando a rodovia a pequenas vilas e chácaras. Próximo da área urbana de Crato, no trecho sul da área proposta para localização da SE, observam-se às margens do rio Batateira, áreas ocupadas por atividades agrícolas. A partir das Figuras 4 e 5 é possível observar algumas características do uso e ocupação do solo na região no ano de 2012.



(Fonte: Google Streetview, imagem de fev/2012)

*Figura 4 – Atividade agrícola próximo ao rio Batateira*



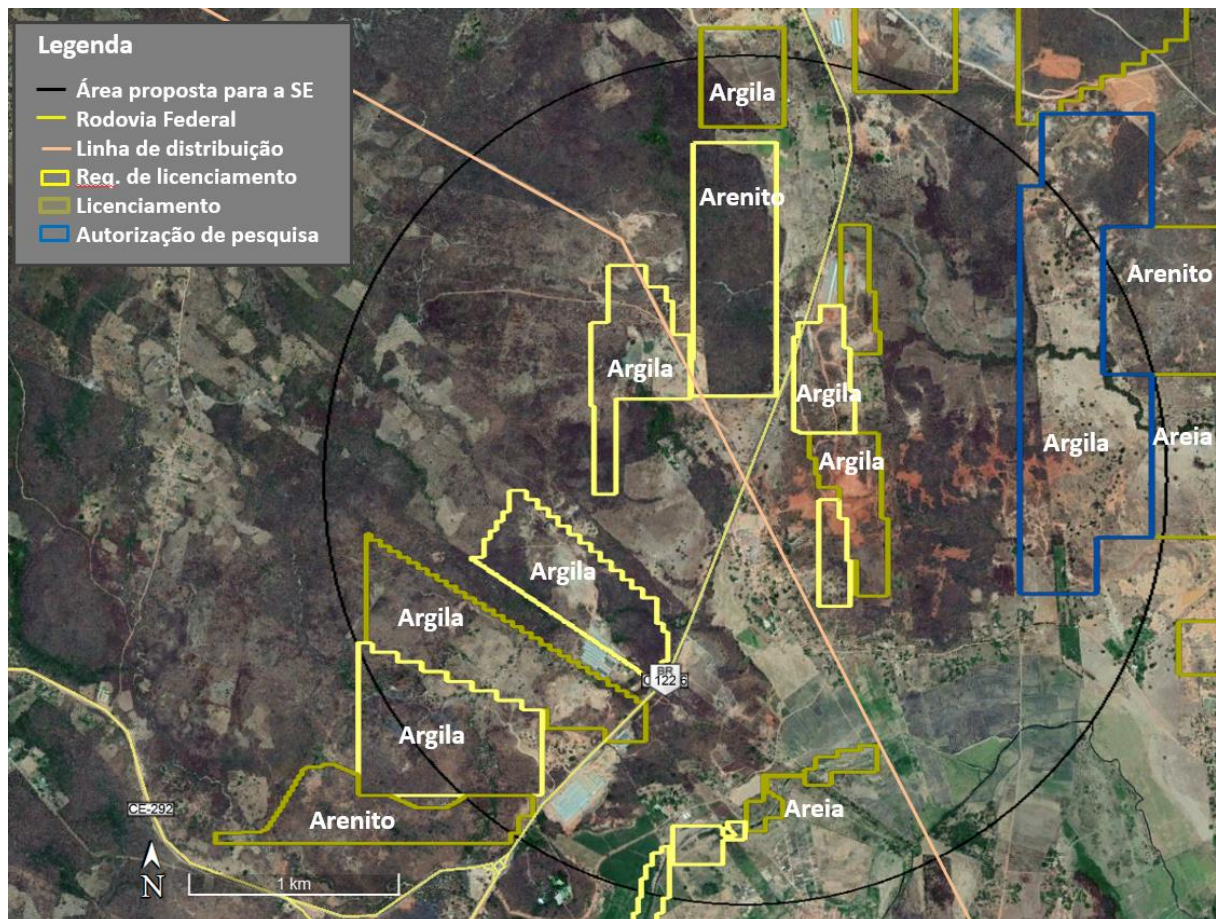
(Fonte: Google Streetview, imagem de fev/2012)

*Figura 5 – Margem da Rodovia Federal BR-122*

O relevo predominantemente ondulado apresenta influência da vertente da chapada do Araripe na área da APA, trecho em que se observam maiores declividades, da ordem de 25 a 60°. A leste da BR-122 o relevo se mostra mais suave, embora sejam ainda observadas ondulações e morros cobertos por vegetação nativa degradada e extensas áreas de exploração de areia e argila. A declividade varia entre 5 e 3°, havendo também áreas majoritariamente planas no vale de inundação do rio Batateiras.

A Figura 6 apresenta os processos minerários registrados no DNPM localizados dentro da área proposta para localização da SE Crato II. As substâncias em estudo são argila, areia e arenito, sendo que todos os processos se encontram em fase de autorização de pesquisa e requerimento de licenciamento.

Conforme a base de dados utilizada, não foram identificados assentamentos rurais, unidades de conservação de uso integral, terras indígenas, territórios quilombolas, sítios arqueológicos ou cavernas na área proposta para a subestação.



(Fonte: Google Earth Pro, 2017; DNPM, 2017; Coelce, 2017)

*Figura 6 - Processos minerários na área proposta para a SE Crato II*

### Recomendações para o Relatório R3 da SE Crato II

Deverão ser estudadas criteriosamente, durante a elaboração do Relatório R3 desse empreendimento, as opções de localização da SE Crato II, escolhendo-se a(s) alternativa(s) de terreno mais viável(is) do ponto de vista socioambiental, fundiário e construtivo. A seguir, são apresentadas as principais recomendações para indicação do local da SE Crato II:

- Interagir com a equipe responsável pelo relatório R4, para considerar as dimensões e a localização da SE Crato II, de modo que o posicionamento da SE evite interferências em áreas de preservação permanente.
- Na medida do possível, evitar interferência com as benfeitorias presentes na área.
- Levantar, junto à Prefeitura de Crato, a legislação municipal de uso e ocupação do solo e eventuais restrições locais à futura subestação Crato II; apresentar em mapa a posição da subestação em relação ao zoneamento do município, comentando em texto as prescrições e eventuais restrições do zoneamento para as zonas onde se insere o empreendimento.



- Consultar o DNPM a fim de verificar o estágio dos processos minerários abrangidos pela área recomendada para implantação da SE Crato II e evitar aqueles em fases mais avançadas.
- Levantar junto aos gestores da APA Chapada do Araripe o plano de manejo da APA para avaliar eventuais restrições de uso e ocupação do solo para as zonas onde se insere o empreendimento.
- Analisar o melhor ponto para o seccionamento da LD 69kV Crato - Nova Olinda.
- Obter a localização dos sítios arqueológicos não georreferenciados e cadastrados pelo Iphan localizados no município de Crato, de forma a evitar interferência sobre estas áreas.

### **3.2 Corredor do Seccionamento da LT 230 kV Milagres – Tauá II na SE Crato II**

A linha de transmissão entre a subestação Crato II e o ponto de seccionamento da LT 230 kV Milagres – Tauá II será realizada por meio de um circuito duplo de 230 kV. O corredor de estudo proposto foi elaborado com 5 km de largura e seu eixo possui cerca de 34 km de extensão.

Para facilitar a descrição, a área do corredor foi dividida em três trechos: (1) entre a SE Crato II e o riacho dos Carás, (2) do riacho dos Carás até a rodovia estadual CE-060, e (3) da rodovia estadual CE-060 até o ponto de seccionamento da LT 230 kV Milagres – Tauá II.

O principal norteador para definição do caminhamento do corredor foi o desvio de áreas de turismo religioso como a Serra do Catolé, santuário ecológico e religioso de intensa visitação no município de Juazeiro do Norte.

#### **Infraestrutura e localização**

O corredor localiza-se integralmente no estado do Ceará, na mesorregião Sul Cearense, e abrange quatro municípios (Tabela 3).

*Tabela 3 – Municípios atravessados pelo corredor do Seccionamento da LT 230 kV Milagres – Tauá II na SE Crato II CD*

UF	Mesorregião	Microrregião	Municípios
CE	Sul Cearense	Barro	Aurora
		Caririaçu	Caririaçu
		Cariri	Crato
			Juazeiro do Norte

As coordenadas da subestação Crato II e do seccionamento da LT 230 kV Milagres – Tauá II – SE Crato II CD são apresentadas na Tabela 4 a seguir.

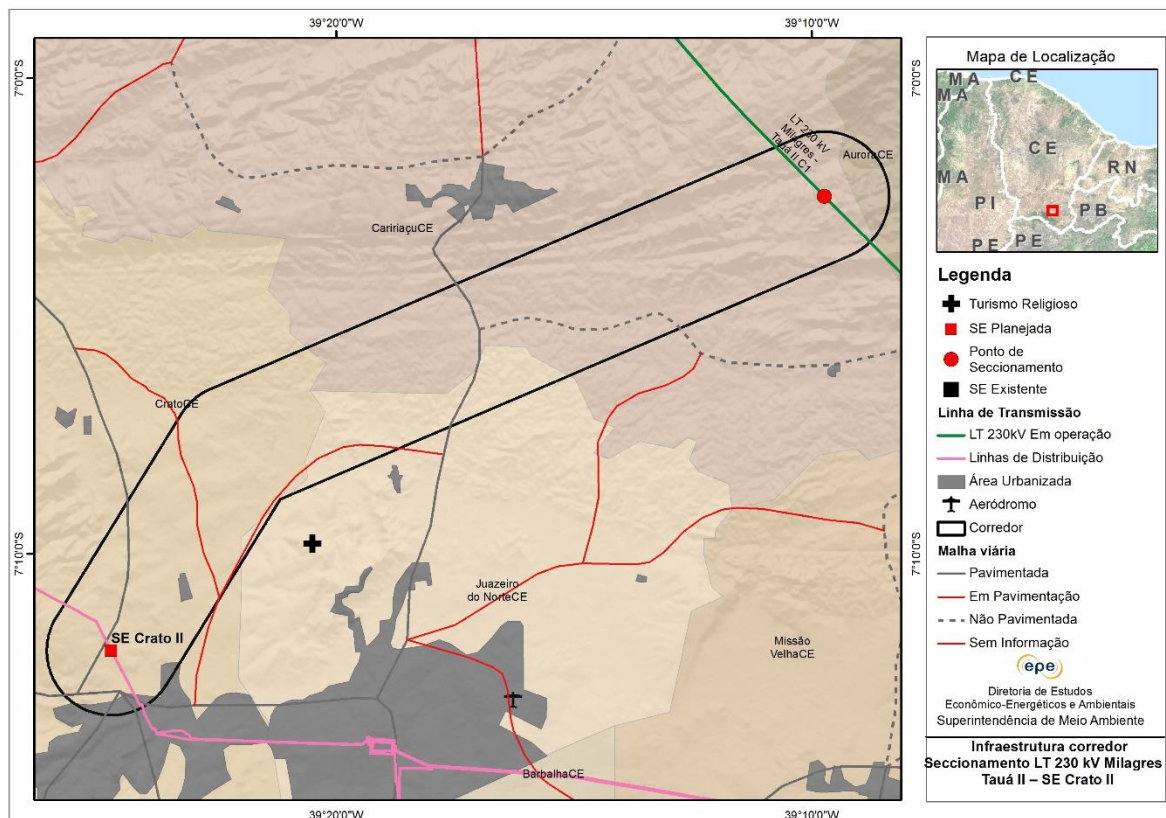
*Tabela 4 – Coordenadas da Subestação Crato II e do ponto de seccionamento (referencial) da LT 230 kV Milagres – Tauá II na SE Crato II CD*

Subestação / Seccionamento	Situação	Coordenadas		Município	Estado
		Latitude	Longitude		
Crato II <sup>1</sup>	Planejada	7°12'2" S	39°24'43" W	Crato	Ceará
Secc. da LT 230 kV Milagres – Tauá II na SE Crato II <sup>2</sup>	Planejado	7°2'28" S	39°9'44" W	Caririaçu	Ceará

<sup>1</sup> As coordenadas referem-se ao ponto central da área proposta para a subestação, a ser verificada no Relatório R3.

<sup>2</sup> Coordenadas do ponto referencial de seccionamento, a ser verificado (confirmado ou indicado outro ponto) no Relatório R3.

Partindo da SE Crato II, a diretriz avança no sentido norte-nordeste por aproximadamente dez quilômetros até o riacho dos Carás. A partir deste riacho o corredor deflete no sentido nordeste até o ponto de seccionamento da LT 230 kV Milagres - Tauá II. Embora o corredor não atinja diretamente nenhuma sede municipal, o trecho sul atravessa uma área em que são observados diversos povoados que se desenvolveram a leste da BR-122. A Figura 7 apresenta as principais características relacionadas à infraestrutura existente na área do corredor.



(Fonte: EPE, 2017; IBGE, 2009; Anac, 2017; Aneel, 2017; Embrapa, 2017; Coelce, 2017)

*Figura 7 – Infraestrutura e municípios no corredor do Seccionamento da LT 230 kV Milagres – Tauá II C1 na SE Crato II CD*

O sistema viário é servido por duas rodovias pavimentadas: a rodovia Federal BR-122, que corta o corredor no trecho sul, e a Rodovia estadual CE-060, que cruza o trecho central do corredor no sentido norte-sul, ligando Juazeiro do Norte a Caririaguá. A partir destas duas vias principais se desenvolvem diversas estradas vicinais e vias secundárias, que podem ser utilizadas para a implantação da futura LT.

### Uso e ocupação do solo

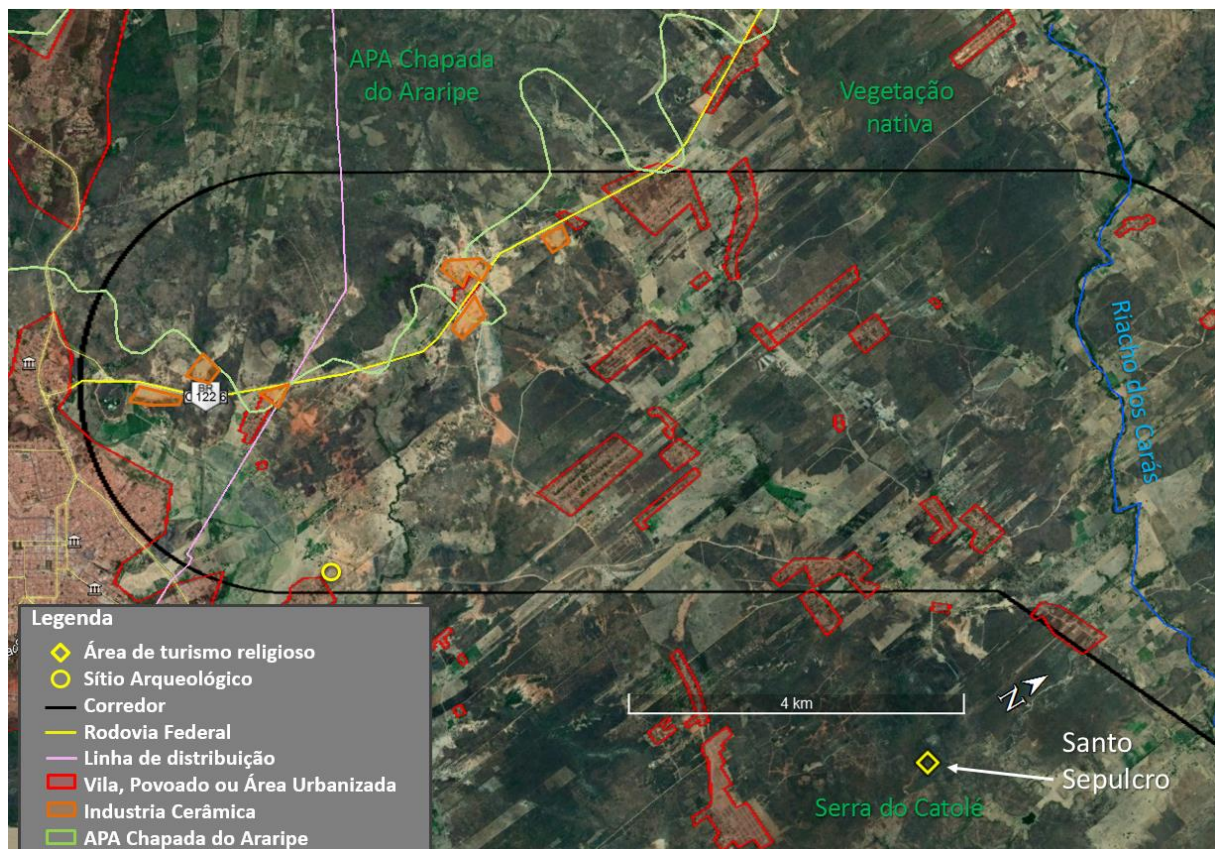
A Figura 8, Figura 9 e Figura 10 apresentam as principais características da área em estudo, por trecho de análise. A partir de imagens de satélites foram identificadas e destacadas, nas referidas figuras, áreas de aglomerações urbanas como vilas, povoados ou agrupamentos de chácaras que não são representadas nas bases cartográficas disponíveis, além de outras características de relevância socioambiental.

No primeiro trecho, a partir da área proposta para a SE planejada Crato II, o corredor se desenvolve na direção norte-nordeste até o riacho dos Carás (Figura 8). Nesse trecho, o corredor é atravessado no sentido norte-sul pela rodovia federal BR-122 e no sentido leste-oeste pela linha de distribuição LD 69 kV Crato – Nova Olinda. O uso e ocupação do solo se caracteriza por fragmentos de vegetação nativa (mata atlântica no sopé da

chapada e caatinga nas demais áreas) entremeadas a áreas desmatadas para a composição de pastagem ou agricultura, em especial nas áreas mais baixas, em função da maior disponibilidade hídrica. A leste da BR-122, destaca-se a APA chapada do Araripe, em que se destacam grandes áreas com vegetação nativa preservada.

Às margens da BR-122 observam-se indústrias cerâmicas, que demandam parte de sua matéria prima da região do entorno. A região é servida por uma malha de vias secundárias que ligam a rodovia a diversos núcleos populacionais que se distribuem a norte do perímetro urbano de Crato e Juazeiro do Norte.

Destaca-se a norte do perímetro urbano de Juazeiro do Norte, fora do corredor, áreas de turismo religioso de relevante importância, como a estátua de Padre Cícero e a serra do Catolé, onde se situa um santuário eco-religioso objeto de intensa peregrinação conhecido por Santo Sepulcro.

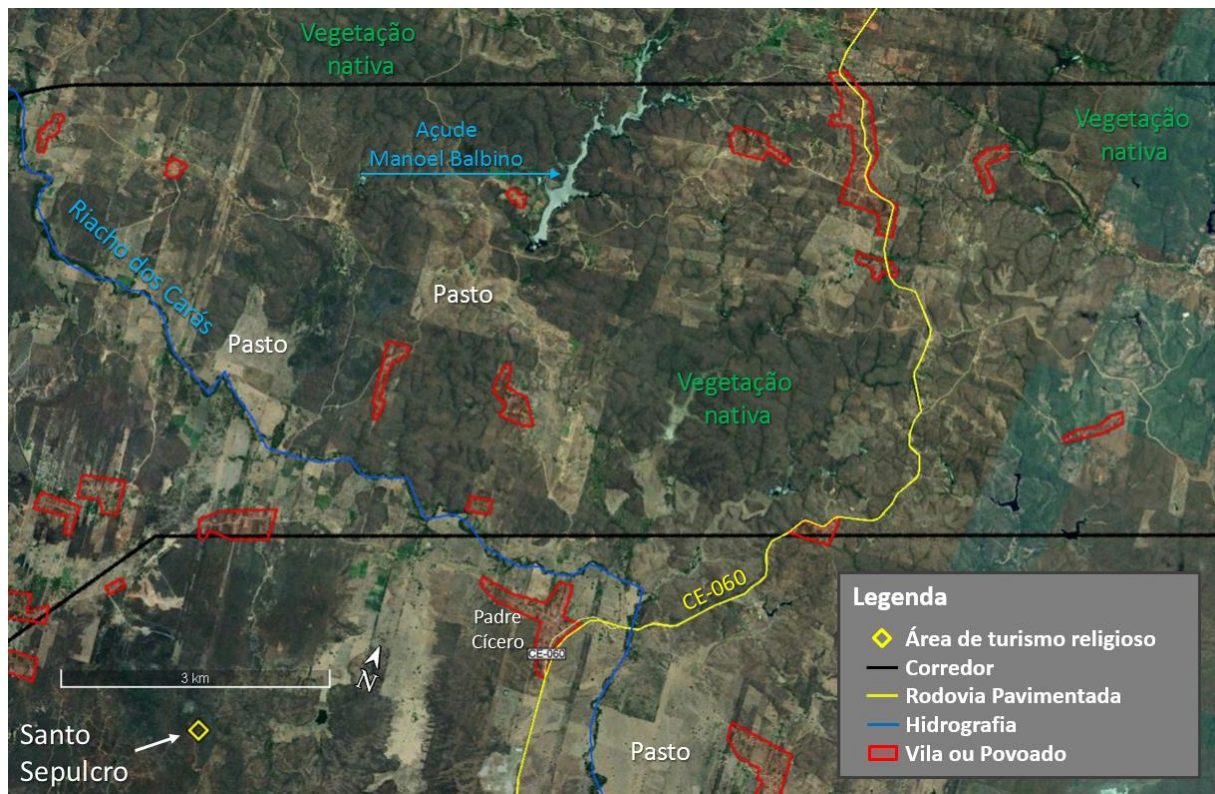


(Fonte: Google Earth Pro, 2017; Iphan, 2018b; MMA, 2017; Coelce, 2017)

*Figura 8 - Trecho sul do corredor do Seccionamento da LT 230 kV  
Milagres – Tauá II C1 na SE Crato II CD*

No segundo trecho, a partir do riacho dos Carás, o corredor toma a direção nordeste (Figura 9). Entre o referido riacho e a rodovia estadual CE-060 a área se caracteriza pela presença de vilas e aglomerações urbanas esparsas em meio a extensas faixas de vegetação nativa entremeadas por pastagens. Destaca-se nessa área o açude Manoel

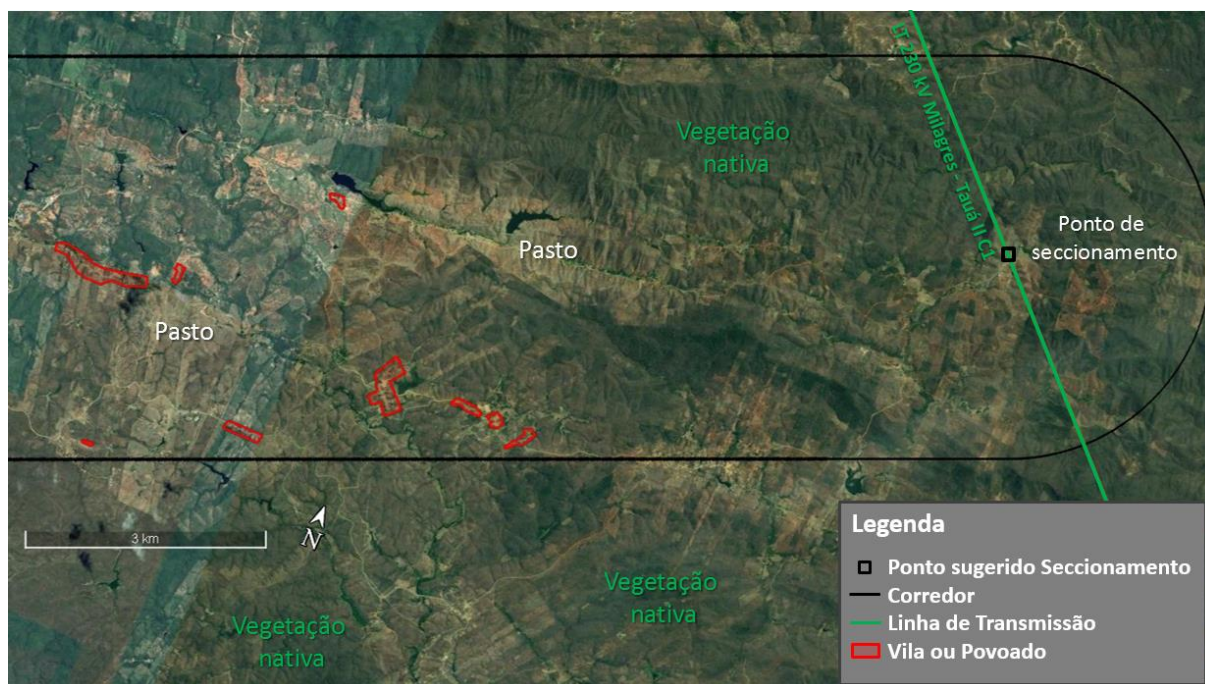
Balbino ocupando parte do corredor, conforme apresentado na Figura 9. O trecho é servido por estradas vicinais que dão acesso às vilas e povoado.



(Fonte: Google Earth Pro, 2017)

*Figura 9 - Trecho central do Seccionamento da LT 230 kV  
Milagres - Tauá II C1 na SE Crato II CD*

No terceiro e último trecho, entre a rodovia CE-060 e o ponto de seccionamento da LT 230 kV Milagres – Tauá II C1, o corredor passa por diversas vilas e povoados em meio a extensos remanescentes de vegetação nativa entremeados a também extensas áreas de pastagens (Figura 10). A área apresenta diversas estradas secundárias que ligam os povoados, vilarejos e sítios à rodovia CE-060 ou à cidade de Caririçu.

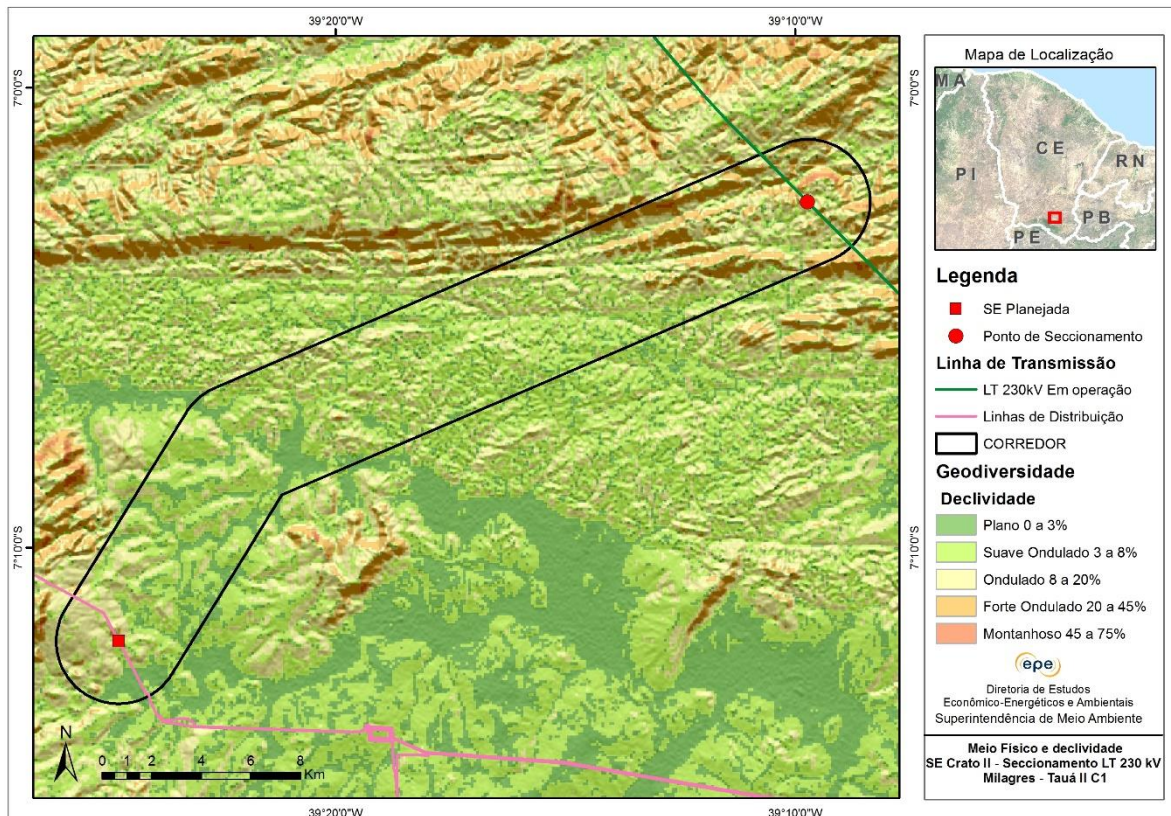


(Fonte: Google Earth Pro, 2017; EPE, 2018)

*Figura 10 - Trecho norte do corredor do Seccionamento da LT 230 kV Milagres –Tauá II C1 na SE Crato II CD*

### Meio físico e processos minerários

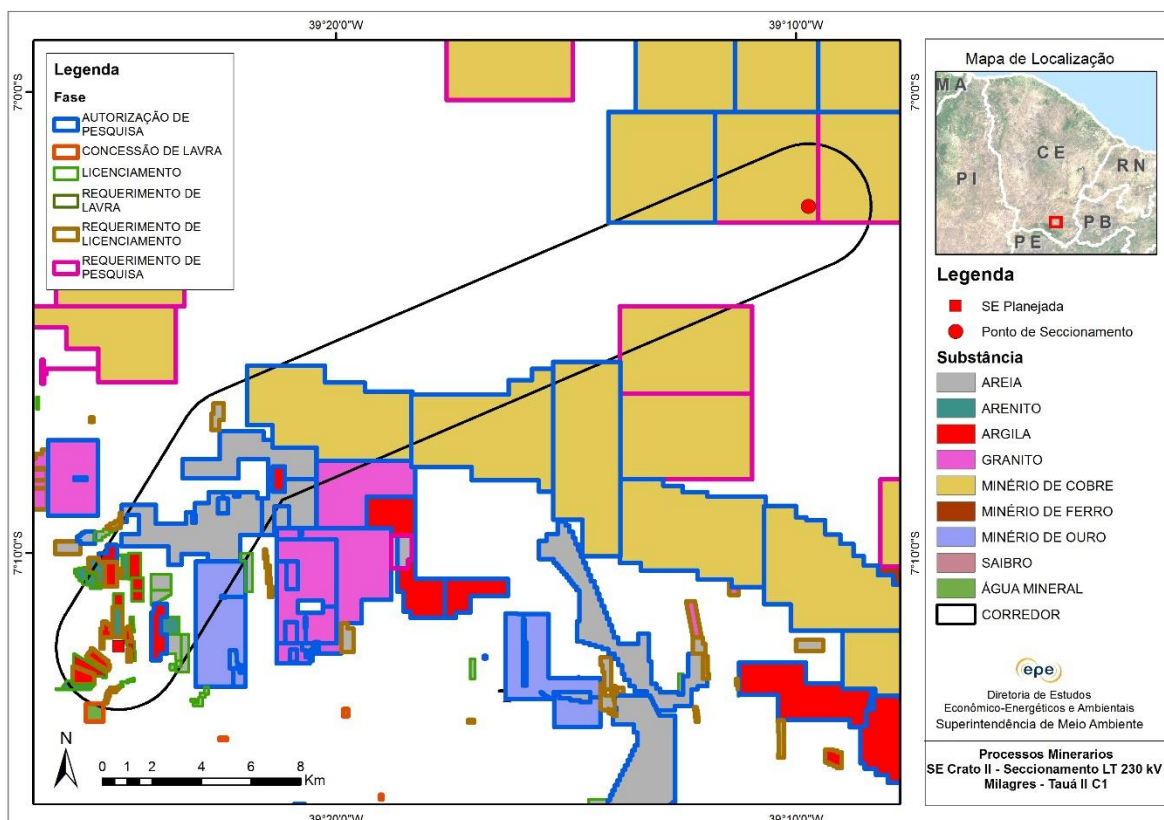
Ao longo do corredor, o relevo apresenta diferentes unidades de paisagem (Figura 11). A sul são observadas escarpas serranas, de formação arenítica, que se intensificam com a proximidade da borda da chapada do Araripe, e cuja declividade varia de 25° a 60°. Entremeadas a estas escarpas estão superfícies aplainadas e as planícies do rio Batateiras e do riacho dos Carás, formados por depósitos aluvionares recentes de material inconsolidado, sobretudo cascalho, areia e argila. Tais unidades apresentam declividade de 0° a 5°. Ao norte do riacho dos Carás o corredor avança por aproximadamente 12 quilômetros sobre relevo ondulado com colinas e morros baixos com amplitude de 30 a 80 metros e declividades de 5 a 20°. Na porção norte do corredor, já nas proximidades do ponto de seccionamento, caracteriza-se o domínio de morros e serras baixas, com amplitudes de 80 a 200 metros e declividades entre 15 e 35°. Os cursos d'água presentes no corredor não exigem travessias complexas para a passagem da LT.



(Fonte: EPE, 2017; IBGE, 2009; CPRM, 2010; USGS, 2012; Coelce 2017)

*Figura 11 – Meio Físico e declividade no corredor do Seccionamento da LT 230 kV Milagres – Tauá II C1 na SE Crato II CD*

O corredor se sobrepõe a 56 processos minerários registrados no DNPM (Figura 12), dentre os quais apenas um se encontra na fase de concessão de lavra. Do total de processos, 26 estão na fase de licenciamento e os demais, nas fases de requerimento de licenciamento ou fases anteriores à autorização de pesquisa. As principais substâncias exploradas são areia, argila, arenito e minério de cobre. A Figura 12 apresenta a localização e fase dos processos minerários incidentes no corredor



(Fonte: DNPM, 2017; IBGE, 2009)

*Figura 12 - Processos minerários no corredor do Seccionamento da LT 230 kV Milagres – Tauá II C1 na SE Crato II CD*

### Áreas com restrições legais e áreas prioritárias para conservação da biodiversidade

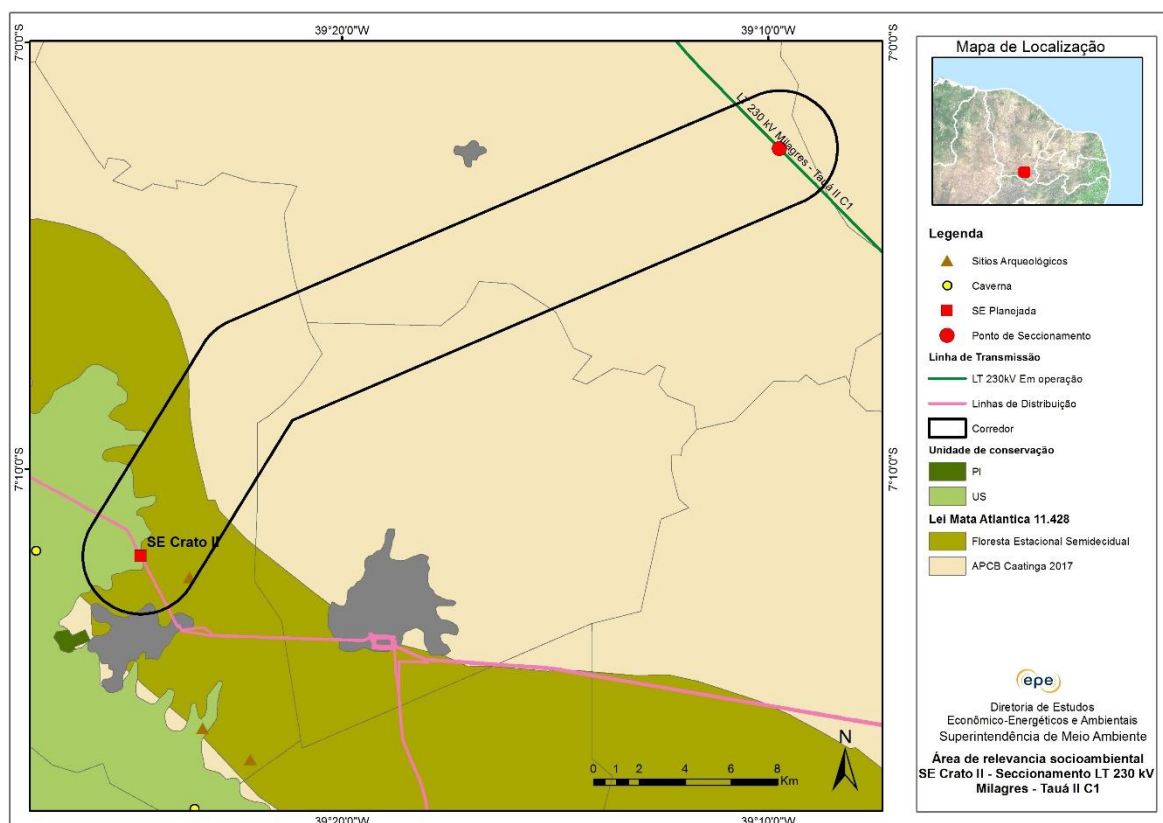
O corredor encontra-se majoritariamente no bioma caatinga, à exceção do trecho sul, em que está parcialmente sobreposto à APA Chapada do Araripe (Figura 13). Nessa área as maiores altitudes da chapada favorecem o aumento do índice pluviométrico, propiciando o desenvolvimento de vegetação de mata atlântica nas proximidades da chapada. Também chamada de mata úmida, se caracteriza como um dos últimos fragmentos de mata atlântica do interior do Ceará.

Devido a essa característica da vegetação, a faixa sul do corredor encontra-se parcialmente inserida no polígono de aplicação da Lei nº 11.428/06, conhecida como “Lei da Mata Atlântica”, que protege os remanescentes de vegetação nativa componentes desse bioma. O artigo 12 dessa lei estabelece que os novos empreendimentos que impliquem o corte ou a supressão de vegetação do bioma deverão ser implantados preferencialmente em áreas já substancialmente alteradas ou degradadas. De acordo com o artigo 14 da mesma lei, a supressão de vegetação primária e secundária no estágio avançado de regeneração somente poderá ser autorizada em caso de utilidade pública (vegetação secundária em estágio médio de regeneração também poderá ser autorizada em casos de interesse social), sendo que deverá ser devidamente caracterizada e



motivada em procedimento administrativo próprio, quando inexistir alternativa técnica e locacional ao empreendimento proposto. Ainda de acordo com a Lei da Mata Atlântica, o corte ou a supressão de vegetação primária ou secundária nos estágios médio ou avançado de regeneração, autorizados pela lei, ficam condicionados à compensação ambiental, na forma de destinação de área equivalente à extensão da área desmatada, com as mesmas características ecológicas, na mesma bacia hidrográfica (sempre que possível na mesma microbacia hidrográfica).

A área em estudo está totalmente inserida em APCB de prioridade extremamente alta.



(Fonte: Cecav, 2017; EPE, 2017; IBGE, 2009; Embrapa, 2017; Iphan, 2018b; MMA, 2007a; MMA, 2017; Coelce, 2017)

**Figura 13 - Áreas de relevância socioambiental no corredor da SE Crato II - Seccionamento LT 230 kV Milagres - Tauá II C1 CD**

De acordo com a base cartográfica disponibilizada pelo Iphan, existe um sítio arqueológico, nas proximidades da área sugerida para a SE Crato II, abrangido pelo corredor. O Iphan disponibiliza ainda no Cadastro Nacional de Sítios Arqueológicos os sítios cadastrados por município, que inclui os não georreferenciados. A partir desse banco de dados, verifica-se que há sete sítios arqueológicos identificados nos municípios atravessados pelo corredor; quatro em Crato, dois em Aurora e um em Caririáçu.

Ressalta-se que ao longo de seu trajeto, o corredor não se sobrepõe a projetos de assentamento rural, territórios quilombola, terras indígenas ou unidades de conservação de proteção integral.

### Recomendações para o Relatório R3

Deverão ser estudadas, durante a elaboração do Relatório R3 deste empreendimento, as opções de traçado para a futura LT, escolhendo-se a alternativa mais viável do ponto de vista socioambiental, fundiário e construtivo. A seguir, são apresentadas as principais recomendações para a definição da diretriz da LT planejada, quando da elaboração do referido relatório:

- Minimizar a interferência com áreas de vegetação nativa.
- Buscar, sempre que possível, áreas com melhor disponibilidade de acesso.
- Evitar interferência com os sítios arqueológicos identificados no corredor.
- Obter a localização dos sítios arqueológicos não georreferenciados e cadastrados pelo IPHAN que se localizem nos municípios de Colíder, Peixoto de Azevedo, Cláudia, Guarantã do Norte, Itaúba e Altamira.
- Levantar e analisar possível restrição de uso do solo nos planos diretores atuais dos municípios de Crato, Juazeiro do Norte e Caiririaçu.
- Evitar interferência com os núcleos urbanos e localidades presentes ao longo do corredor.

Evitar sobreposição com os processos minerários abrangidos pelo corredor, e desviar daqueles que se encontram em estágio mais avançados.

### 3.3 LT 230 kV Chapada III - Crato II - C1, CS

A ligação entre a SE Chapada III e a SE Crato II está prevista para ser realizada em um **circuito simples, C1, de 230 kV**.

O corredor proposto foi delineado de modo a apresentar possibilidades de traçados para a futura LT, visto que apresenta opções para minimizar e evitar interferências com aspectos socioambientais relevantes, considerando, principalmente, unidades de conservação, áreas urbanas, concentrações de processos minerários, relevos com grande amplitude altimétrica e empreendimentos de geração de energia renovável.

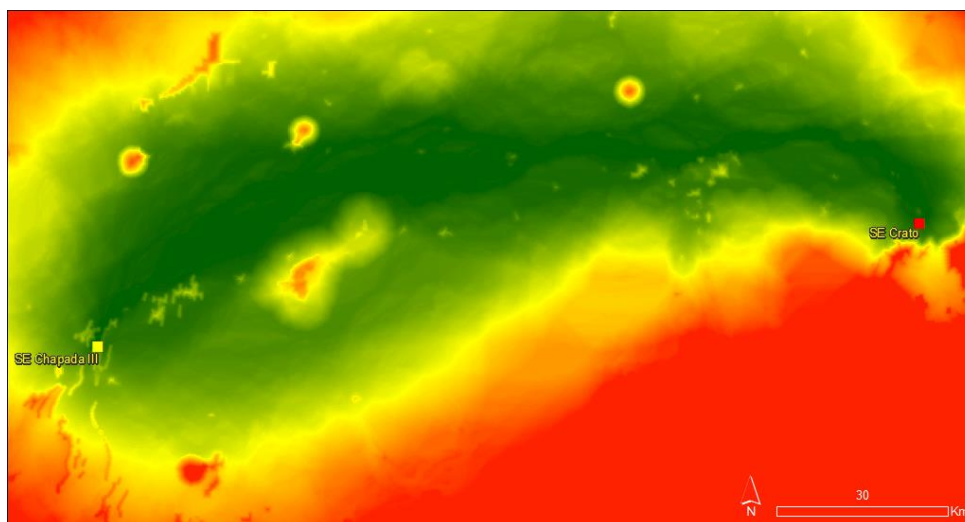
Considerando a saída da linha pela SE Crato II, o corredor segue para norte por aproximadamente 12 quilômetros e então converge para oeste. Segue predominantemente neste sentido por praticamente toda sua extensão, com alguns pequenos desvios para evitar alguns dos aspectos mencionados anteriormente até chegar à SE Chapada III.

Para a definição do corredor foram utilizadas duas técnicas complementares para avaliação do melhor traçado. O primeiro método é o processo de **Análise de Convergência** que se baseia na análise individual de dois ou mais analistas que, de forma independente, elaboram suas proposições de traçado ou localização de SE. Posteriormente, as propostas locais e respectivos critérios de definição são confrontados e discutidos visando à redução de subjetividades, de modo a se convergir para resultados com maior ganho de efetividade na definição de traçados preliminares para comparação de alternativas elétricas, bem como para definição de corredores e áreas referenciais de subestações no âmbito do Relatório R1.

O segundo método, ainda em fase de testes, é um processo semiautônomo de identificação da superfície de menor custo. Este método consiste, em ambiente GIS, na atribuição de pesos ou custos a diferentes elementos ambientais e econômicos que apresentem potencial de interferência na delimitação da linha de transmissão. Estes custos de interferência possuem valores negativos e positivos. Valores positivos caracterizam níveis de dificuldade para a passagem do empreendimento, enquanto valores negativos representam áreas de atração, por oferecerem algum tipo de vantagem para sua implementação como, por exemplo, boa acessibilidade. Áreas de custo proibitivo ou uso do solo incompatível com a passagem de linhas de transmissão foram consideradas como áreas de evitação. A partir da definição do custo relativo de cada tema foram criadas matrizes representando espacialmente sua superfície de custo. Cada matriz foi posteriormente somada resultando em uma matriz que representa o custo empilhado

de todos os temas. A partir de então foi calculado, para cada célula da matriz, o custo acumulado do deslocamento entre as duas subestações do estudo.

A Figura 14 apresenta o custo de superfície acumulado entre as subestações Crato II e Chapada III. A superfície em verde representa o caminho de menor custo entre as duas subestações e foi utilizado como mais um caminho referencial na delimitação do corredor do estudo.



*Figura 14 - Superfície de custo acumulado entre as SE Chapada III e Crato II*

## Caracterização do corredor selecionado

O corredor selecionado para a LT 230 kV Chapada III - Crato II possui **10 km de largura** e seu eixo possui aproximadamente **168 km de extensão**. Para facilitar sua descrição e a apresentação das análises socioambientais, a área do corredor foi dividida em três trechos: leste, central e oeste.

## Infraestrutura e localização

O corredor localiza-se nos Estados do Ceará e Piauí, atravessando quinze municípios. A Tabela apresenta estes municípios, bem como suas regiões imediatas e intermediárias.

*Tabela 7 – Municípios atravessados pelo corredor da LT Chapada III - Crato II*

UF	Região Geográfica		Município
	Intermediária	Imediata	
CE	Juazeiro do Norte	Juazeiro do Norte	Altaneira
			Araripe
			Assaré
			Campos Sales
			Caririaçu
			Crato
			Farias Brito
			Juazeiro do Norte
			Nova Olinda
			Potengi
			Salitre
PI	Picos	Picos	Caldeirão Grande do Piauí
			Fronteiras
			Marcolândia

O corredor sobrepõe parcialmente algumas áreas urbanas, como Crato e Juazeiro do Norte, Nova Olinda, Araripe e Potengi. Ademais, há alguns bairros rurais com características de distritos, ao longo da extensão do corredor.

A SE Crato II está localizada cerca de cinco quilômetros ao nordeste da zona central da área urbana do município do Crato/CE em uma área com claro vetor de crescimento da mancha urbana. A SE Chapada III, por sua vez, situa-se a seis quilômetros a noroeste da área urbana do município de Marcolândia/PI em uma região com pequenas propriedades agrícolas e de concentração de aerogeradores. As coordenadas das subestações do corredor são apresentadas na Tabela 8 a seguir.

Tabela 8 – Coordenadas das subestações do corredor da LT 230kV Chapada III - Crato II

Subestação	Status	Coordenadas		Município	UF
		Latitude	Longitude		
Crato II	Planejada <sup>1</sup>	10°15'54"S	40°58'56"O	Crato	CE
Chapada III	Existente	07°23'28"S	40°40'59"O	Caldeirão Grande do Piauí	PI

<sup>1</sup> As coordenadas da subestação planejada referem-se ao ponto central da área de estudo proposta para a subestação

O corredor apresenta razoável **apoio rodoviário, principalmente em seu trecho leste**. De forma geral, o sistema viário é constituído por rodovias federais (BR-122), estaduais (CE-292, CE-187, CE-166 e PI-142), municipais e por diversas estradas vicinais e vias secundárias que atendem pequenos distritos urbanos e as propriedades rurais. Assim, esta malha viária pode ser utilizada para a implantação da futura LT, diminuindo o número de aberturas de acessos e seus respectivos impactos socioambientais negativos.

Dentro dos limites do corredor, existe apenas uma ferrovia, o Ramal de Crato da Transnordestina. Não há aeródromos dentro dos limites do corredor, entretanto, cabe destacar que o Aeroporto de Juazeiro do Norte localiza-se a aproximadamente 12 km a leste da SE Crato.

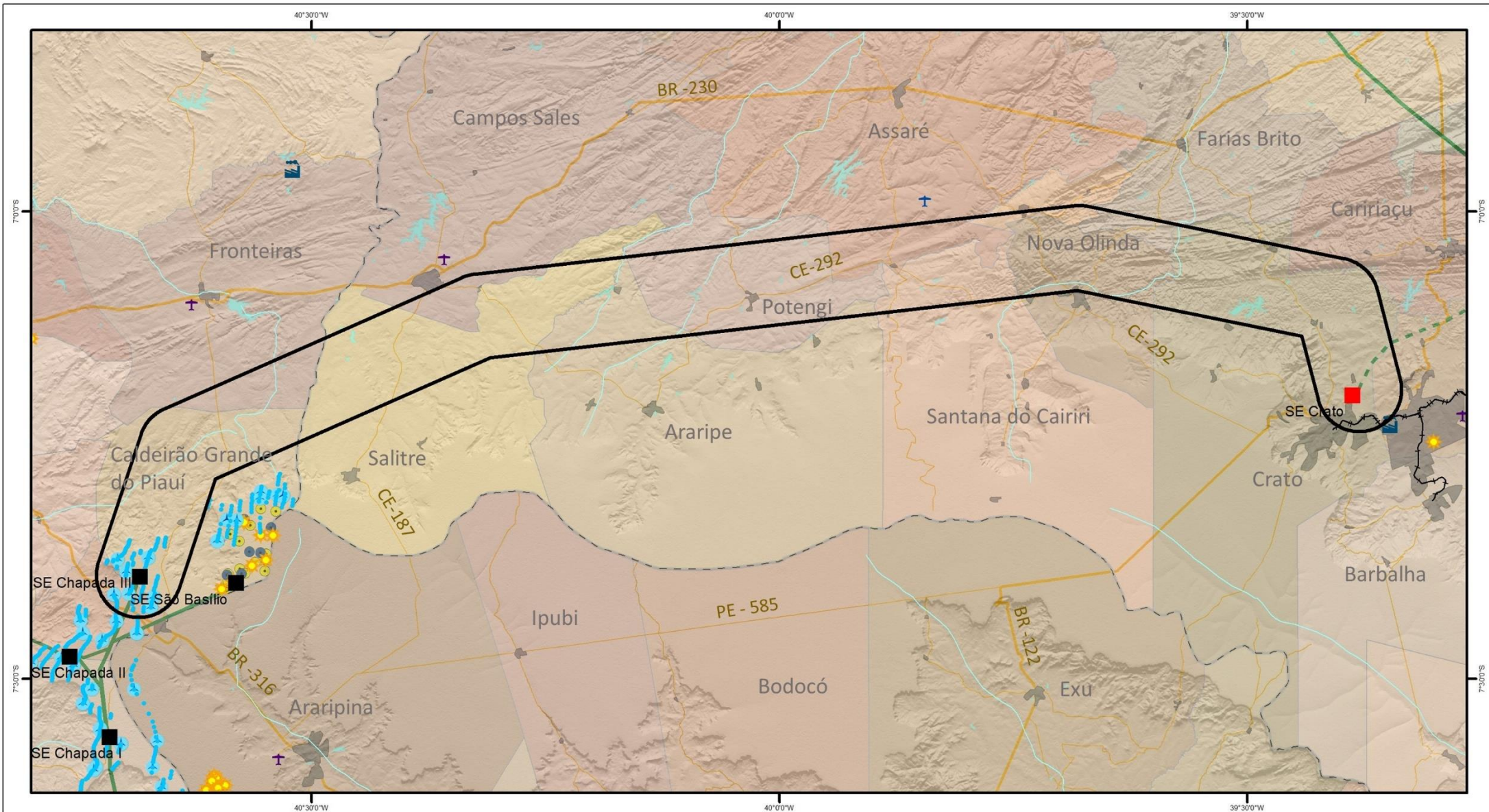
O corredor abrange duas linhas de transmissão em operação e um seccionamento planejado. A Tabela 9 detalha cada uma das LTs.

Tabela 9 – Linhas de transmissão abrangidas pelo corredor da LT 230kV Chapada III - Crato II

Status	Tensão	Ligação
Em operação	230 kV	Chapada III – Curral Novo do Piauí C1
		Chapada II – Chapada III C1
Planejada	230 kV	Seccionamento Milagres – Tauá II C1 na SE Crato II

De acordo com as informações disponíveis, a sobreposição da LT planejada se encontra no trecho leste do corredor. Já as LTs em operação se localizam na extremidade do trecho oeste. No trecho central não há LTs planejadas e tampouco em operação.

De acordo com dados da Aneel, não foram identificadas **UHEs, PCHs planejadas ou existentes**. Entretanto, como se observa na Figura 15 foram identificados diversos **aerogeradores de parques eólicos**, no entorno da SE Chapada III. Destaca-se que é possível o desvio de tais empreendimentos por parte do traçado da futura LT.



ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO		LEGENDA	
	Corredor		UFV SIGA/ANEEL
	Em operação		Ferrovia
	Planejada		Rio
	UTE Fóssil		Massa_Dagua
	Aeródromo Privado		230 kV em operação
	Aeródromo Público		230 kV planejada
	Aerogeradores SIGEL/ANEEL		Usina Fotovoltaica Planejada
	EOL SIGA/ANEEL		Área Urbana
			Estado
			Rodovia

REFERÊNCIAS CARTOGRÁFICAS	
0 5 10 Km	
SIRGAS 2000	
FONTES UTILIZADAS	
- Inpe, 2011	- ICA, 2018
- OSM, 2021b	- IBGE, 2009
- OSM, 2021c	- IBGE, 2020
- OSM, 2021d	- EPE, 2018
- EPE, 2022	- Sigel, 2022
- Embrapa, 2017	- EPE, 2017
- Anac, 2020	- ANA, 2019
- IBGE, 2004	

EXECUÇÃO
Empresa de Pesquisa Energética
Diretoria de Estudos
Econômico-Energéticos e Ambientais
Superintendência de Meio Ambiente

TÍTULO
<b>Infraestrutura e Localização</b>
PROJETO
Relatório R1: Estudo de atendimento à região de Milagres

EMPREENDIMENTO
LT 230KV Chapada III - Crato II, C1
ELABORAÇÃO
Clayton B. Silva
DATA
28/01/2023

Figura 15 - Infraestrutura e Localização no corredor da LT 230 kV Chapada III – Crato II

## Vegetação e uso do solo

De forma geral, o uso do solo no corredor é majoritariamente ocupado por vegetação de formação savânica do bioma Caatinga. No trecho oeste, destacam-se áreas de **lavouras temporárias e pastagens**. Já nos trechos central e leste, verifica-se a presença de **áreas de pastagens** e fragmentos de **formação florestal** nos contrafortes da Chapada do Araripe. Destaca-se ainda, como já mencionado anteriormente, a presença de alguns núcleos urbanos de menor porte espalhados por toda extensão do corredor e as áreas urbanas das cidades do Crato e Juazeiro do Norte (Figura 16, Figura 17, Figura 18).

A área em estudo da SE Crato II e, portanto, parte do trecho leste do corredor está parcialmente inserida no polígono de aplicação da Lei nº 11.428/06, conhecida como “**Lei da Mata Atlântica**”, que protege os remanescentes de vegetação nativa componentes desse bioma. O artigo 12 dessa lei estabelece que os novos empreendimentos que impliquem o corte ou a supressão de vegetação do bioma deverão ser implantados preferencialmente em áreas já substancialmente alteradas ou degradadas. De acordo com o artigo 14 da mesma lei, a supressão de vegetação primária e secundária no estágio avançado de regeneração somente poderá ser autorizada em caso de utilidade pública (vegetação secundária em estágio médio de regeneração também poderá ser autorizada em casos de interesse social), sendo que deverá ser devidamente caracterizada e motivada em procedimento administrativo próprio, quando inexistir alternativa técnica e locacional ao empreendimento proposto. Ainda de acordo com a Lei da Mata Atlântica, o corte ou a supressão de vegetação primária ou secundária nos estágios médio ou avançado de regeneração, autorizados pela lei, ficam condicionados à compensação ambiental, na forma de destinação de área equivalente à extensão da área desmatada, com as mesmas características ecológicas, na mesma bacia hidrográfica (sempre que possível na mesma microbacia hidrográfica).

## Meio físico

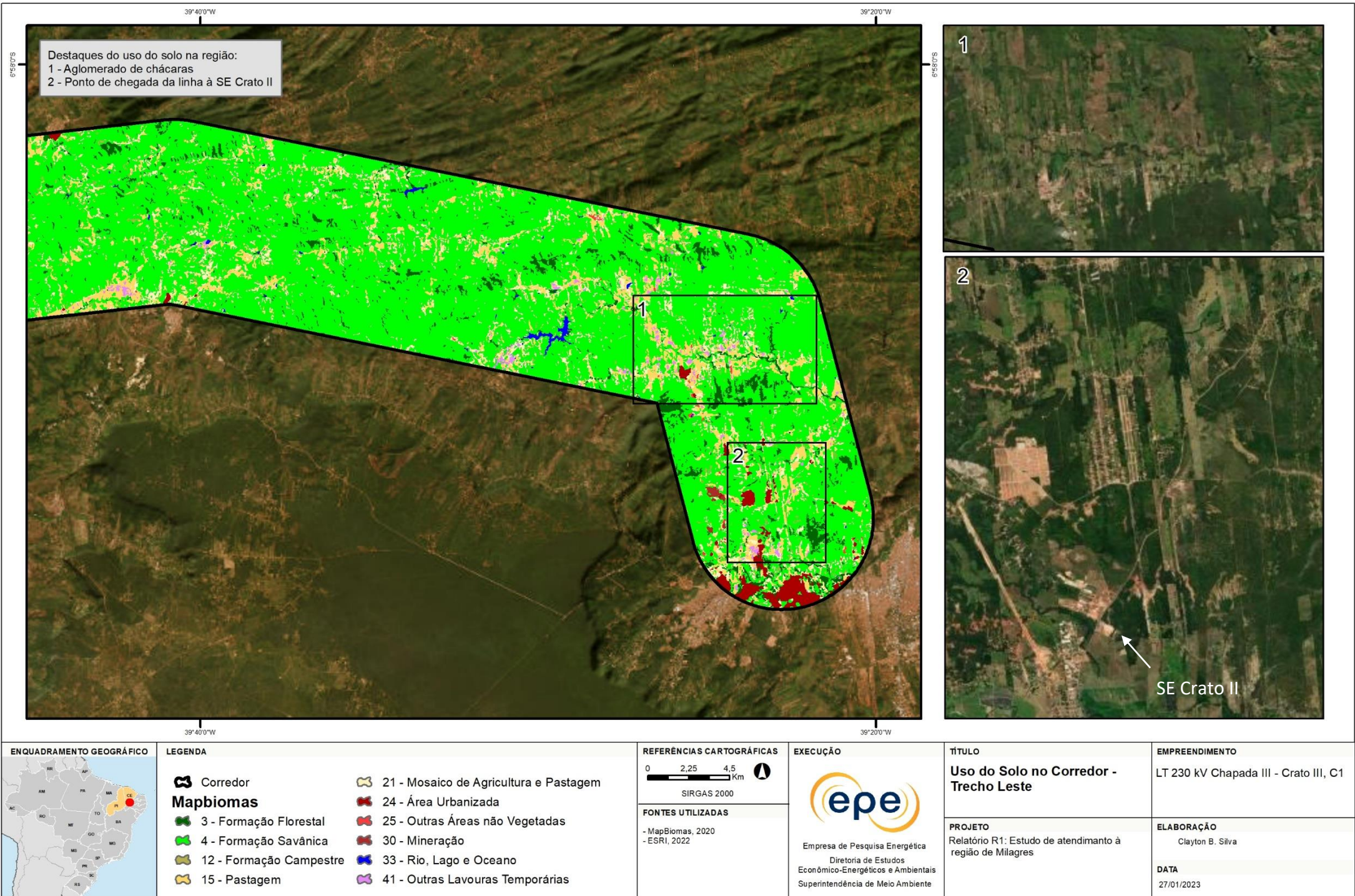
O relevo predominante ao longo do corredor, no sentido Leste-Oeste, está associado a **domínios de Morros e Serras Baixas, Planaltos e Baixos Platôs, Chapadas e Platôs**.

No trecho leste, as declividades variam predominantemente entre 3 e 45% (suave ondulado a forte ondulado), com altitudes entre 400 e 650 metros. O trecho central apresenta relevo predominantemente entre 0 e 20% (plano a ondulado) e, no Oeste, há pequena área de relevo forte ondulado (20 a 45%) relacionado à subida da Chapada do Araripe, com altitudes entre 600 e 800 metros. Os aspectos mencionados, que predominam ao longo do corredor, não devem proporcionar grandes dificuldades para a



implantação da linha e acessos. É importante ressaltar que, em todo o corredor, a implantação do empreendimento poder gerar interferências negativas sobre a beleza cênica, impactando a atividade turística e de lazer.

Por localizar-se em uma região semiárida, a rede de drenagem apresenta pequenos rios e riachos pouco caudalosos, além de diversos cursos d'água intermitentes. A grande maioria dos cursos d'água atravessam o corredor no sentido transversal, com nascentes localizadas na Chapada do Araripe e jusantes no sentido norte. Os principais cursos d'água são **rios Salgado e Curimatá** e **riachos Quinqueleré e dos Carás**. Não há rios de grande porte e, portanto, é improvável que seja necessário o dimensionamento de torres especiais para a travessia da linha.



ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO		LEGENDA	
<p><b>Mapbiomas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Corredor</li> <li> 3 - Formação Florestal</li> <li> 4 - Formação Savânica</li> <li> 12 - Formação Campestre</li> <li> 15 - Pastagem</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li> 21 - Mosaico de Agricultura e Pastagem</li> <li> 24 - Área Urbanizada</li> <li> 25 - Outras Áreas não Vegetadas</li> <li> 30 - Mineração</li> <li> 33 - Rio, Lago e Oceano</li> <li> 41 - Outras Lavouras Temporárias</li> </ul>	

REFERÊNCIAS CARTOGRÁFICAS
<p>0 2,25 4,5 Km</p> <p>SIRGAS 2000</p>
FONTES UTILIZADAS
<p>- MapBiomas, 2020</p> <p>- ESRI, 2022</p>

EXECUÇÃO
<p></p> <p>Empresa de Pesquisa Energética</p> <p>Diretoria de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais</p> <p>Superintendência de Meio Ambiente</p>

TÍTULO
<p><b>Uso do Solo no Corredor - Trecho Leste</b></p>
PROJETO
<p>Relatório R1: Estudo de atendimento à região de Milagres</p>

EMPREENDIMENTO
<p>LT 230 kV Chapada III - Crato III, C1</p>
ELABORAÇÃO
<p>Clayton B. Silva</p>
DATA
<p>27/01/2023</p>

Figura 16 – Uso do solo no trecho leste do corredor da LT 230 kV Chapada III – Crato II

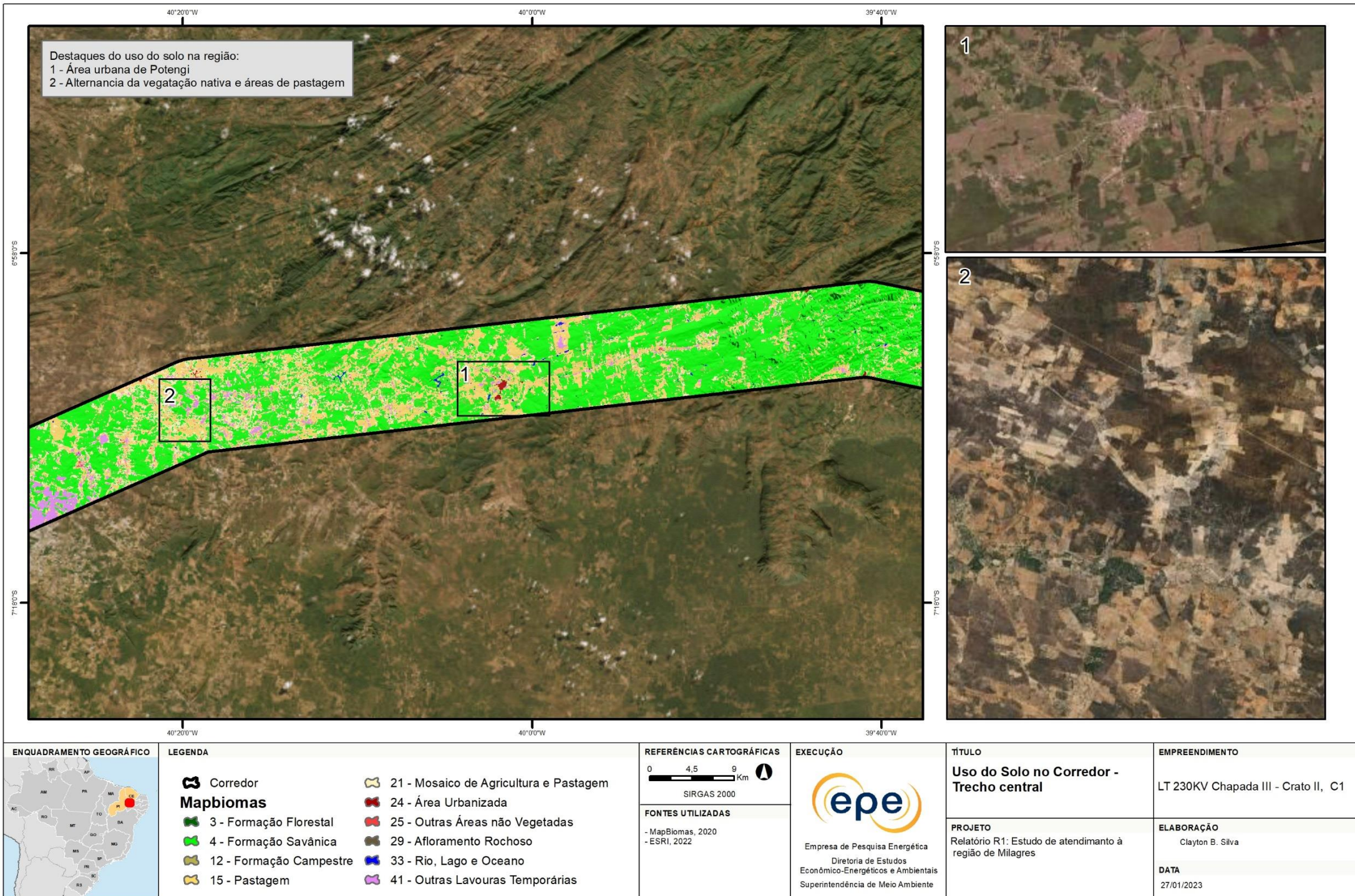


Figura 17 – Uso do solo no trecho central do corredor da LT 230 kV Chapada III – Crato II

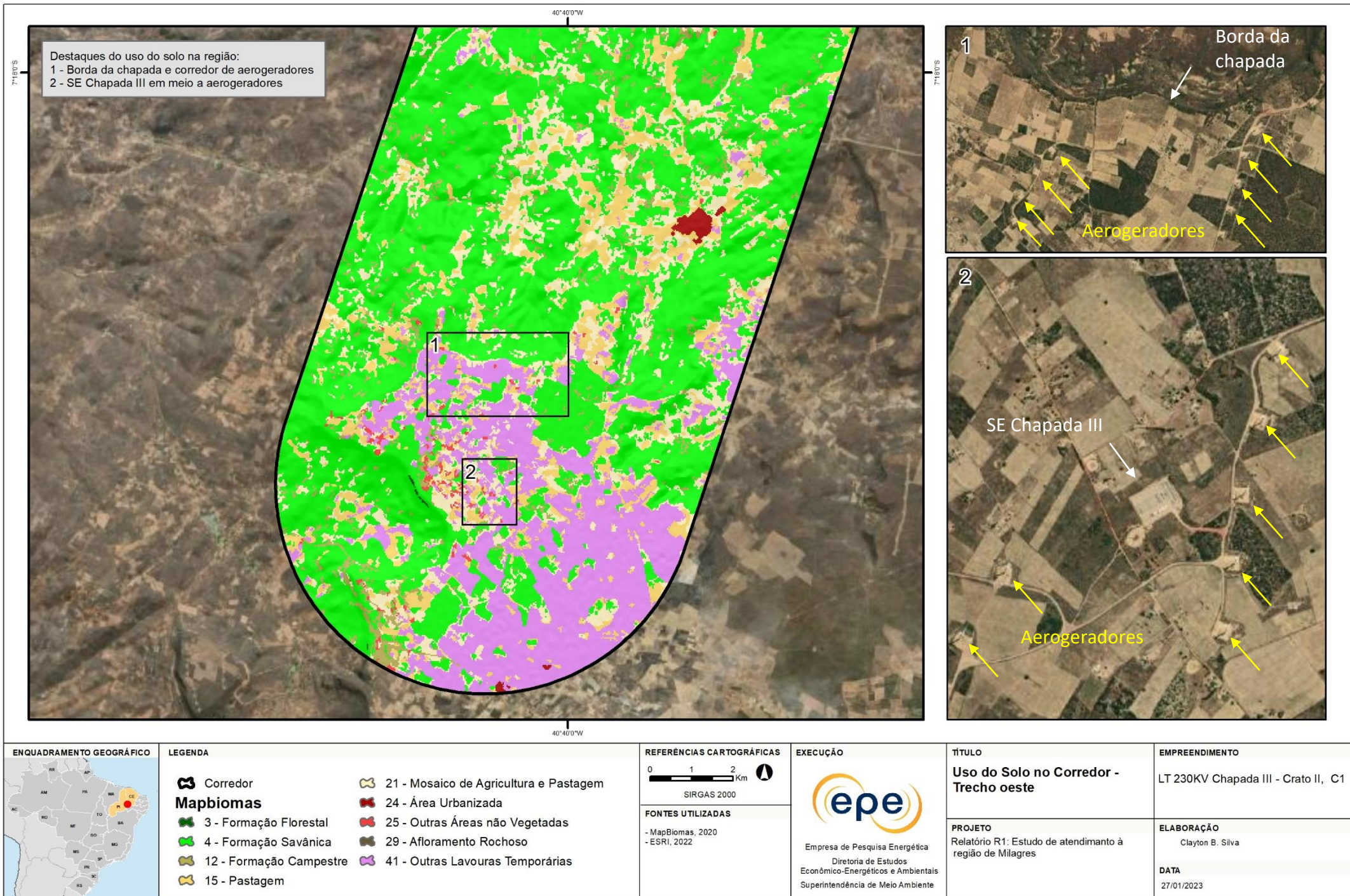
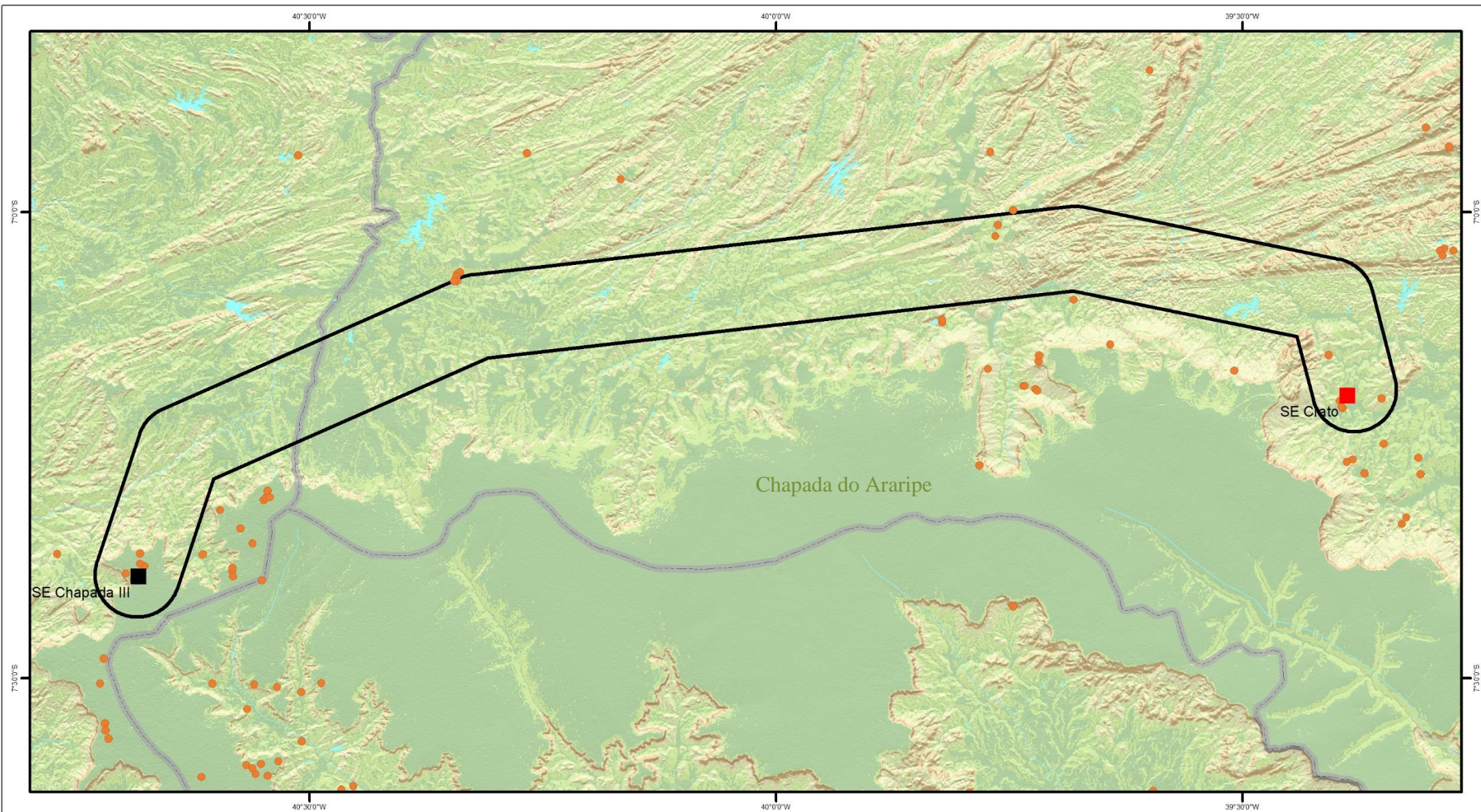


Figura 18 – Uso do solo no trecho oeste do corredor da LT 230 kV Chapada III – Crato II



<p><b>ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO</b></p>	<p><b>LEGENDA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: black; margin-right: 5px;"></span> Em operação</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: red; margin-right: 5px;"></span> Planejada</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid orange; margin-right: 5px;"></span> Sítio Arqueológico</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Corredor</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: cyan; margin-right: 5px;"></span> Massa_Dagua</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border-bottom: 1px solid blue; margin-right: 5px;"></span> Rio</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px dashed gray; margin-right: 5px;"></span> Limite estadual</li> </ul> <p><b>Declividade</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #c8e6c9; border: 1px solid gray; margin-right: 5px;"></span> Plano 0 a 3%</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #e2efda; border: 1px solid gray; margin-right: 5px;"></span> Suave Ondulado 3 a 8%</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #fff9c4; border: 1px solid gray; margin-right: 5px;"></span> Ondulado 8 a 20%</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #ffe0b2; border: 1px solid gray; margin-right: 5px;"></span> Forte Ondulado 20 a 45%</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #ffcdd2; border: 1px solid gray; margin-right: 5px;"></span> Montanhoso 45 a 75%</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #e91e63; border: 1px solid gray; margin-right: 5px;"></span> Escarpado &gt; 75%</li> </ul>	<p><b>REFERÊNCIAS CARTOGRÁFICAS</b></p> <p>0 5 10 Km</p> <p>SIRGAS 2000</p> <p><b>FONTES UTILIZADAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Inpe, 2011</li> <li>- CPRM, 2010</li> <li>- OSM, 2021a</li> <li>- OSM, 2021b</li> <li>- IBGE, 2020</li> </ul>	<p><b>EXECUÇÃO</b></p> <p>Empresa de Pesquisa Energética Diretoria de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais Superintendência de Meio Ambiente</p>	<p><b>TÍTULO</b></p> <p><b>Meio Físico</b></p> <hr/> <p><b>PROJETO</b></p> <p>Relatório R1: Estudo de atendimento à região de Milagres</p>	<p><b>EMPREENDIMENTO</b></p> <p>LT 230KV Chapada III - Crato II, C1</p> <hr/> <p><b>ELABORAÇÃO</b></p> <p>Clayton B. Silva</p> <hr/> <p><b>DATA</b></p> <p>18/01/2023</p>
--	---	--	--	--	---

Figura 19 – Meio Físico no corredor da LT 230 kV Chapada III – Crato II

## Processos minerários

A área sobreposta pelo corredor abrange **124 processos minerários** registrados na ANM, com um processo em fase de concessão de lavra, 38 processos em fase de Licenciamento, 29 em fase de requerimento de licenciamento, 31 em fase de autorização de pesquisa, três em requerimento de pesquisa, 38 na fase de licenciamento e um processo em fase de requerimento de lavra garimpeira. 18 processos estão em fase de disponibilidade e dois aptos para disponibilidade. Com relação às substâncias, há 12 diferentes tipos, sendo que predominam processos de areia (cerca de 28%), argila (cerca de 19%) e granito (cerca de 19%). No trecho central, existe um bloco de processos minerários que ocupa toda a largura do corredor, impossibilitando desvios nesse trecho. Estes processos, no entanto, estão associados à fase de autorização de pesquisa e seus limites podem ser modificados à medida que as fases avancem. Neste sentido, este aspecto não deverá ser representar grande óbice para a implantação do empreendimento ( Figura 20). No entorno da SE Crato II é observada a ocorrência de diversos processos minerários em fases de licenciamento ou autorização de pesquisa. Estes processos são passíveis de desvio.

## Áreas protegidas e com restrições legais

De acordo com a base de dados consultada, não há registros de Territórios Quilombolas e Terras indígenas e tampouco projetos de assentamento.

Com relação a **Territórios Quilombolas**, apesar de não haver qualquer comunidade georreferenciada na base consultada (INCRA, 2021a) dentro dos limites do corredor, de acordo com a Fundação Cultural Palmares (FCP) existem duas comunidades quilombolas certificadas a pelo menos quatro quilômetros ao sul do trecho central, na área da Chapada do Araripe, as comunidades Sítio Arruda e a Serra dos Chagas. Embora não conste na base georreferenciada consta na lista de comunidades certificadas pela Fundação Palmares a comunidade Sítio Carcará, no município de Potengi-CE.

Com relação a **sítios arqueológicos**, em consulta à base do IPHAN, foram identificados sete sítios, um localizado próximo da SE Crato II, no município de Juazeiro do Norte, e seis sítios no entorno da SE Chapada III, no município de Caldeirão Grande do Piauí. Foram identificados dois agrupamentos de **cavernas** próximos a SE Chapada III, na transição para a Chapada do Araripe. Com relação à potencialidade de ocorrência de cavernas, grande parte do corredor se localiza em zona de baixo potencial. A partir de consulta ao Cadastro Nacional de Sítios Arqueológicos foram identificados diversos sítios arqueológicos nos municípios abrangidos pelo corredor. Como esse sistema de busca não possui

representação cartográfica, tais sítios eventualmente podem também estar situados na área do corredor.

Há **uma unidade de conservação** em que o corredor interfere diretamente: a Área de Proteção Ambiental Chapada do Araripe. Por ser uma unidade de conservação de grandes dimensões, ocupando toda a extensão da Chapada do Araripe e áreas adjacentes, os trechos central e oeste estão quase totalmente inseridos na unidade. A extremidade final do trecho oeste, próximo a SE Crato II, também interfere na referida APA, embora em uma área muito menor. Vale ressaltar que a cerca de 10 quilômetros a oeste e a sul da SE Crato II, fora dos limites do corredor, localiza-se o Floresta Nacional Araripe-Apodi.

Do ponto de vista socioambiental, a área do corredor apresenta baixa complexidade socioambiental, visto que há muitas questões e aspectos que se sobrepõem não devem representar grande dificuldade para a implantação do empreendimento. Ainda assim, o corredor foi delineado de modo a permitir que sejam evitadas e minimizadas as interferências em aspectos mais sensíveis ( Figura 21).

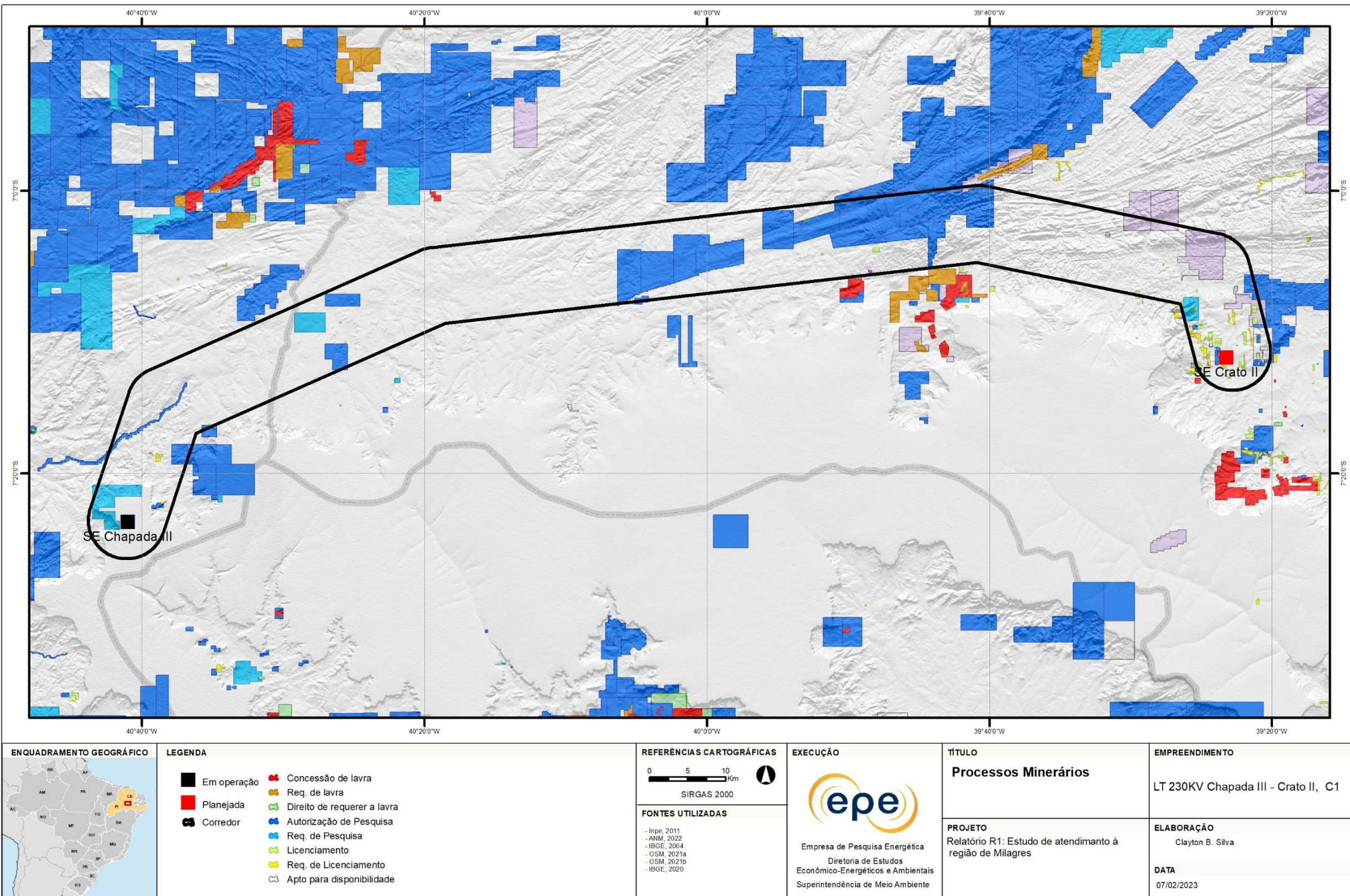
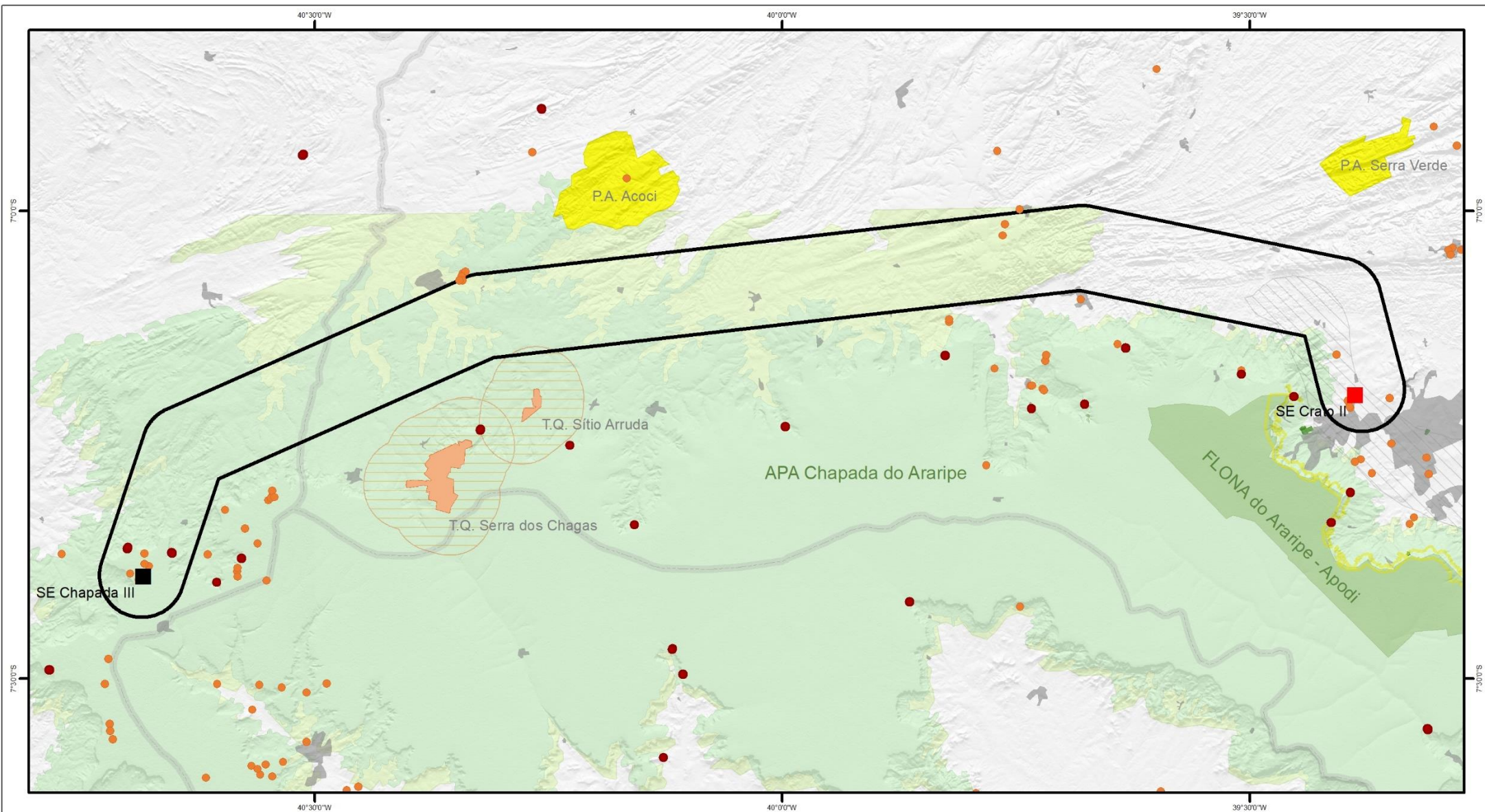


Figura 20 – Processos Minerários no corredor da LT 230 kV Chapada III – Crato II





<p><b>ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO</b></p>	<p><b>LEGENDA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: black; margin-right: 5px;"></span> SE em operação</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: red; margin-right: 5px;"></span> SE planejada</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid red; border-radius: 50%; margin-right: 5px;"></span> Caverna</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px dashed orange; margin-right: 5px;"></span> Sítio Arqueológico</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px dashed orange; margin-right: 5px;"></span> Terra Quilombola</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 2px solid black; margin-right: 5px;"></span> Corredor</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid yellow; margin-right: 5px;"></span> Projeto de Assentamento</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid yellow; margin-right: 5px;"></span> Área-núcleo Reserva da Biosfera</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: grey; margin-right: 5px;"></span> Áreas urbanas</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid grey; margin-right: 5px;"></span> Polígono Lei da Mata Atlântica</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px dashed orange; margin-right: 5px;"></span> Buffer 5km Território Quilombola</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid grey; margin-right: 5px;"></span> Limite estadual</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid green; margin-right: 5px;"></span> UC Proteção Integral</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid green; margin-right: 5px;"></span> UC Uso Sustentável</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid green; margin-right: 5px;"></span> APA</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid green; margin-right: 5px;"></span> Zona de Amortecimento UC</li> </ul>	<p><b>REFERÊNCIAS CARTOGRÁFICAS</b></p> <p>0 5 10 Km</p> <p>Datum: SIRGAS 2000</p> <p><b>FONTES UTILIZADAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Inpe, 2011</li> <li>- OSM, 2021b</li> <li>- IBGE, 2004</li> <li>- Iphan, 2022</li> <li>- Embrapa, 2017</li> <li>- Incra, 2022a</li> <li>- IBGE, 2008</li> <li>- Incra, 2022b</li> <li>- MMA, 2022</li> <li>- Eletrobras, 2011</li> <li>- Ceevav, 2020</li> <li>- ICMBio, 2022</li> <li>- IBGE, 2020</li> </ul>	<p><b>EXECUÇÃO</b></p> <p>Empresa de Pesquisa Energética</p> <p>Diretoria de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais</p> <p>Superintendência de Meio Ambiente</p>	<p><b>TÍTULO</b></p> <p><b>Áreas Protegidas no Corredor</b></p> <p><b>PROJETO</b></p> <p>Relatório R1: Estudo de atendimento à região de Milagres</p>	<p><b>EMPREENDIMENTO</b></p> <p>LT 230kV Chapada III - Crato II, C1</p> <p><b>ELABORAÇÃO</b></p> <p>Clayton B. Silva</p> <p><b>DATA</b></p> <p>27/01/2023</p>
--	---	--	--	---	---

Figura 21 – Áreas protegidas e com restrições legais no corredor da LT 230 kV Chapada III – Crato II

### Recomendações para o Relatório R3

Deverão ser estudadas criteriosamente, durante a elaboração do Relatório R3 deste empreendimento, as opções de traçado para a futura LT, escolhendo-se a alternativa mais viável do ponto de vista socioambiental, fundiário e construtivo. A seguir, são apresentadas as principais recomendações para a definição da diretriz da LT planejada, quando da elaboração do referido relatório:

- Considerar o arranjo planejado da SE Crato II, proposto pela equipe de elaboração do respectivo Relatório R4, de forma a compatibilizar a diretriz com o espaço reservado para a conexão da LT planejada.
- Considerar o arranjo planejado da SE Chapada III, proposto pela equipe de elaboração do respectivo Relatório R4, de forma a compatibilizar a diretriz com o espaço reservado para a conexão da LT planejada.
- Buscar informações acerca de zonas de amortecimento da Floresta Nacional Araripe-Apodi, localizado próximo ao corredor, e suas possíveis restrições.
- Buscar informações acerca da APA da Chapada do Araripe e suas possíveis restrições.
- Evitar interferência com os sítios arqueológicos.
- Desviar, na medida do possível, dos remanescentes de vegetação nativa sobrepostos pelo corredor e evitar interferência com as Áreas de Preservação Permanente, priorizando-se áreas já antropizadas.
- Evitar, se possível, sobreposição com os processos minerários abrangidos pelo corredor, desviando preferencialmente daqueles que se encontram em estágios mais avançados.
- Manter o distanciamento mínimo de 250 metros das cavernas presentes no corredor, considerando o disposto no artigo 4º da Resolução Conama 347/2004.
- Minimizar o cruzamento com os cursos d'água presentes no corredor.
- Desviar o traçado das áreas urbanas presentes no corredor, além das áreas de concentração de habitações e benfeitorias rurais.
- Buscar, sempre que possível, proximidade com rodovias e vias de acesso existentes.
- Buscar informações mais atualizadas sobre os parques eólicos e evitar interferência sobre os locais definidos para tais infraestruturas.



## 4 REFERÊNCIAS

Anac. Agência Nacional de Aviação Civil, 2022. Cadastro de Aeródromos públicos e provados. Disponível em: <http://www.anac.gov.br/assuntos/setor-regulado/aerodromos/cadastro-de-aerodromos>. Acesso em: dezembro de 2022.

Aneel. Agência Nacional de Energia Elétrica, 2022. Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico – SIGEL. Disponível em: <http://sigel.aneel.gov.br/sigel.html>. Acesso em: junho de 2022.

Cecav. Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas, 2022. Mapa de Ocorrências de Cavernas – ICMBio. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cecav/downloads/mapas.html>. Acesso em: março de 2017.

Coelce. Companhia Energética do Ceará, 2017. Traçado georreferenciado de linhas de distribuição existentes [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <luiz.lorentz@epe.gov.br> em 20 jul. 2017.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil, 2010. Mapas de Geodiversidade Estaduais. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Gestao-Territorial/Mapas-de-Geodiversidade-Estaduais-1339.html>. Acesso em: janeiro de 2023.

\_\_\_\_\_. Serviço Geológico do Brasil, 2010. Mapa de Declividade em Percentual do Relevo Brasileiro. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Geodiversidade/Mapa-de-Declividade-em-Percentual-do-Relevo-Brasileiro-3497.html>. Acesso em: março de 2022.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura dos Transportes, 2015. Base Cartográfica de malha viária. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/mapas-multimodais/shapefiles>. Acesso em: fevereiro de 2015.

ANM. Agência Nacional de Mineração. 2022. Processos Minerários (arquivos vetoriais). Disponível em: [https://app.anm.gov.br/dadosabertos/SIGMINE/PROCESSOS\\_MINERARIOS/BRASIL.zip](https://app.anm.gov.br/dadosabertos/SIGMINE/PROCESSOS_MINERARIOS/BRASIL.zip). Acesso em: dezembro de 2022.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética, 2022. Base Georreferenciada de Linhas de Transmissão e Subestações. Disponível em: <https://gisepeprd.epe.gov.br/webmapepe/>. Acesso em: março de 2022.

ESRI. Arcgis Desktop 10.5.1. Disponível em: <https://www.esri.com/en-us/home>. Acesso em: março de 2022.

FCP. Fundação Cultural Palmares. Certificação Quilombola. Disponível em: [https://www.palmares.gov.br/?page\\_id=37551](https://www.palmares.gov.br/?page_id=37551). Acesso em: março de 2022.

Funai. Fundação Nacional do Índio, 2022. Base Cartográfica Delimitação das Terras Indígenas do Brasil. Disponível em: <http://www.funai.gov.br/index.php/shape>. Acesso em: março de 2022.

Google. Google Earth Pro 7.1.2.2041. Disponível em: <https://www.google.com/earth/> Acesso em: março de 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2009. Base Cartográfica Integrada Brasil ao Milionésimo. Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acesso em: novembro de 2020.

INCRA, Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, 2023. Projetos de Assentamento. Arquivos em formato shapefile. Disponível em: [http://certificacao.incra.gov.br/csv\\_shp/export\\_shp.py](http://certificacao.incra.gov.br/csv_shp/export_shp.py). Acesso em: 03/01/2023.

ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas - CANIE. Arquivos em formato shapefile. Disponível em: [https://www.icmbio.gov.br/cecav/images/stories/downloads/Base de dados/Cavernas\\_canie\\_2021\\_geral.zip](https://www.icmbio.gov.br/cecav/images/stories/downloads/Base_de_dados/Cavernas_canie_2021_geral.zip). Acesso em: 30/06/2022

Iphan. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, 2023a. Cadastro Nacional de Sítios Arqueológicos. Disponível em: <http://www.iphan.gov.br/>. Acesso em: janeiro de 2023.

\_\_\_\_\_. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, 2018b. Banco de Dados do Sistema de Gerenciamento do Patrimônio Arqueológico. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/1227/>. Acesso em: março de 2022.

Mapbiomas, 2021. Projeto MapBiomas – Coleção 5 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. Disponível em: <https://mapbiomas.org>. Acesso em: dezembro de 2022.

MMA. Ministério do Meio Ambiente, 2022. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Mapa de Unidades de Conservação Federais e Estaduais. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm> Acesso em: novembro de 2022.

ONS. Operador Nacional do Sistema Elétrico, 2022. Plano da Operação Elétrica de Médio Prazo do SIN - PAR/PEL 2022 - Ciclo 2023-2027. Disponível em: <https://sintegre.ons.org.br/sites/8/42/60/Produtos/197/29-12->

[2022\\_184300/PAR%20PEL%202022%20-%20Ciclo%202023-2027%20-%20Volume%20I%20-%20Tomo%202.pdf?d=waaabc5a0f24a4660abdda9be7ae81432](#). Acesso em: janeiro de 2023.

SIGEL. Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico, 2022. Localização de Usinas Elétricas em operação e planejadas. Disponível em: <https://sigel.aneel.gov.br/portal/home/>. Acesso em: fevereiro de 2022.

USGS. United States Geological Survey, 2012. Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER). Disponível em <http://gdex.cr.usgs.gov/gdex/>. Acesso em: junho de 2012.

## APÊNDICES

### TABELAS DE RECOMENDAÇÕES PARA OS EMPREENDIMENTOS PLANEJADOS

**APÊNDICE A – TABELA DE COMPARAÇÃO DA SE 230/69 kV Crato II – RELATÓRIO R1 /  
RELATÓRIO R3**

<b>SE 230/69 kV Crato II</b>	
<b>Tabela 1 – Comparação da localização da SE (Relatório R3) com o proposto no Relatório R1</b>	
<b>Responsável pelo preenchimento:</b>	
<b>Contato do Responsável:</b>	
<b>Data:</b>	
<b>Comparação da localização da SE (Relatório R3) com o proposto no Relatório R1</b>	
No caso de localização da SE Crato II em local diferente do indicado no Relatório R1, indicar justificativa(s):	
1. Anexar mapa indicando a localização proposta para a SE Crato II no Relatório R3, e os principais fatores socioambientais que influenciaram essa localização. 2. Coordenadas da localização proposta para a SE Crato II: 3. Anexar arquivo Kmz da localização da subestação	
<b>Pontos notáveis verificados no Relatório R3, não identificados no Relatório R1</b>	
<b>Recomendações do Relatório R1 e atendimento no Relatório R3</b>	
<b>Recomendações do R1</b>	<b>Foi atendida a recomendação? Em caso negativo, favor justificar.</b>
1. Interagir com a equipe responsável pelo relatório R4, para considerar as dimensões e a localização da SE Crato II, de modo que o posicionamento da SE evite interferências em áreas de preservação permanente.	
2. Na medida do possível, evitar interferência com as benfeitorias presentes na área.	
3. Levantar, junto à Prefeitura de Crato, a legislação municipal de uso e ocupação do solo e eventuais restrições locais à futura subestação Crato II; apresentar em mapa a posição da subestação em relação ao zoneamento do município, comentando em texto as prescrições e eventuais restrições do zoneamento para as zonas onde se insere o empreendimento.	
4. Consultar o DNPM a fim de verificar o estágio dos processos minerários abrangidos pela área recomendada para implantação da SE Crato II e evitar aqueles em fases mais avançadas.	



5. Levantar junto aos gestores da APA Chapada do Araripe o plano de manejo da APA para avaliar eventuais restrições de uso e ocupação do solo para as zonas onde se insere o empreendimento.	
6. Analisar o melhor ponto para o seccionamento da LD 69kV Crato - Nova Olinda.	
7. Obter a localização dos sítios arqueológicos não georreferenciados e cadastrados pelo Iphan que se localiza no município de Crato, de forma a evitar interferência sobre mesmos.	

**APÊNDICE B – Tabela de comparação do Secc. LT 230 kV Milagres - Tauá II na SE Crato II CD**

Seccionamento da LT 230 kV Milagres - Tauá II na SE Crato II CD	
Tabela 1 - Comparação da diretriz da LT (Relatório R3) com o proposto no Relatório R1	
Responsável pelo preenchimento:	
Contato do Responsável:	
Data:	
Comparação da diretriz da linha de transmissão (R3) com o corredor estudado no R1	
Extensão do eixo do corredor (R1): 34 km	Extensão da diretriz da LT (R3):
Variação da extensão e principal(ais) motivos:	
A diretriz está inteiramente inserida no corredor?	
No caso de não inserção da diretriz do R3 no corredor do R1, informar os motivos:	
1 - Anexar o mapa contendo o corredor estudado no Relatório R1 e a diretriz proposta no Relatório R3, e os principais fatores socioambientais que influenciaram a diretriz.	
2 - Encaminhar arquivo digital da diretriz definida no R3 (formato KML ou <i>shapefile</i> ).	
Pontos notáveis verificados no R3, não identificados no R1	
Recomendações do R1 e atendimento no R3	
Recomendações do R1	Foi atendida a recomendação? Em caso negativo, favor justificar.
1. Buscar, sempre que possível, proximidade com as rodovias e estradas existentes de modo a diminuir a necessidade de abertura de novos e reduzir a supressão de vegetação.	
2. Levantar, junto às Prefeituras de Crato, Juazeiro do Norte, Caririaçu e Aurora a legislação municipal de uso e ocupação do solo e eventuais restrições locais à futura LT; apresentar em mapa a posição da linha em relação ao zoneamento do município, comentando em texto as prescrições e eventuais restrições do zoneamento para as zonas onde se insere o empreendimento.	
3. Obter a localização dos sítios arqueológicos não georreferenciados e cadastrados pelo Iphan que se localiza no município de Crato, de forma a evitar interferência sobre os mesmos.	
4. Levantar junto aos gestores da APA Chapada do Araripe o plano de manejo da APA para avaliar eventuais restrições de uso e ocupação do solo para as zonas onde se insere o empreendimento.	

5. Evitar interferência com os núcleos urbanos e localidades presentes ao longo do corredor.	
6. Evitar sobreposição com os processos minerários abrangidos pelo corredor, e desviar daqueles que se encontram em estágio mais avançado.	

**APÊNDICE C – Tabela de comparação do R1 e R3 da LT 230 kV Chapada III - Crato II, C1 CS**

LT 230kV Chapada III - Crato II C1, CS	
<b>Tabela 1 - Comparação da diretriz da LT (Relatório R3) com o proposto no Relatório R1</b>	
Responsável pelo preenchimento:	
Contato do Responsável:	
Data:	
<b>Comparação da diretriz da linha de transmissão (R3) com o corredor estudado no R1</b>	
Extensão do eixo do corredor (R1): 169 km	Extensão da diretriz da LT (R3):
Variação da extensão e principal(ais) motivos:	
A diretriz está inteiramente inserida no corredor?	
No caso de não inserção da diretriz do R3 no corredor do R1, informar os motivos:	
1 - Anexar o mapa contendo o corredor estudado no Relatório R1 e a diretriz proposta no Relatório R3, e os principais fatores socioambientais que influenciaram a diretriz.	
2 - Encaminhar arquivo digital da diretriz definida no R3 (formato KML ou <i>shapefile</i> ).	
<b>Pontos notáveis verificados no R3, não identificados no R1</b>	
<b>Recomendações do R1 e atendimento no R3</b>	
Recomendações do R1	Foi atendida a recomendação? Em caso negativo, favor justificar.
1. Considerar o arranjo planejado da SE Crato II, proposto pela equipe de elaboração do respectivo Relatório R4, de forma a compatibilizar a diretriz com o espaço reservado para a conexão da LT planejada.	
2. Considerar o arranjo planejado da SE Chapada III, proposto pela equipe de elaboração do respectivo Relatório R4, de forma a compatibilizar a diretriz com o espaço reservado para a conexão da LT planejada.	
3. Buscar informações acerca de zonas de amortecimento da Floresta Nacional Araripe-Apodi, localizado próximo ao corredor, e suas possíveis restrições.	
4. Buscar informações sobre a APA Chapada do Araripe e suas possíveis restrições.	
5. Evitar interferência com os sítios arqueológicos.	
6. Desviar, na medida do possível, dos remanescentes de vegetação nativa sobrepostos pelo corredor e evitar interferência com as Áreas de Preservação	

Permanente, priorizando-se áreas já antropizadas.	
7. Evitar, se possível, sobreposição com os processos minerários abrangidos pelo corredor, desviando preferencialmente daqueles que se encontram em estágios mais avançados.	
8. Manter o distanciamento mínimo de 250 metros das cavernas presentes no corredor, considerando o disposto no artigo 4º da Resolução Conama 347/2004.	
9. Minimizar o cruzamento com os cursos d'água presentes no corredor.	
10. Desviar o traçado das áreas urbanas presentes no corredor, além das áreas de concentração de habitações e benfeitorias rurais.	
11. Buscar, sempre que possível, proximidade com rodovias e vias de acesso existentes.	
12. Buscar informações mais atualizadas sobre os parques eólicos e evitar interferência sobre os locais definidos para tais infraestruturas.	