



Empresa de Pesquisa Energética

ESTUDOS PARA A EXPANSÃO DA TRANSMISSÃO

ANÁLISE TÉCNICO-ECONÔMICA E SOCIOAMBIENTAL DE ALTERNATIVAS: RELATÓRIO R1

Estudo de Atendimento à Região Metropolitana de Recife

Setembro de 2020



GOVERNO FEDERAL
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministério de Minas e Energia

Ministro

Bento Albuquerque

Secretário-Executivo do MME

Marisete Fátima Dadald Pereira

Secretário de Planejamento e Desenvolvimento Energético

Secretário de Energia Elétrica

Rodrigo Limp Nascimento

Secretário de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis

José Mauro Ferreira Coelho

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Alexandre Vidigal de Oliveira

ESTUDOS PARA A LICITAÇÃO DA EXPANSÃO DA TRANSMISSÃO

ANÁLISE TÉCNICO-ECONÔMICA DE ALTERNATIVAS: RELATÓRIO R1

*Estudo de Atendimento à Região
Metropolitana de Recife*



Empresa de Pesquisa Energética

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

Presidente

Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais

Giovani Vitória Machado

Diretor de Estudos de Energia Elétrica

Erik Eduardo Rego

Diretor de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustíveis

Heloisa Borges Bastos Esteves

Diretor de Gestão Corporativa

Angela Livino

Coordenação Geral

Erik Eduardo Rego
Giovani Vitória Machado

Coordenação Executiva

José Marcos Bressane
Elisângela Medeiros de Almeida

Equipe Técnica

Bruno Scarpa Alves da Silveira
Fabiano Schmidt
Gustavo Valeriano Neves Luizson
Igor Chaves
Kátia Gisele Matosinho
Leonardo de Sousa Lopes
Luiz Felipe Froede Lorentz
Marcelo Willian Henriques Szrajbman
Marcos Vinicius Gonçalves da Silva Farinha
Maria de Fátima de Carvalho Gama
Sergio Felipe Falcão Lima
Thiago Galvão
Vinicius Ferreira Martins

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

Sede

SCN, Qd. 01, Bl. C, nº 85, Sl. 1712/1714
70711-902 - Brasília - DF

Escritório Central

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

Nº EPE-DEE-NT-023/2020-rev0

Data: 25/09/2020

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

	 Empresa de Pesquisa Energética	Contrato Data de assinatura	
Projeto ESTUDOS PARA A LICITAÇÃO DA EXPANSÃO DA TRANSMISSÃO			
Área de estudo Estudos do Sistema de Transmissão			
Sub-área de estudo Análise Técnico-econômica			
Produto (Nota Técnica ou Relatório) EPE-DEE-RE-023/2020-rev0 Estudo de Atendimento à Região Metropolitana de Recife			
Revisões rev0	Data 25/09/2020	Descrição sucinta Emissão Original	

APRESENTAÇÃO

Este relatório apresenta o estudo de alternativas para interligação em 230 kV entre a SE Recife II e a SE Bongi, com o objetivo de atendimento às cargas da Celpe/Neoenergia no município de Recife.

SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	7
1 INTRODUÇÃO.....	9
1.1 Sistema Elétrico da Região de Interesse	9
1.2 Objetivos	10
2 CONCLUSÕES	11
3 RECOMENDAÇÕES.....	13
4 DADOS, PREMISSAS E CRITÉRIOS.....	16
4.1 Critérios Básicos	16
4.2 Base de Dados	16
4.3 Mercado Celpe/Neoenergia.....	16
4.4 Horizonte do Estudo	18
4.5 Limites Operativos	19
4.5.1 Tensão	19
4.5.2 Carregamento	19
4.5.3 Fator de Potência	19
4.5.4 Confiabilidade	20
4.6 Parâmetros Econômicos	20
4.7 Recomendação de obras	21
4.8 Análises de sensibilidade	21
5 DIAGNÓSTICO	23
6 ALTERNATIVAS	26
6.1 Alternativa 1	26
6.1.1 Fluxo de Potência	27
6.1.2 Análise de Sensibilidade	30
6.1.3 Sobretensões à Frequência Industrial 60 Hz.....	33
6.1.4 Curto-Circuito.....	34
6.2 Alternativa 2	35
6.2.1 Fluxo de Potência	36
6.2.2 Análise de Sensibilidade	39
6.2.3 Sobretensões à Frequência Industrial 60 Hz.....	42
6.2.4 Curto-Circuito.....	43

6.3	Alternativa 3	44
6.4	Especificações Básicas das Linhas de Transmissão Aéreas.....	45
6.4.1	Dados e Premissas	45
6.4.2	CrITÉrios Para Análises Eléctricas e Comparações EconÔmicas	46
6.4.3	Avaliações EconÔmicas.....	47
6.4.4	Características Técnicas da Solução de Referência.....	49
6.5	Especificações Básicas das Linhas de Transmissão Subterrâneas	52
6.5.1	Dados e Premissas	52
6.5.2	CrITÉrios Para Definição das Capacidades de Corrente.....	53
6.5.3	Simulações e Dimensionamento.....	54
6.5.4	Características Técnicas das Soluções de Referência.....	56
7	ANÁLISE ECONÔMICA.....	58
7.1	Custo de Investimento	58
7.2	Custo de Perdas Eléctricas	59
7.3	Comparação EconÔmica das Alternativas	60
8	RELATO DA VISITA DE CAMPO.....	61
8.1	Alternativa de Recapacitação e Ocupação das Faixas de Servidão	61
8.2	Nova LT 230 kV Recife II – Bongj ao longo da BR-232	64
8.3	Conclusões sobre a visita de campo	65
9	ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL	67
10	REFERÊNCIAS	68
11	EQUIPE TÉCNICA	69
12	ANEXOS.....	70
12.1	Parâmetros de Linhas de Transmissão.....	70
12.2	Consultas de Viabilidade de Expansão	71
12.3	Ficha PET	94
12.4	Nota Técnica EPE/DEA/SMA 008/2020.....	95

1 INTRODUÇÃO

1.1 Sistema Elétrico da Região de Interesse

O fornecimento de grandes blocos de energia elétrica à Região Metropolitana de Recife é realizado partir das subestações 500/230 kV Recife II (4 x 600 MVA), Suape II (2 x 600 MVA) e Pau Ferro (2 x 750 MVA), que são conectadas ao sistema de 500 kV interligado às usinas hidrelétricas do Rio São Francisco e às áreas de geração de energia eólica da região Nordeste. O suprimento local é efetuado por oito subestações de fronteira nos níveis de tensão 230/69 kV e 230/13,8 kV, conforme apresentado na Tabela 1-1.

Tabela 1-1 – Subestações de Fronteira (Região Metropolitana de Recife)

Subestação	Transformação	Capacidade Instalada
Pirapama II	230/69 kV	4 x 100 MVA
Mirueira	230/69 kV	4 x 100 MVA
Mirueira II	230/69 kV	2 x 150 MVA
Pau Ferro	230/69 kV	4 x 100 MVA
Joairam	230/69 kV	3 x 150 MVA
Bongi	230/69 kV	4 x 100 MVA
Bongi	230/13,8 kV	3 x 40 MVA
Jaboatão II	230/69 kV	2 x 150 MVA
Suape III	230/69 kV	3 x 100 MVA

Com o objetivo de solucionar problemas de esgotamento da transformação da SE 230/69 kV Bongi, a EPE emitiu em agosto de 2019 o “Estudo de Expansão da Subestação Bongi”, relatório nº EPE-DEE-RE-055/2019, Ref.[1], que recomendou diversas obras de ampliação da SE Bongi, com destaque para a substituição de 3 TR 230/69 kV de 100 MVA por 200/240 MVA, a implantação do 5º TR 230/69 kV de 200/240 MVA, a desativação dos 3 TR 230/13,8 kV de 40 MVA e a implantação de 1 TR 69/13,8 kV de 80 MVA.

Atualmente, a SE Bongi é conectada ao SIN por um eixo de 230 kV composto por uma linha de transmissão de circuito duplo e uma linha de circuito simples que interliga as subestações Recife II, Joairam e Bongi. Devido ao crescimento de carga da SE Bongi, o estudo indicou ainda a necessidade de ampliação dessa interligação para o ano de 2028. No entanto, as obras referentes às linhas de transmissão não foram recomendadas naquele momento, pois a complexidade das análises socioambientais da região exigiu maiores interações com os poderes públicos locais, o que poderia

causar atrasos na recomendação das obras de ampliação da SE Bongi, cuja data de necessidade é 2025.

1.2 Objetivos

O objetivo deste estudo é indicar a melhor alternativa de ampliação da capacidade de transmissão de energia elétrica entre as SEs Recife II e Bongi, considerando o crescimento de carga da distribuidora Celpe/Neoenergia previsto para o horizonte 2025-2034 e a nova capacidade de transformação a ser implantada na SE Bongi, conforme recomendações do relatório nº EPE-DEE-RE-055/2019.

O estudo deve indicar, dos pontos de vista técnico, econômico e socioambiental, o melhor cronograma de obras a ser implantado, levando em conta 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.

2 CONCLUSÕES

Na Seção 6, foram estudadas três alternativas de expansão da Rede Básica para ampliação da capacidade de transmissão entre as subestações Recife II e Bongí no ano de 2028. Todas as alternativas foram avaliadas quanto ao atendimento aos critérios de planejamento elétrico e às premissas estabelecidas para este estudo.

A Alternativa 1 considera a implantação da LT 230 kV Recife II - Bongí C1/C2 de circuito duplo com 14,5 km de extensão, composta por um trecho de 3,0 km aéreo convencional e um trecho de 11,5 km de cabos subterrâneos, com rota pela rodovia BR-232 nos municípios de Jaboatão dos Guararapes e Recife.

A Alternativa 2 considera a implantação da LT 230 kV Recife II - Bongí C1/C2 de circuito duplo com 18,9 km de extensão, composta por um trecho de 13,2 km aéreo convencional, com rota passando pelas proximidades das reservas ambientais Manassú, Mata das Nascentes e Mata da Várzea, e um trecho de 5,7 km de cabos subterrâneos, que percorre áreas industriais próximas ao Instituto Ricardo Brennand, passando pelo Complexo Militar do Curado e pela rodovia BR-232 no município de Recife.

A Alternativa 3 é composta pela obra de recapacitação das LTs 230 kV existentes Recife II – Joairam 04V1 com 7,4 km em circuito simples (C1), Recife II – Joairam 04V2 e 04V3 com 7,4 km em circuito duplo (C2 e C3), Joairam – Bongí 04V4 com 6,3 km em circuito simples (C1) e Joairam – Bongí 04V5 e 04V6 com 6,4 km em circuito duplo (C2 e C3).

É importante destacar que a EPE realizou uma visita de campo entre os dias 15 e 16 de abril de 2019, que percorreu a BR-232 e o eixo de 230 kV Recife II – Joairam – Bongí e está relatada na Seção 8 deste relatório. Nessa visita de campo, constatou-se que as linhas de transmissão existentes no eixo Recife II – Joairam – Bongí se encontram com a faixa de servidão em processo avançado de ocupação irregular nas seguintes áreas: bairro Santo Aleixo, no município de Jaboatão dos Guararapes; região do Curado, no limite entre os municípios de Jaboatão dos Guararapes e Recife; e Comunidade do Vietnã – San Martin, no município de Recife.

Essa situação pode causar diversos problemas para operação e manutenção dessas linhas, colocando em risco o atendimento elétrico à Região Metropolitana de Recife. Com base nas análises realizadas, concluiu-se que a liberação das faixas de servidão é inviável, o que resultou na eliminação da Alternativa 3.

Dentro desse contexto, as análises econômicas foram realizadas apenas para as alternativas 1 e 2, considerando o valor presente dos custos das alternativas referidos a 2020 e utilizando o método dos rendimentos necessários com truncamento das séries temporais em 2035, ano horizonte do estudo. O custo de cada alternativa, por sua vez, foi calculado tomando-se por base os investimentos e as perdas diferenciais em relação à alternativa que apresentou menores perdas. A Tabela 2-1 apresenta o resumo da comparação econômica.

Tabela 2-1– Comparação econômica das alternativas: Investimento + Perdas

Comparação Econômica (R\$ x 1000)					
Alternativas	Investimento	Δ Perdas	Total	(%)	Ordem
Alternativa 1	42.812,99	0,00	42.812,99	143,1%	2ª
Alternativa 2	28.957,62	963,78	29.921,40	100,0%	1ª

A Alternativa 2 se mostrou a alternativa mais vantajosa sob ponto de vista econômico. Em relação à Alternativa 1, mesmo aumentando a extensão total da LT 230 kV Recife II – Bongí CD ao contornar as reservas ambientais Manassú, Mata das Nascentes e Mata da Várzea, essa alternativa conseguiu reduzir a extensão dos trechos de linhas de transmissão subterrâneas, que possuem custo de implantação elevado em relação aos trechos aéreos convencionais.

A Alternativa 1 se mostrou a menos vantajosa, principalmente em função do custo de implantação dos longos trechos em linhas de transmissão subterrâneas de 230 kV que a compõem.

3 RECOMENDAÇÕES

Tendo em vista os critérios técnicos, econômicos e socioambientais, recomenda-se a implantação da **Alternativa 2**, com o cronograma de obras de acordo com a Tabela 3-1.

Tabela 3-1 – Alternativa Vencedora –Obras de Linhas de Transmissão

Ano	Linha de Transmissão	Tensão	Configuração	Extensão
2028	Recife II - Bongí CD	230 kV		18,9 km
	Trecho aéreo convencional		2x CAA 795 MCM	13,2 km
	Trecho subterrâneo		AI 2000 mm ²	5,7 km

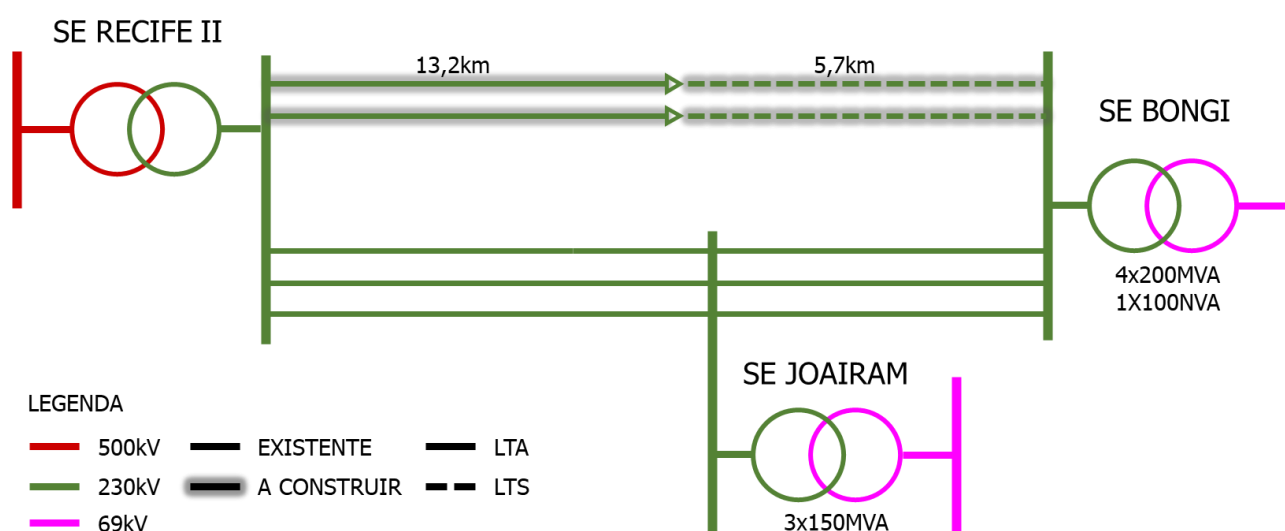


Figura 3-1 – Diagrama Esquemático da Alternativa Vencedora

Conforme Anexo 12.2, para conexão da nova LT 230 kV Recife II – Bongí na SE Recife II, deverão ser implantados 2 módulos de entrada de linha (EL) de 230 kV em arranjo barra dupla a cinco chaves (BD5) com necessidade de ampliação do barramento e aquisição de 10.000 m² de terreno, aproximadamente. Para conexão da Linha de Transmissão Subterrânea (LTS) na SE Bongí, são necessários 2 EL de 230 kV em arranjo barra principal e transferência (BPT) e a ampliação dos barramentos.

Recomenda-se dispensar a elaboração do Relatório R2 para a LT 230 kV Recife II – Bongí, C1 e C2, levando-se em consideração as conclusões das análises de detalhamento realizadas neste Relatório R1. Cabe destacar que o comprimento dessa linha é de 18,9 km, sendo 13,2 km de trecho aéreo e 5,7 km de subterrâneo, e ela não possui compensação reativa.

Entretanto, sugere-se que, caso sejam identificadas elevadas sobretensões e/ou energias nos para-raios de ZnO nos estudos desenvolvidos nas etapas posteriores ao processo licitatório, seja considerada a adoção de medidas mitigatórias para redução dos impactos dos transitórios de manobra, dentre as quais a utilização de resistores de pré-inserção.

Deverão ser estudadas criteriosamente, durante a elaboração do Relatório R3 da linha de transmissão 230kV Recife II - Bongi, 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:

- Obter informações atualizadas da rede de distribuição de gás nos municípios de Jaboatão dos Guararapes e Recife junto à Companhia de Gás do Pernambuco (Copergás) e sobre expansão futura na área do empreendimento.
- Obter informações atualizadas da rede de água e esgoto da cidade de Recife junto à Companhia de Água e Esgoto do Pernambuco (Compesa) e sobre expansão futura na área do empreendimento.
- Para o trecho subterrâneo, obter informações sobre o trânsito com o órgão responsável pelo disciplinamento do tráfego na área do empreendimento.
- Para o trecho subterrâneo, identificar os equipamentos urbanos, como unidades de saúde, instituições de ensino e religiosas próximos à diretriz elaborada.
- Para o trecho subterrâneo, consultar a Prefeitura e Governo do Estado sobre previsão de obras lineares futuras que possam interferir na implantação da LT subterrânea, tais como implantação de VLTs, BRTs, ciclovias, obras de macrodrenagem urbana, expansão de linhas de metrô e de vias urbanas.
- Para o trecho subterrâneo sobre vias urbanas, avaliar a possibilidade de filmar o caminhar da diretriz elaborada, em veículo automotor, em horários representativos de tráfego intenso (segunda-feira, às 08h00; sexta, às 18h00) por meio de câmera de filmagem com resolução mínima de VGA, nos formatos .mp4. ou .avi.
- Para o trecho subterrâneo, consultar a Prefeitura, o Governo do Estado e instituições de ensino e pesquisa sobre a existência de informações ou estudos relacionados a condições físico-químicas do solo da região em estudo, bem como ao nível freático próximo à diretriz elaborada.
- Desviar ou minimizar interferências em processos minerários.
- Desviar, sempre que possível, de benfeitorias rurais, galpões e edificações em geral.

- Consultar as prefeituras de Jaboatão dos Guararapes e do Recife sobre eventuais restrições em relação aos respectivos planos diretores.
- Minimizar interferências nas unidades de conservação de uso sustentável abrangidas pelo corredor.
- Desviar do reservatório Duas Unas, em Jaboatão dos Guararapes.
- Caso haja interferências nos terrenos do Complexo Brennand e na Companhia Industrial de Vidros - CIV, consultar os respectivos proprietários sobre projetos de expansão, infraestruturas existentes e condicionantes de passagem da LT.
- Desviar da Zona Especial de Patrimônio Histórico-Cultural – ZEPH 13, do Plano Diretor do Recife, localizada na UCN Matas do Curado ou considerar os condicionantes para a passagem da LT.
- Consultar a defesa civil municipal e entrevistar população local sobre a ocorrência de inundações ou alagamentos e reconhecimento da cota máxima verificada na área a ser definida para instalação da estrutura de transição dos trechos aéreo e subterrâneo.

Além disso, recomenda-se que durante a elaboração do Relatório R3 dessa linha de transmissão também seja dada atenção especial aos seguintes aspectos:

- Avaliar os possíveis impactos de entrada e saída da LT na SE Recife II, do ponto de vista construtivo e fundiário.
- Estudar criteriosamente a entrada e saída da LT da SE Bongi, de modo a evitar ou minimizar interferências nas edificações e demais infraestruturas da Chesf, realizando essa atividade em conjunto com o corpo técnico da Chesf que atua na referida Subestação.
- Avaliar a possibilidade de realizar sobrevoo de drone nas subestações estudadas, a fim de apoiar a seleção de melhor caminhamento de entrada e saída da LT, bem como para a instalação dos equipamentos elétricos que serão introduzidos.
- Realizar análise comparativa sobre as possibilidades de entrada da LT na SE Bongi, considerando as opções pela Av. Eng. Abdias de Carvalho ou Rua Delmiro Gouveia.

4 DADOS, PREMISSAS E CRITÉRIOS

4.1 Critérios Básicos

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].

Durante a condução do estudo, sempre que possível, foram seguidas as diretrizes para elaboração de relatórios técnicos constantes do documento publicado pela EPE denominado “Diretrizes para Elaboração dos Relatórios Técnicos Referentes às Novas Instalações da Rede Básica”, Ref.[3].

4.2 Base de Dados

Utilizou-se como referência para as simulações de fluxo de potência a base de dados correspondente ao Plano Decenal Expansão de Energia – PDE 2027, com as atualizações pertinentes da topologia da rede, plano de geração e mercado.

4.3 Mercado Celpe/Neoenergia

O mercado na área de interesse, fornecido pela Celpe/Neoenergia, está apresentado a seguir. O patamar médio de carga será utilizado como caso dimensionador dos novos reforços.

Tabela 4-1 – Cargas Máximas – Regional Bongi

Nome da SE	Tensão entrada (kV)	Pot (MW) 2025	Pot (MW) 2026	Pot (MW) 2027	Pot (MW) 2028	Pot (MW) 2029	Pot (MW) 2030	Pot (MW) 2031	Pot (MW) 2032	Pot (MW) 2033	Pot (MW) 2034
ESTÂNCIA	69	40,52	41,63	42,76	43,86	45,00	46,16	47,35	48,57	49,83	51,12
VIA MANGUE I	69	10,20	10,53	10,87	11,20	11,55	11,90	12,27	12,64	13,03	13,43
VIA MANGUE II	69	10,20	10,53	10,87	11,20	11,55	11,90	12,27	12,64	13,03	13,43
GASÔMETRO I	69	23,81	24,50	25,21	25,90	26,62	27,35	28,10	28,88	29,67	30,49
GASÔMETRO II	69	19,62	19,98	20,34	20,69	21,04	21,40	21,77	22,14	22,52	22,91
ILHA DO LEITE	69	32,71	33,58	34,47	35,34	36,23	37,14	38,07	39,03	40,02	41,02
ILHA DO RETIRO I	69	25,20	25,84	26,48	27,10	27,74	28,39	29,06	29,75	30,45	31,16
ILHA DO RETIRO II	69	25,20	25,84	26,48	27,10	27,74	28,39	29,06	29,75	30,45	31,16
IMBIRIBEIRA I	69	38,77	39,97	41,20	42,40	43,64	44,92	46,23	47,58	48,98	50,41
IMBIRIBEIRA II	69	22,43	23,13	23,84	24,54	25,25	25,99	26,74	27,52	28,33	29,15
IPUTINGA	69	28,27	28,99	29,71	30,41	31,13	31,86	32,61	33,38	34,17	34,98
PINA	69	28,38	28,99	29,59	30,17	30,77	31,37	31,99	32,62	33,26	33,91
RIO JORDÃO I	69	39,87	41,52	43,24	44,94	46,71	48,55	50,46	52,45	54,51	56,65
RIO JORDÃO II	69	15,99	16,66	17,35	18,03	18,74	19,48	20,25	21,04	21,87	22,73
COMPESA	69	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60

Tabela 4-1 – Cargas Máximas – Regional Bongí (continuação)

Nome da SE	Tensão entrada (kV)	Pot (MW) 2025	Pot (MW) 2026	Pot (MW) 2027	Pot (MW) 2028	Pot (MW) 2029	Pot (MW) 2030	Pot (MW) 2031	Pot (MW) 2032	Pot (MW) 2033	Pot (MW) 2034
METRÔ IPIRANGA	69	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48
METRÔ RECIFE	69	2,86	2,86	2,86	2,86	2,86	2,86	2,86	2,86	2,86	2,86
METRÔ SHOPPING	69	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20
REAL HOSPITAL PORTUGUÊS	69	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50
SHOPPING RECIFE	69	9,25	9,25	9,25	9,25	9,25	9,25	9,25	9,25	9,25	9,25
SHOPPING RIOMAR	69	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00

Tabela 4-2 – Cargas Máximas – Outras Subestações

Nome da SE	Tensão entrada (kV)	Pot (MW) 2025	Pot (MW) 2026	Pot (MW) 2027	Pot (MW) 2028	Pot (MW) 2029	Pot (MW) 2030	Pot (MW) 2031	Pot (MW) 2032	Pot (MW) 2033	Pot (MW) 2034
Pirapama II	69	147,87	150,83	153,85	156,92	160,06	163,26	166,53	169,86	173,26	176,72
Mirueira	69	331,55	338,18	344,94	351,84	358,88	366,05	373,38	380,84	388,46	396,23
Mirueira II	69	189,79	193,58	197,45	201,40	205,43	209,54	213,73	218,01	222,37	226,81
Pau Ferro	69	96,61	98,54	100,51	102,52	104,57	106,66	108,80	110,97	113,19	115,46
Joairam	69	204,92	209,02	213,20	217,46	221,81	226,25	230,77	235,39	240,09	244,90
Bongi 5	13,8	19,49	19,88	20,28	20,69	21,10	21,52	21,95	22,39	22,84	23,29
Bongi 6	13,8	22,54	22,76	22,99	23,22	23,45	23,69	24,16	24,64	25,13	25,64
Bongi 7	13,8	20,87	21,29	21,71	21,93	22,15	22,37	22,82	23,27	23,74	24,22
Jaboatão II	69	151,41	154,43	157,52	160,67	163,89	167,17	170,51	173,92	177,40	180,94
Suape III	69	123,57	126,04	128,56	129,85	131,15	132,46	133,78	135,12	136,47	137,84
Bom Nome	138	179,83	183,43	187,10	190,84	194,65	198,55	202,52	206,57	210,70	214,91
Bom Nome	69	44,49	46,27	48,12	50,05	52,05	54,13	55,21	56,32	57,44	58,59
Bom Nome	13,8	4,67	4,81	4,95	5,05	5,15	5,25	5,36	5,47	5,58	5,69
Angelim	69	24,42	24,91	25,41	25,91	26,43	26,96	27,50	28,05	28,61	29,18
Angelim	13,8	2,41	2,43	2,46	2,53	2,61	2,68	2,74	2,79	2,85	2,91
Tacaimbó	69	210,94	221,49	232,57	244,19	256,40	269,22	282,69	296,82	311,66	327,24
Ribeirão	69	178,52	182,09	185,73	189,45	193,24	197,10	201,04	205,06	209,17	213,35
Arco Verde	69	63,61	64,88	66,18	67,50	68,85	70,23	71,63	73,07	74,53	76,02
Garanhuns II	69	71,72	73,15	74,62	76,11	77,63	79,18	80,77	82,38	84,03	85,71
Lagoa do Carro	69	114,38	116,67	119,01	121,39	123,81	126,29	128,82	131,39	134,02	136,70
Fiat	69	15,57	15,88	16,20	16,52	16,85	17,19	17,53	17,88	18,24	18,60

Tabela 4-3 – Fatores de Carga – Regional Bongí

Nome da SE	Tensão (kV)	Carga Pesada	Carga Média	Carga Leve
ESTÂNCIA	13,8	0,80	0,85	0,40
VIA MANGUE I	13,8	1,00	0,95	0,42
VIA MANGUE II	13,8	1,00	0,95	0,42
GASÔMETRO I	13,8	1,00	0,80	0,20
GASÔMETRO II	13,8	1,00	0,80	0,20
ILHA DO LEITE	13,8	1,00	0,85	0,30
ILHA DO RETIRO I	13,8	1,00	0,95	0,35
ILHA DO RETIRO II	13,8	1,00	0,95	0,35
IMBIRIBEIRA I	13,8	1,00	0,95	0,50
IMBIRIBEIRA II	13,8	1,00	0,95	0,50
IPUTINGA	13,8	1,00	0,90	0,50
PINA	13,8	1,00	0,90	0,40
RIO JORDÃO I	13,8	1,00	0,95	0,40
RIO JORDÃO II	13,8	1,00	0,95	0,40

Tabela 4-3 – Fatores de Carga – Regional Bongi (continuação)

Nome da SE	Tensão (kV)	Carga Pesada	Carga Média	Carga Leve
COMPESA	69,0	1,00	1,00	1,00
METRÔ IPIRANGA	69,0	1,00	1,00	1,00
METRÔ RECIFE	69,0	1,00	1,00	1,00
METRÔ SHOPPING	69,0	1,00	1,00	1,00
REAL HOSPITAL PORTUGUÊS	69,0	1,00	1,00	1,00
SHOPPING RECIFE	69,0	1,00	1,00	1,00
SHOPPING RIOMAR	69,0	1,00	1,00	1,00

Tabela 4-4 – Fatores de Carga – Outras Subestações

Nome da SE	Tensão (kV)	Carga Pesada	Carga Média	Carga Leve
Pirapama II	69,0	1,00	1,00	0,77
Mirueira	69,0	0,91	1,00	0,74
Mirueira II	69,0	0,87	1,00	0,63
Pau Ferro	69,0	1,00	0,97	0,69
Joairam	69,0	1,00	0,93	0,71
Bongi 5	13,8	1,00	0,94	0,69
Bongi 6	13,8	0,96	1,00	0,64
Bongi 7	13,8	1,00	0,94	0,70
Jaboatão II	69,0	0,94	1,00	0,70
Suape III	69,0	1,00	0,98	0,78
Bom Nome	138,0	0,97	1,00	0,67
Bom Nome	69,0	0,98	1,00	0,63
Bom Nome	13,8	1,00	0,81	0,56
Angelim	69,0	1,00	0,93	0,60
Angelim	13,8	1,00	0,81	0,54
Tacaimbó	69,0	1,00	0,95	0,57
Ribeirão	69,0	1,00	0,94	0,69
Arco Verde	69,0	1,00	0,94	0,61
Garanhuns II	69,0	1,00	0,94	0,61
Lagoa do Carro	69,0	1,00	0,96	0,69
Fiat	69,0	1,00	0,95	0,70

4.4 Horizonte do Estudo

O ano inicial do estudo é 2025, tendo como o horizonte o ano 2034. Serão analisados, portanto, 10 anos. É importante ressaltar que o prazo mínimo para a implantação de qualquer obra de expansão da Rede Básica, que não necessite de um processo licitatório é de 4 anos, contados desde a incorporação no PET – Plano de Expansão da Transmissão, passando por todo o processo de autorização, realizado pela ANEEL, até a instalação do empreendimento.

4.5 Limites Operativos

4.5.1 Tensão

Os níveis de tensão admissíveis em regime permanente para cada classe de tensão envolvida são apresentados na Tabela 4-5.

É adotada ainda, a variação máxima permitida de 5% da tensão do barramento decorrente da manobra de equipamentos.

Tabela 4-5 – Níveis de tensão admissíveis

Tensão Nominal de Operação	Condição Operativa Normal		Condição Operativa de Emergência	
	[kV]	[pu]	[kV]	[pu]
69 kV	66 a 72	0,95 a 1,05	62 a 72	0,90 a 1,05
230 kV	218 a 242	0,95 a 1,05	207 a 242	0,90 a 1,05
500 kV	500 a 550	1,00 a 1,10	475 a 550	0,95 a 1,10

4.5.2 Carregamento

Para as linhas e transformadores existentes serão utilizados os limites de carregamentos de curta e longa duração constantes nos Contratos de Prestação de Serviços de Transmissão - CPST, com restrições de equipamentos terminais. 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. No caso de transformadores novos, será considerada a capacidade operativa de curta duração correspondente a 120% da capacidade nominal do equipamento.

Para as linhas existentes e futuras com tensão inferior a 230 kV, serão utilizados os valores informados pelas empresas distribuidoras participantes do estudo.

4.5.3 Fator de Potência

O fator de potência a ser observado nos pontos de fronteira com a Rede Básica deverá situar-se entre 0,95 indutivo e 1,00 para os pontos de 138 kV ou 69 kV.

4.5.4 Confiabilidade

Todas as alternativas analisadas devem atender ao critério de confiabilidade “N-1” para elementos da Rede Básica e Rede Básica de Fronteira. No caso da rede de distribuição, foi adotado o critério de confiabilidade “N”.

4.6 Parâmetros Econômicos

Para escolha da alternativa vencedora foi observado o critério de mínimo custo global. As análises consideram o valor presente dos custos das alternativas, referidos ao ano inicial do estudo, e utilizam o método dos rendimentos necessários com truncamento das séries temporais no ano horizonte do estudo. O custo de cada alternativa, por sua vez, é calculado tomando-se por base os seus investimentos e as perdas diferenciais em relação àquela que apresentou menores perdas.

Para comparação dos custos entre as alternativas analisadas foi utilizado o documento: “Base de Referência de Preços ANEEL – Junho de 2017” atualizada para data base 05/2019, Ref.[4]. Essa base também é utilizada para a preparação das fichas contendo a estimativa dos investimentos em empreendimentos de transmissão (Rede Básica), que servirão de subsídio para o processo licitatório. Salienta-se, no entanto, que esses são valores de referência, compostos por custos médios de mercado, e utilizados apenas para comparação de alternativas em estudos de planejamento, não servindo como base para orçamentos executivos do empreendimento.

Para cálculo do custo das perdas elétricas, utilizou-se como base o custo marginal de expansão da geração informado pela EPE.

Em caso de empate técnico econômico entre as alternativas analisadas é necessário que se leve em consideração outros fatores para a tomada de decisão sobre a alternativa a ser recomendada.

Abaixo são resumidos os parâmetros adotados:

- Custo de perdas elétricas: 247,44 R\$/MWh
- Taxa de desconto: 8% a.a.
- Ano de referência: 2020
- Ano horizonte: 2034
- Tempo de vida útil das instalações: 30 anos
- Empate entre alternativas: diferença de custos (investimentos + perdas elétricas) inferior a 5%

4.7 Recomendação de obras

Serão consideradas como determinativas as obras definidas dentro do horizonte do Programa de Expansão da Transmissão (PET) em produção à época do término do estudo. As demais obras serão definidas como indicativas, e serão incorporadas ao Programa de Expansão de Longo Prazo (PELP).

Cumprido notar que tanto as obras determinativas quanto as indicativas fazem parte das recomendações do estudo, contudo, as obras indicativas poderão ser reavaliadas nos ciclos de planejamento subsequentes. Por outro lado, caso não sejam vislumbrados novos problemas que justifiquem análises adicionais para as regiões envolvidas, essas obras se tornarão determinativas à medida que o horizonte do PET for incrementado.

4.8 Análises de sensibilidade

Atualmente, a SE Bongi é conectada ao SIN por um eixo de 230 kV composto por 3 circuitos, sendo uma linha de transmissão de circuito duplo e uma linha de transmissão de circuito simples, que interligam as subestações Recife II, Joairam e Bongi. Em visita de campo realizada pela EPE no dia 16 de abril 2019, foram observados diversos trechos das faixas de servidão com ocupação irregular, fato que compromete a operação das linhas de transmissão e coloca em risco a vida dos moradores. Os detalhes e conclusões da visita de campo estão apresentados na Seção 8.

Antevendo problemas futuros para manter tais linhas de transmissão em operação, esta seção apresenta cenários de evolução/involução da configuração da transmissão a serem observados na análise das alternativas, com o objetivo de equalizá-las e de dimensionar os novos reforços de modo a garantir maior robustez ao sistema. Dessa forma, todas as alternativas devem atender às configurações do sistema de transmissão descritos abaixo.

- (A) Configuração de referência: considera a operação conjunta dos novos reforços e das LTs 230kV Joairam - Bongi C1/C2/C3 existentes. Devido à maior quantidade de circuitos em operação em relação às demais configurações, a configuração de referência é a menos crítica para a operação do sistema e por isso não será utilizada para o dimensionamento dos novos reforços. Por outro lado, esta é considerada a configuração de maior probabilidade e será utilizado para o cálculo das perdas elétricas.
- (B) Configuração de desativação: considera a desativação das LTs 230kV Joairam - Bongi C1/C2/C3 após implantação dos novos reforços. Nesta configuração, os novos reforços devem ser capazes

de suportar o crescimento das cargas supridas a partir da SE Bongí sem necessidade de novas obras até o ano horizonte do estudo.

- (C) Configuração de desativação e fluxo máximo: considera a desativação das LTs 230kV Joairam - Bongí C1/C2/C3 após implantação dos novos reforços, e o atendimento à capacidade máxima de transformação da SE Bongí, com a substituição do transformador 230/69 kV remanescente de 100 MVA para 200/240 MVA, totalizando 5x 200/240 MVA. Para atendimento dessa configuração, podem ser necessários reforços adicionais que entrariam em operação sem data definida e após o horizonte do estudo. O objetivo, além de contribuir para o dimensionamento dos novos reforços, é compatibilizá-los com futuras ampliações necessárias ao atendimento da capacidade máxima de transformação da SE Bongí.

5 DIAGNÓSTICO

A Tabela 5-1 apresenta os carregamentos nas linhas de transmissão 230 kV Recife II - Joairam - Bongi, para o patamar de carga média.

Tabela 5-1 – Carregamento da LT 230 kV Recife II - Joairam - Bongi

Circuito	Contingência	Carregamento			
		[Carga Média]			
		2025	2028	2029	2034
		[%]	[%]	[%]	[%]
LT 230 kV Recife II - Joairam C1	Operação normal	60,9	65,4	66,9	74,2
	LT 230 kV Recife II - Joairam C2	91,4	98,0	100,4	111,4
	LT 230 kV Recife II - Joairam C3	91,4	98,0	100,4	111,4
LT 230 kV Recife II - Joairam C2	Operação normal	59,3	63,6	65,1	72,2
	LT 230 kV Recife II - Joairam C1	90,2	96,7	99,1	109,9
	LT 230 kV Recife II - Joairam C3	88,9	95,4	97,7	108,4
LT 230 kV Recife II - Joairam C3	Operação normal	59,3	63,6	65,1	72,2
	LT 230 kV Recife II - Joairam C1	90,2	96,7	99,1	109,9
	LT 230 kV Recife II - Joairam C2	88,9	95,4	97,7	108,4
LT 230 kV Joairam - Bongi C1	Operação normal	54,0	58,2	59,7	66,2
	LT 230 kV Joairam - Bongi C2	82,4	88,7	91,0	100,9
	LT 230 kV Joairam - Bongi C3	82,4	88,7	91,0	100,9
LT 230 kV Joairam - Bongi C2	Operação normal	58,6	63,1	64,7	71,8
	LT 230 kV Joairam - Bongi C1	85,8	92,4	94,8	105,2
	LT 230 kV Joairam - Bongi C3	89,3	96,2	98,6	109,5
LT 230 kV Joairam - Bongi C3	Operação normal	58,6	63,1	64,7	71,8
	LT 230 kV Joairam - Bongi C1	85,8	92,4	94,8	105,2
	LT 230 kV Joairam - Bongi C2	89,3	96,2	98,6	109,5

O diagnóstico aponta a ocorrência de sobrecarga no circuito 1 da LT 230 kV Recife II - Joairam durante a contingência de um dos demais circuitos a partir de 2028. Em 2029, ocorre sobrecarga no circuito 2 da LT 230 kV Joairam - Bongi durante a contingência do circuito 3, e vice-versa.

Constata-se, dessa forma, o esgotamento da capacidade de transmissão do eixo 230 kV Recife II - Joairam - Bongi, sendo necessária a implantação de novas linhas de transmissão ou a recapacitação dos circuitos existentes para atendimento às cargas da SE Bongi.

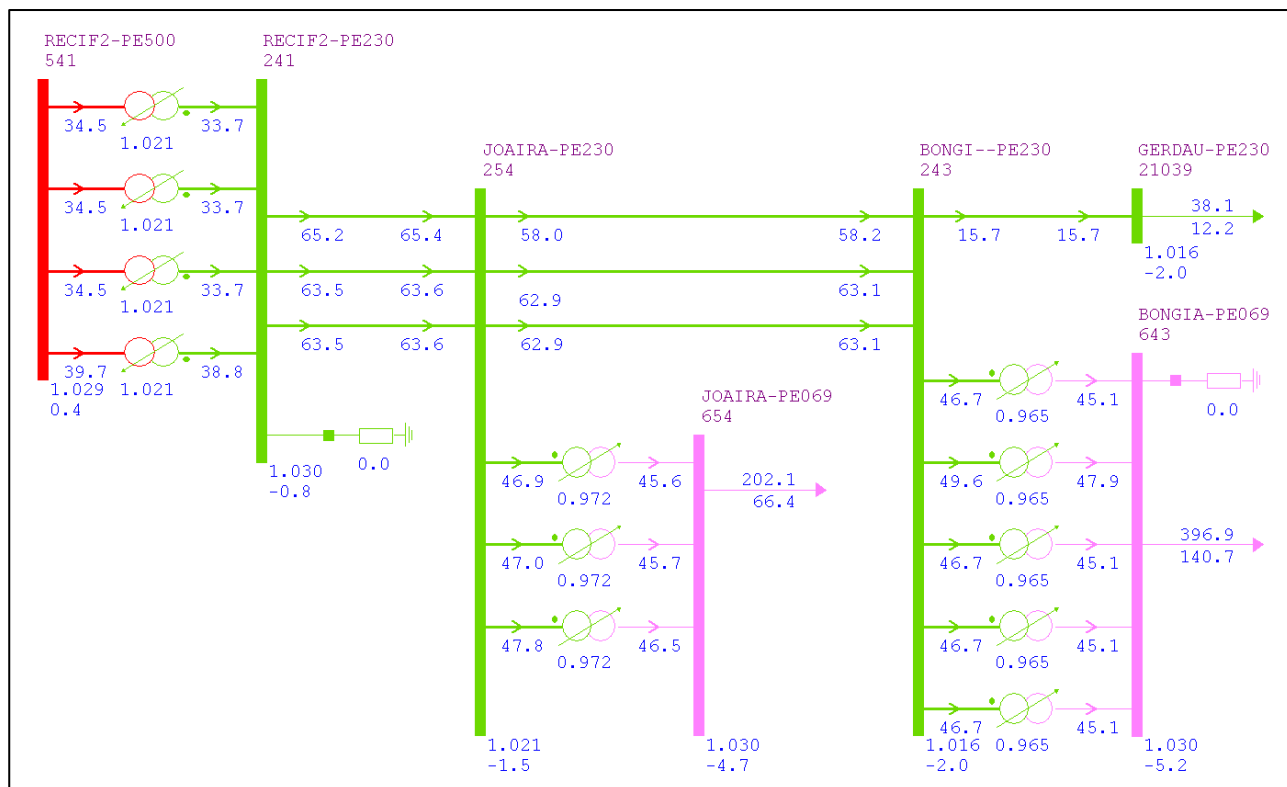


Figura 5-1 – Diagnóstico – Operação Normal (2028)

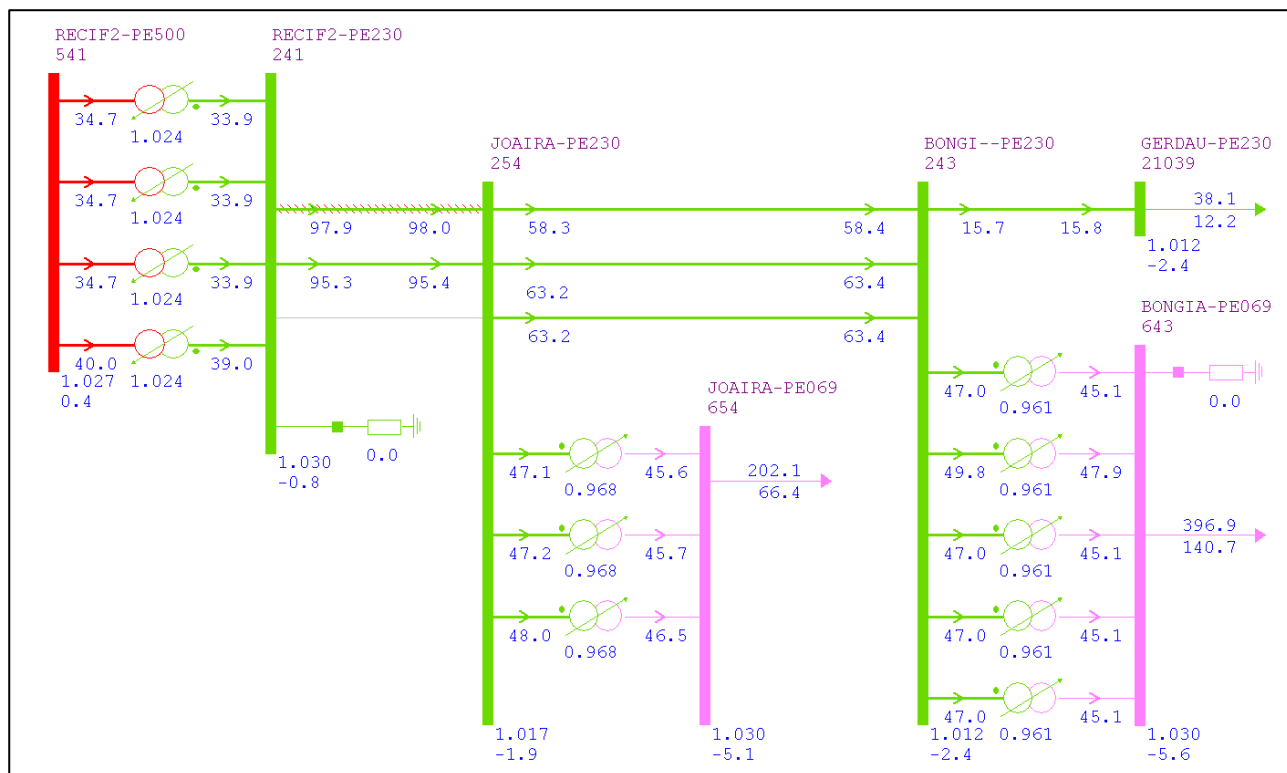


Figura 5-2 – Diagnóstico – Contingência da LT 230 kV Recife II – Joairam C3 (2028)

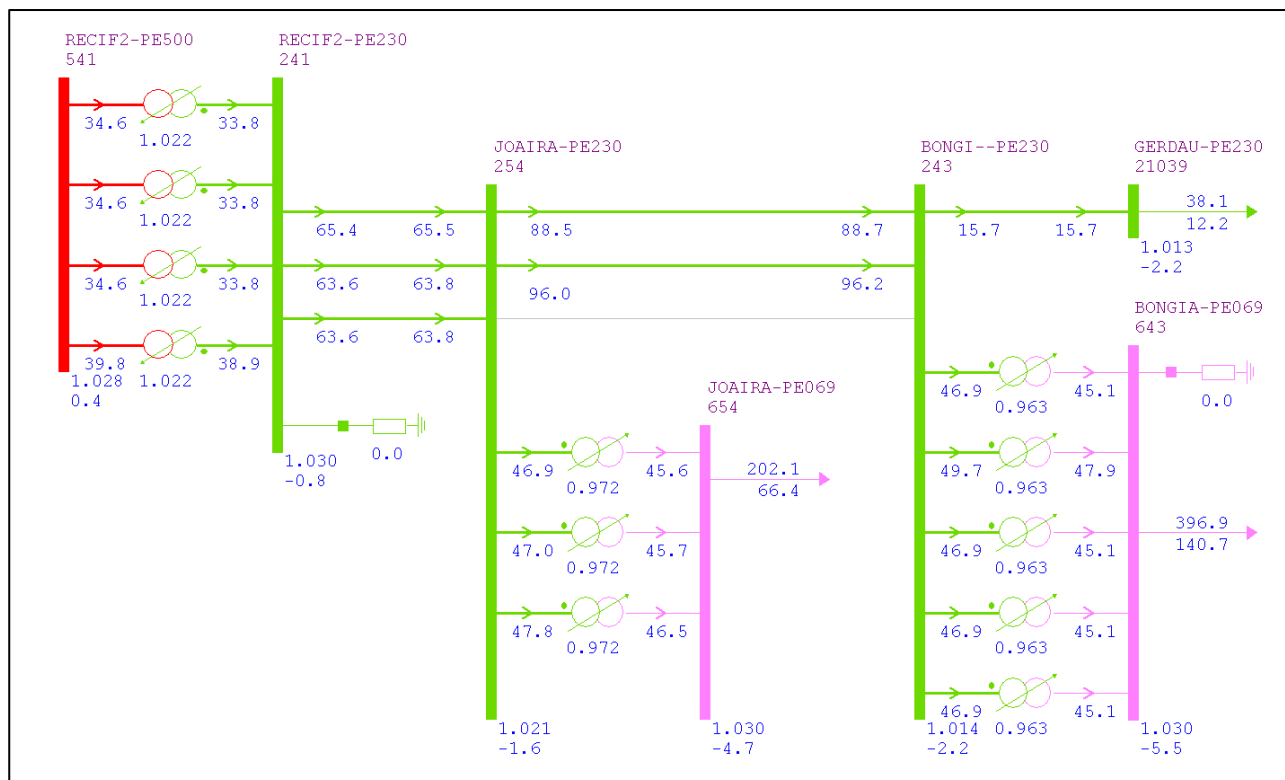


Figura 5-3 – Diagnóstico – Contingência da LT 230 kV Joairam – Bongí C3 (2028)

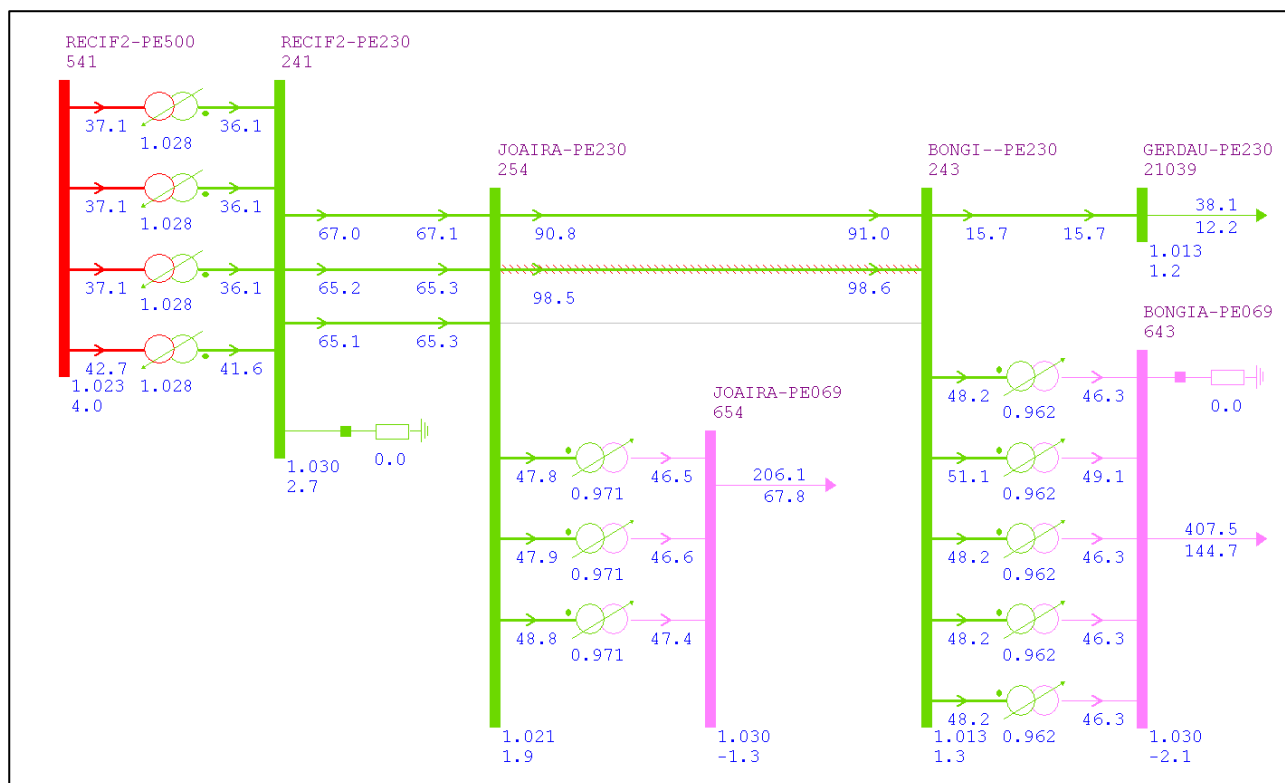


Figura 5-4 – Diagnóstico – Contingência da LT 230 kV Joairam – Bongí C3 (2029)

6 ALTERNATIVAS

Neste capítulo são apresentadas as três alternativas propostas para expansão do sistema elétrico da região metropolitana de Recife, mais especificamente para ampliação do eixo entre as subestações Recife II – Joairam – Bongí. No caso específico da Alternativa 3, que foi descartada após ter sido considerada inviável, será mostrado apenas para referência qual foi o conjunto de obras originalmente vislumbrado.

6.1 Alternativa 1

A Alternativa 1 é composta pela implantação LT 230 kV Recife II - Bongí C1/C2, circuito duplo com 14,5 km de extensão, contendo dois segmentos: o primeiro, com 3,0 km a partir da SE Recife II em trecho aéreo convencional e segundo, com 11,5 km de cabos subterrâneos. O Segmento 1 possui configuração 2x CAA 795 MCM Tern e segue uma rota paralela à LT 230 kV Recife II - Joairam, passando por áreas de pastagem no município de Jaboatão dos Guararapes em direção à rodovia BR-232, onde faz transição para a tecnologia subterrânea. Já o segmento 2, é composto por cabos subterrâneos de alumínio de seção 2000 mm² e segue a rota pela rodovia BR-232 nos municípios de Jaboatão e Recife até a saída na Rua Delmiro Gouveia em Recife, onde permanece por mais 0,4 km até a SE Bongí.

Tabela 6-1 – Alternativa 1 – Obras de Linhas de Transmissão

Ano	Linha de Transmissão	Tensão	Configuração	Extensão
2028	Recife II - Bongí CD	230 kV		14,5 km
	Trecho aéreo convencional		2x CAA 795 MCM	3,0 km
	Trecho subterrâneo		Al 2000 mm ²	11,5 km

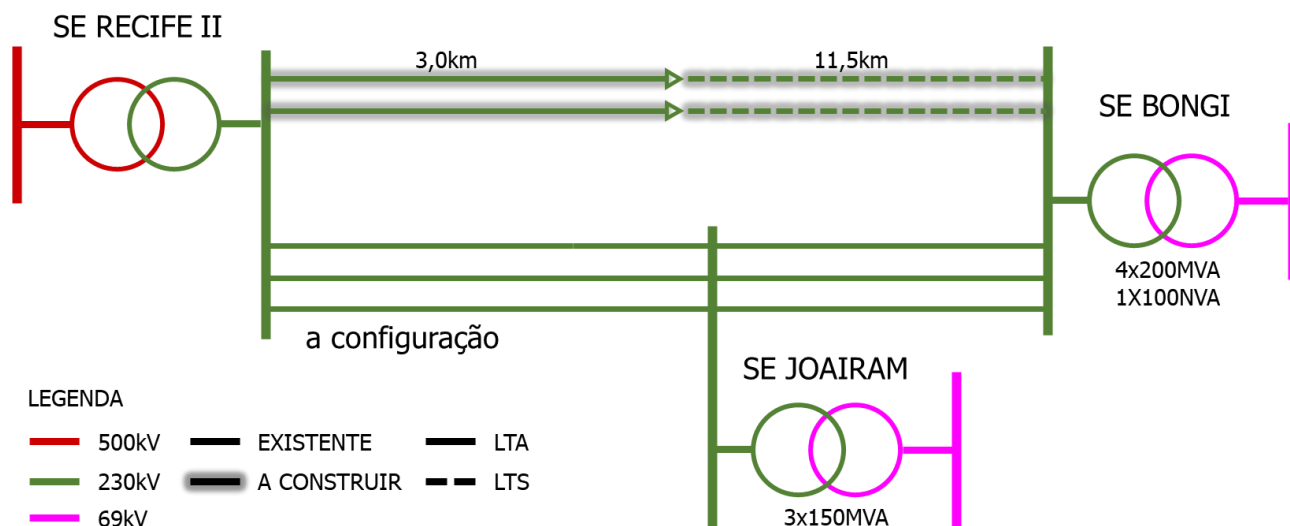


Figura 6-1 – Diagrama Esquemático da Alternativa 1

6.1.1 Fluxo de Potência

A Tabela 6-2 apresenta os resultados dos carregamentos obtidos pelas simulações de fluxo de potência nas linhas de transmissão que atendem a SE Bongoi para o patamar de carga média, de acordo com a configuração de referência descrita na Seção 4.8.

Tabela 6-2 – Alternativa 1 – Carregamento em Linhas de Transmissão para o Configuração A

Circuito	Contingência	Carregamento		
		[Carga Média]		
		2028	2029	2034
		[%]	[%]	[%]
LT 230 kV Recife II - Joairam C1	Operação normal	34,0	34,5	38,7
	LT 230 kV Recife II - Joairam C2	44,3	44,1	50,5
	LT 230 kV Recife II - Bongoi C1	43,8	44,4	49,9
LT 230 kV Recife II - Joairam C2	Operação normal	33,1	33,5	37,7
	LT 230 kV Recife II - Joairam C1	43,5	45,0	49,6
	LT 230 kV Recife II - Bongoi C1	42,7	43,2	48,6
LT 230 kV Joairam - Bongoi C1	Operação normal	18,0	18,3	21,0
	LT 230 kV Joairam - Bongoi C2	24,2	24,7	28,3
	LT 230 kV Recife II - Bongoi C1	30,4	30,7	35,0
LT 230 kV Joairam - Bongoi C2	Operação normal	19,5	19,8	22,7
	LT 230 kV Joairam - Bongoi C3	26,3	26,8	30,7
	LT 230 kV Recife II - Bongoi C1	33,0	33,3	37,9
LT 230 kV Recife II - Bongoi C1	Operação normal	45,5	45,8	51,2
	LT 230 kV Recife II - Joairam C1	34,2	34,4	38,5
	LT 230 kV Recife II - Bongoi C2	41,0	41,3	46,2

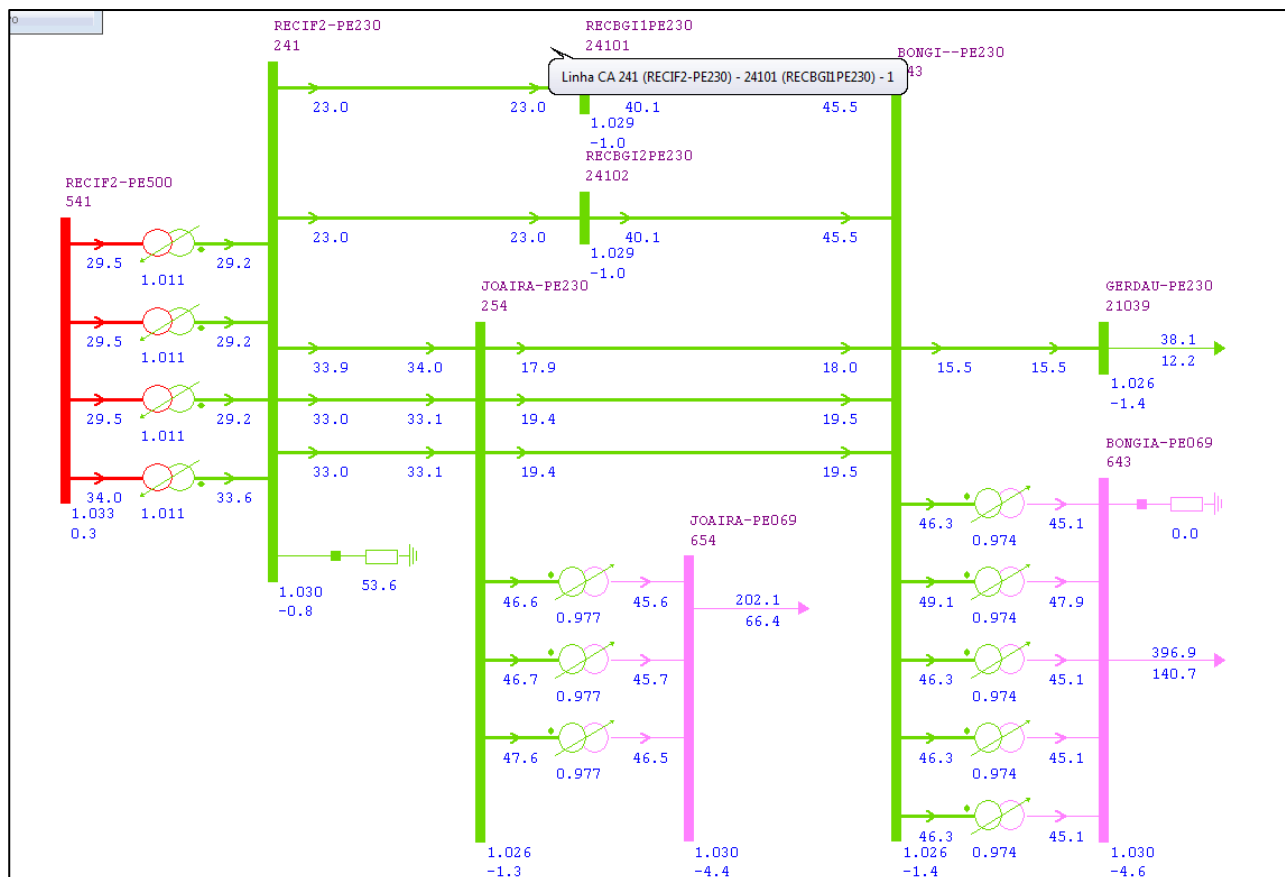


Figura 6-2 – Alternativa 1 – Configuração A – Operação Normal (2028)

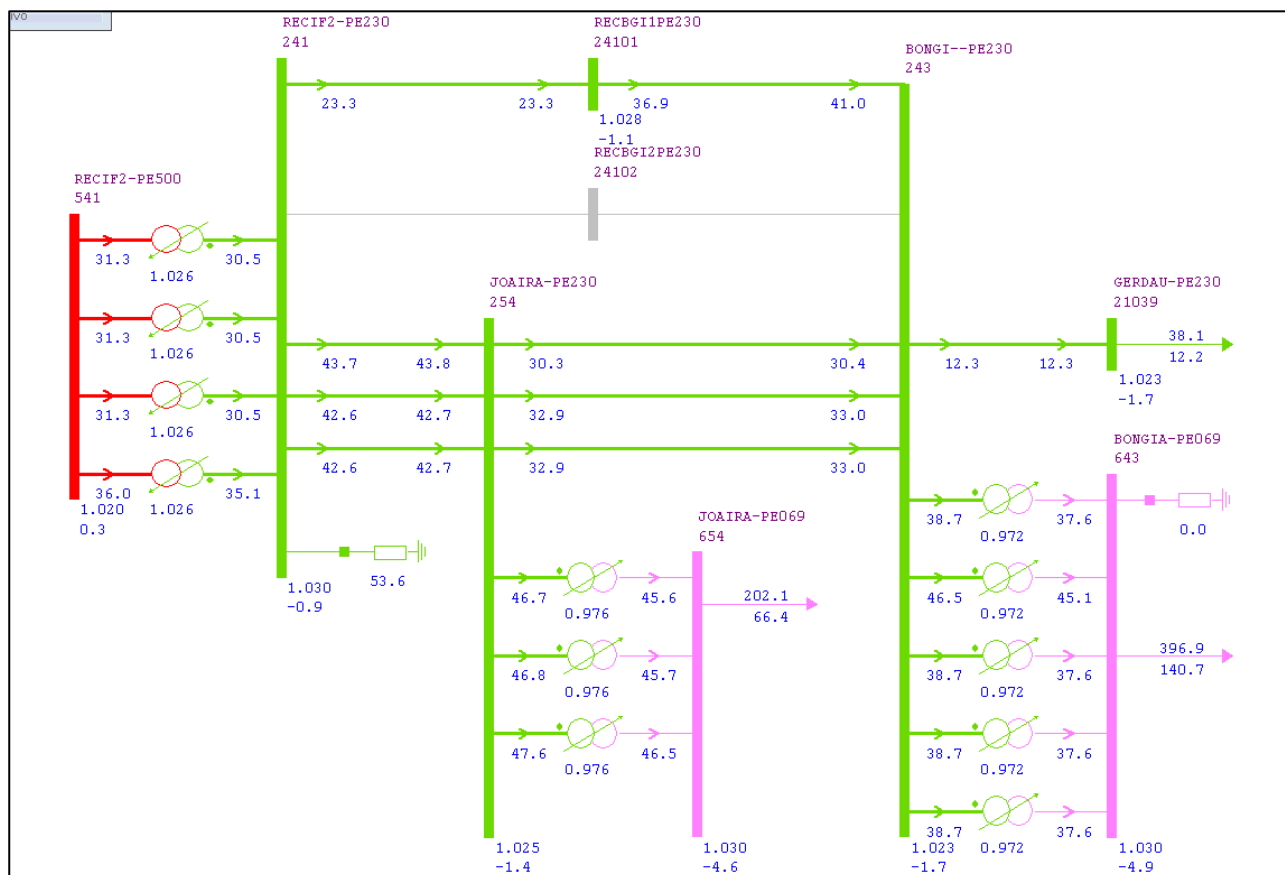


Figura 6-3 – Alternativa 1 – Configuração A – Contingência da LT 230 kV Recife II – Bongui C2 (2028)

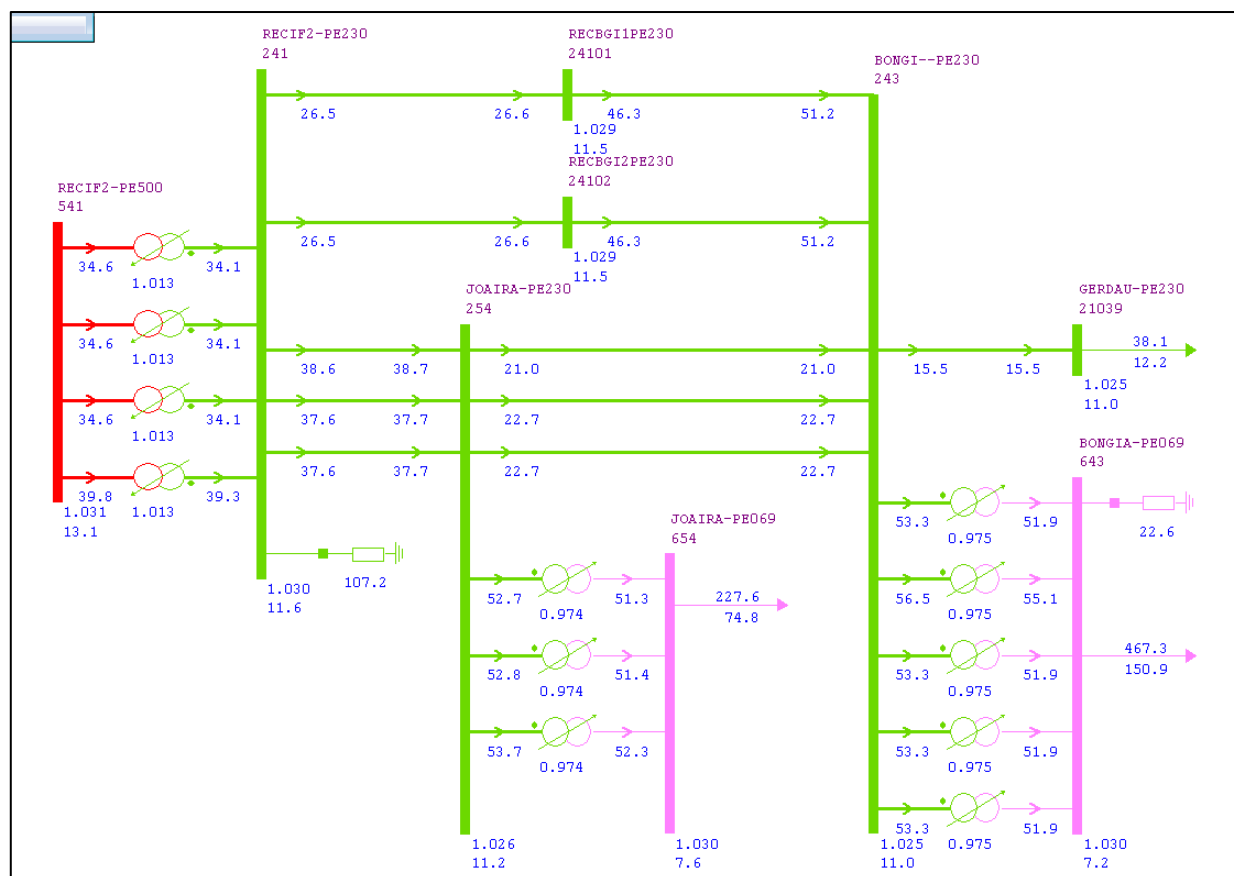


Figura 6-4 – Alternativa 1 – Configuração A – Operação Normal (2034)

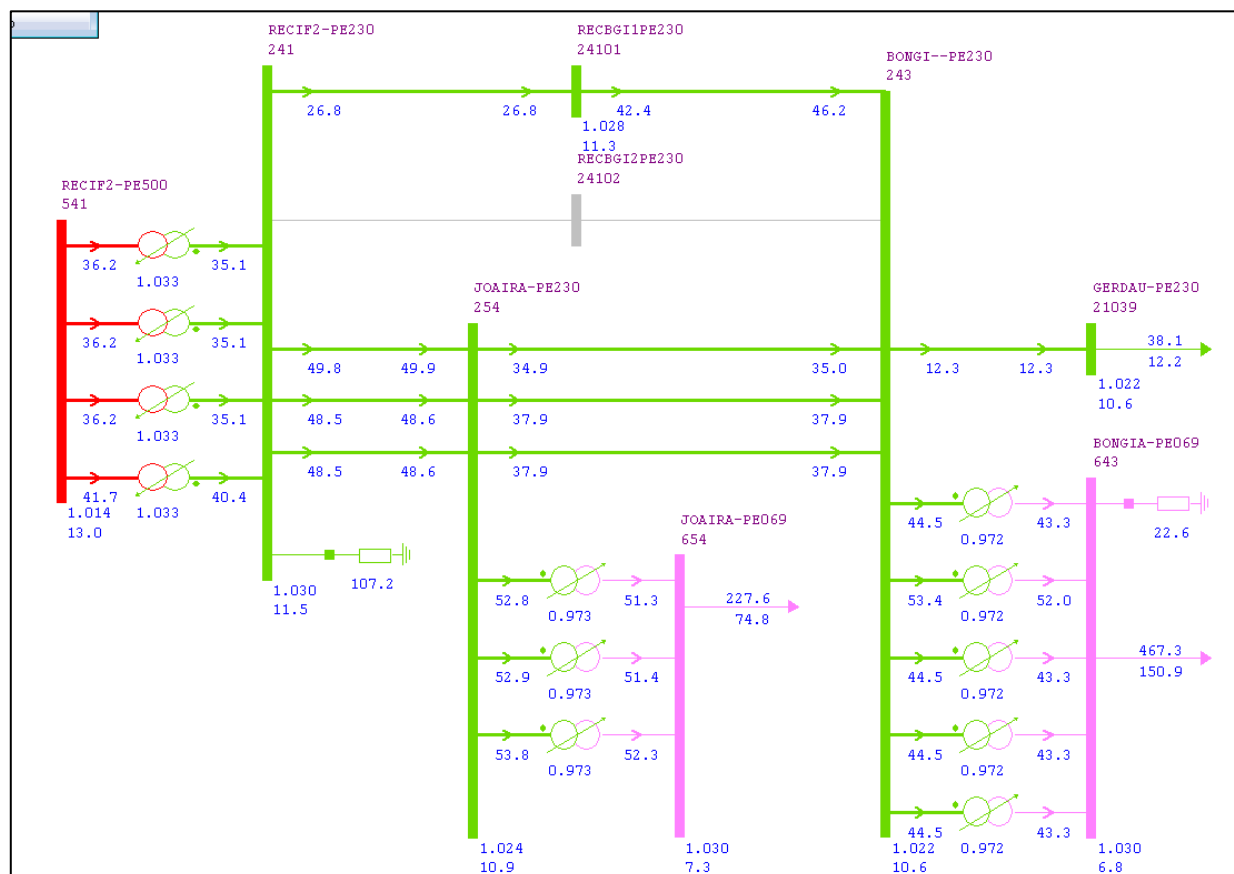


Figura 6-5 – Alternativa 1 – Configuração A – Contingência da LT 230 kV Recife II – Bongí C2 (2034)

6.1.2 Análise de Sensibilidade

A Tabelas 6-3 e 6-4 apresentam os resultados dos carregamentos obtidos pelas simulações de fluxo de potência nas linhas de transmissão que atendem a SE Bongí para o patamar de carga média, de acordo com as demais configurações do sistema de transmissão descritas na Seção 4.8.

Tabela 6-3 – Alternativa 1 – Carregamento em Linhas de Transmissão para o Configuração B

Circuito	Contingência	Carregamento	
		[Carga Média]	
		2028	2034
		[%]	[%]
LT 230 kV Recife II - Bongí C1	Operação normal	64,5	73,3
	LT 230 kV Recife II - Bongí C2	85,5	97,3

Tabela 6-4 – Alternativa 1 – Carregamento em Linhas de Transmissão para o Configuração C

Circuito	Contingência	Carregamento	
		[Carga Máxima]	
		Sem data	
		[%]	
LT 230 kV Recife II - Bongí C1	Operação normal	98,8	
	LT 230 kV Recife II - Bongí C2	98,3	

Cabe destacar que a Configuração C corresponde ao limite de fornecimento de energia da SE Bongí, com até 5 transformadores 230/69 kV de 200/240 MVA, e os resultados apresentados foram obtidos considerando a implantação referencial da LT 230 kV Recife II – Bongí C3, com parâmetros e capacidades idênticos aos dois circuitos que compõem essa alternativa.

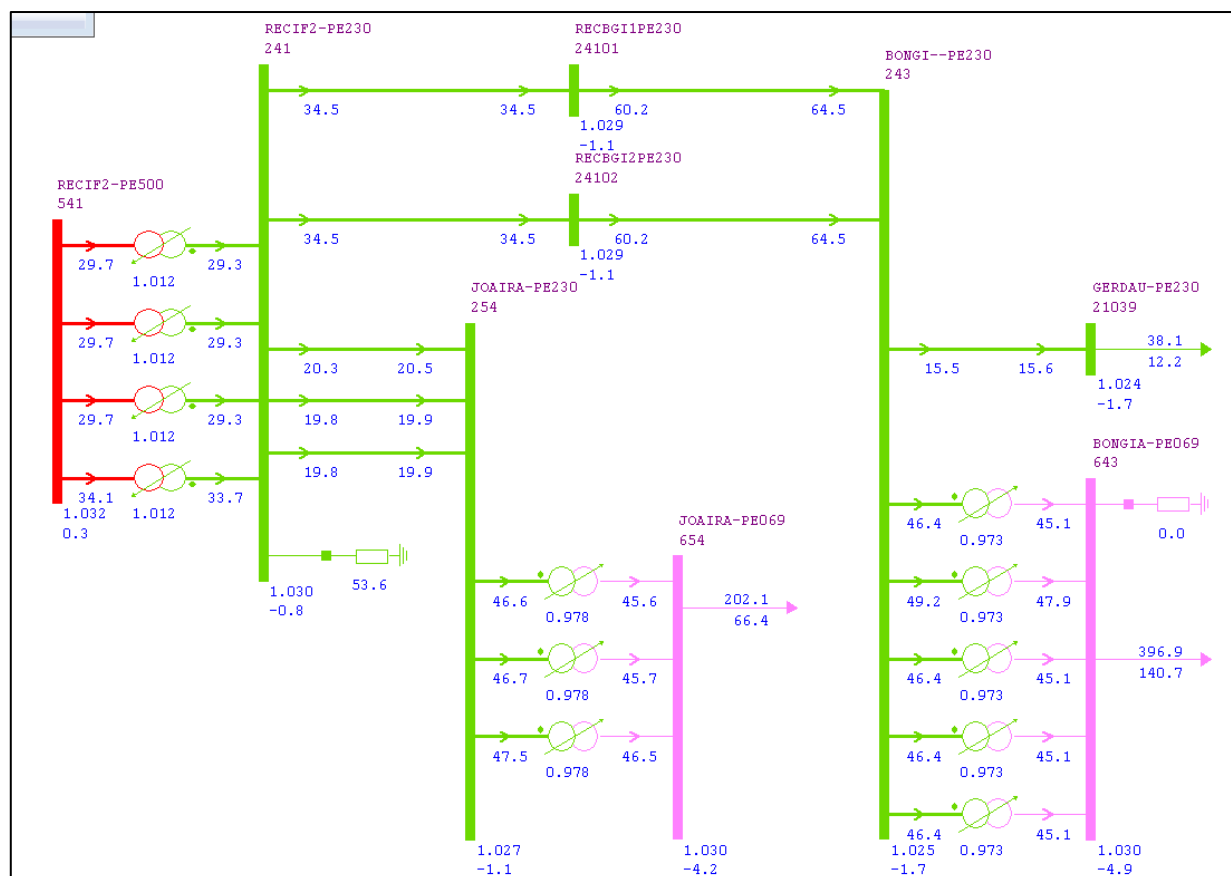


Figura 6-6 – Alternativa 1 – Configuração B – Operação Normal (2028)

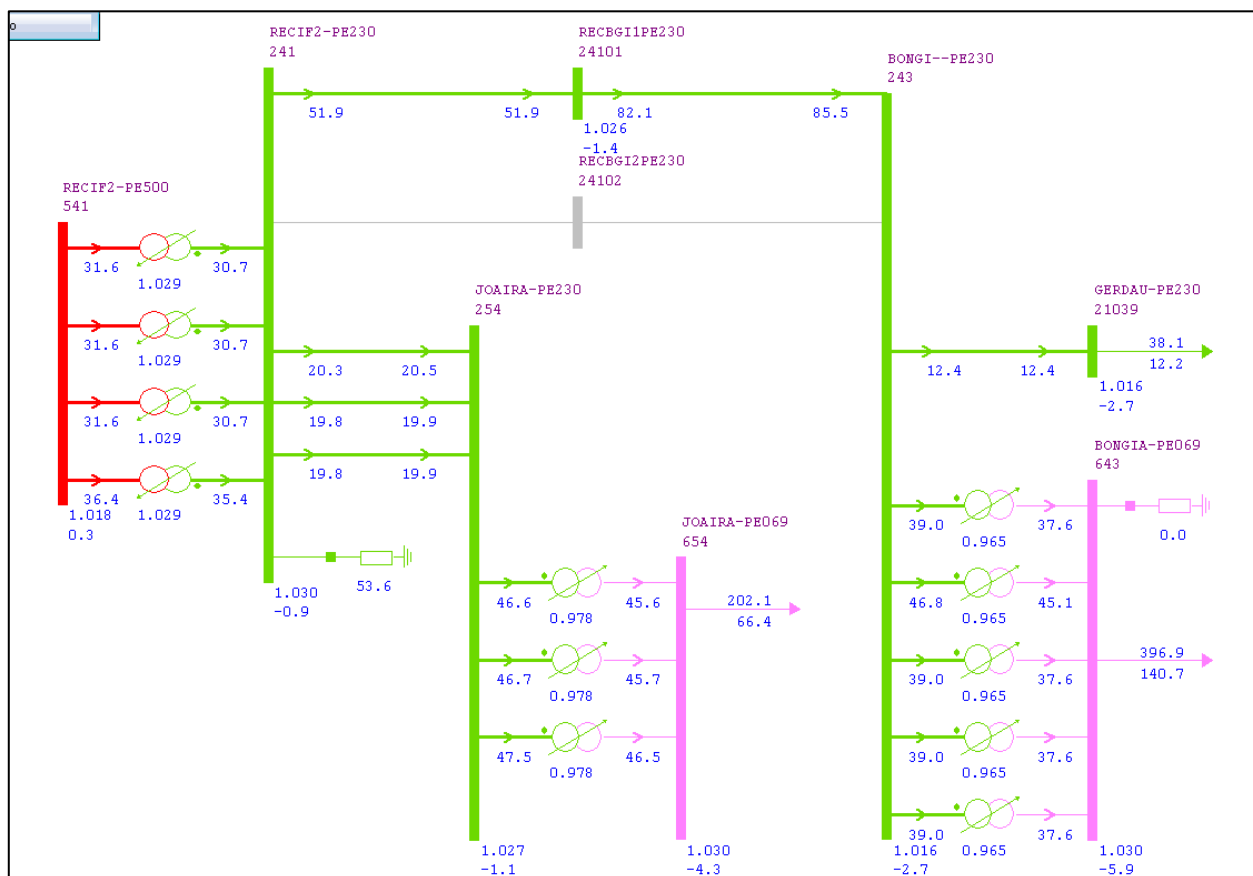


Figura 6-7 – Alternativa 1 – Configuração B – Contingência da LT 230 kV Recife II – Bongí C2 (2028)

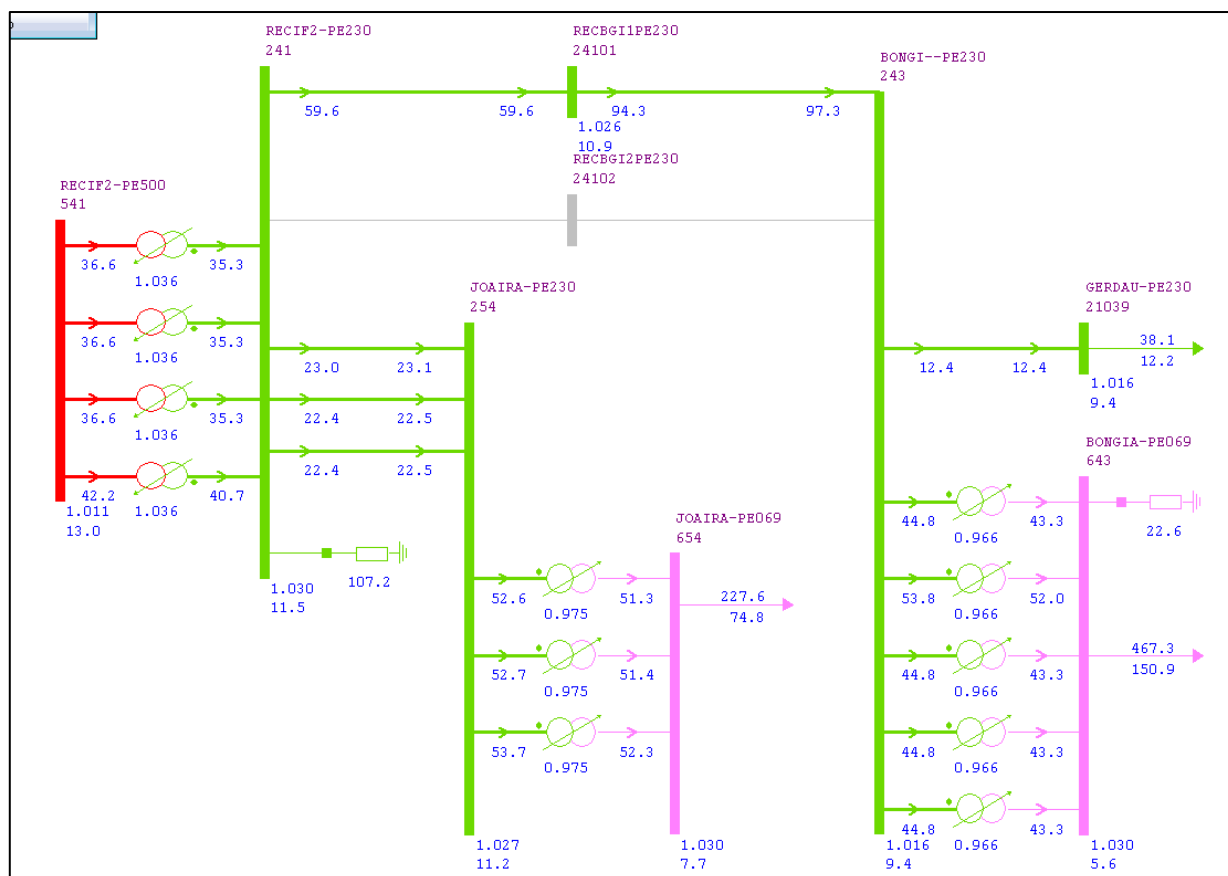


Figura 6-8 – Alternativa 1 – Configuração B – Contingência da LT 230 kV Recife II – Bongi C2 (2034)

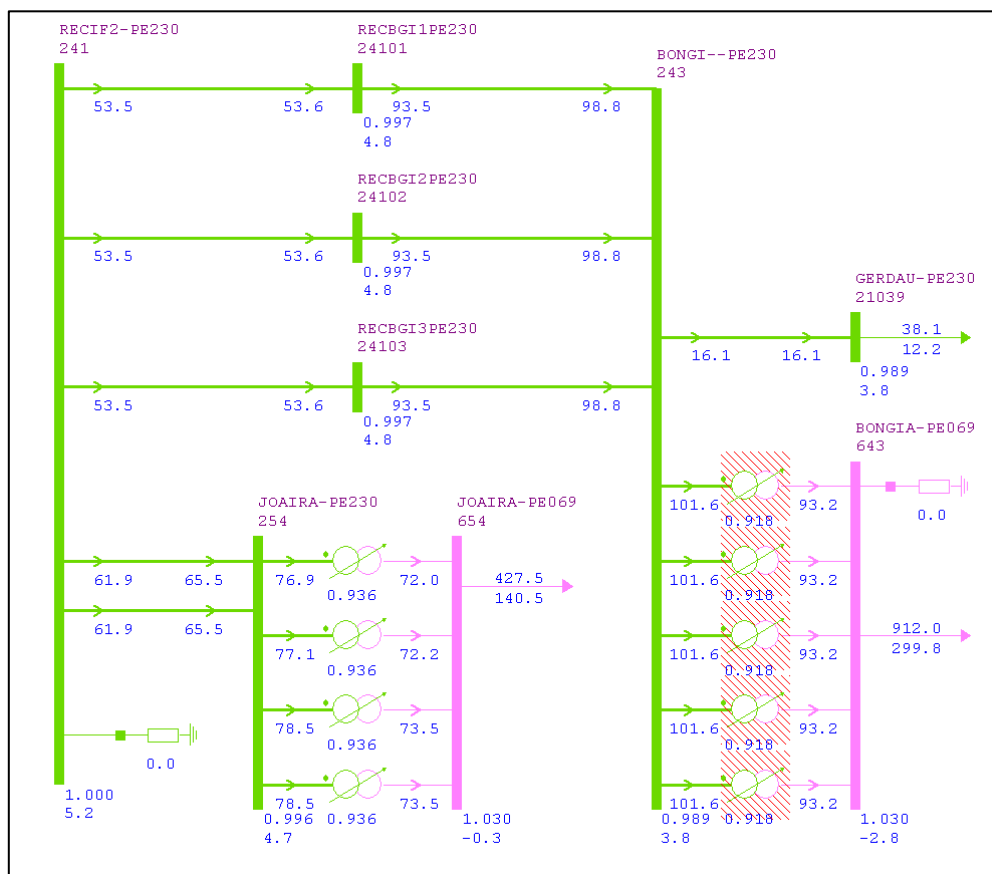


Figura 6-9 – Alternativa 1 – Configuração C – Operação Normal

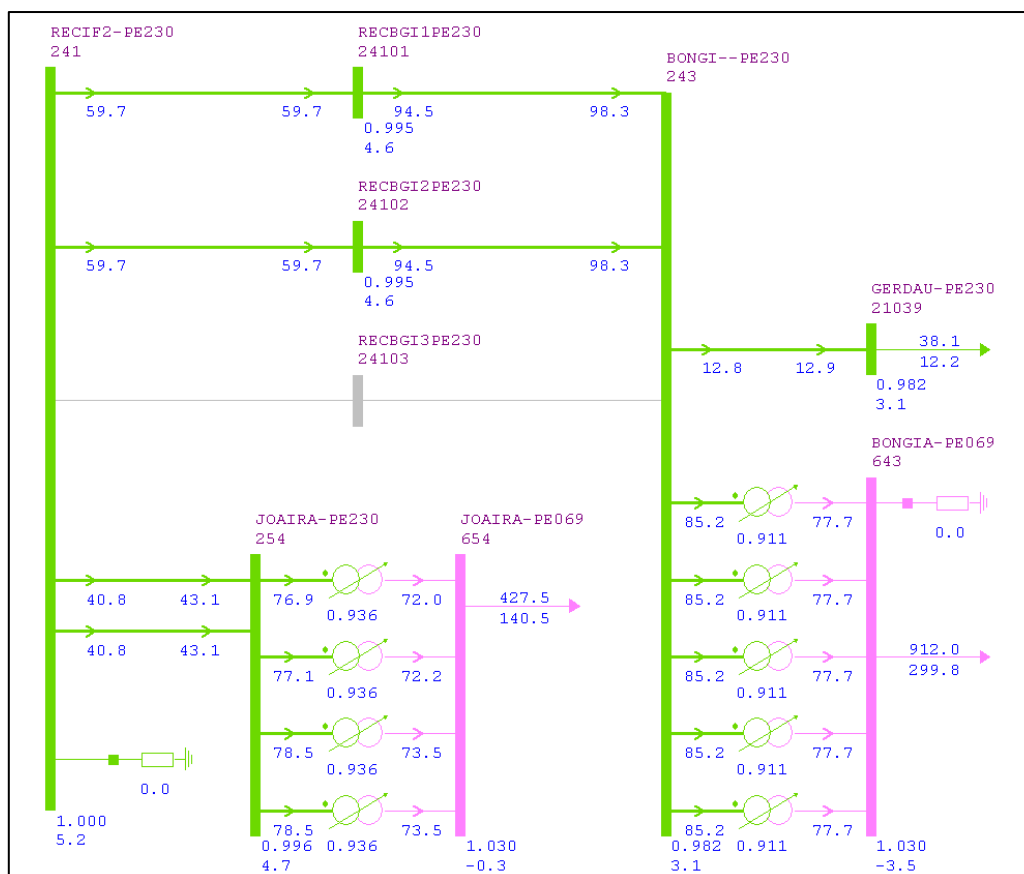


Figura 6-10 – Alternativa 1 – Configuração C – Contingência da LT 230 kV Recife II – Bongi C2

6.1.3 Sobretensões à Frequência Industrial 60 Hz

As tabelas a seguir apresentam os resultados das simulações de energização de LT e de rejeição de carga. Não foram encontradas variações de tensão superior a 5% nas barras das subestações ou acima da suportabilidade dos equipamentos.

Tabela 6-5 – Alternativa 1 – Energização de Linhas de Transmissão

LT energizada	Terminal Manobra	Barra	Vi	Vf	ΔV	Barra	Vi	Vf	ΔV	Vt	ΔV
			(pu)	(pu)	(%)		(pu)	(pu)	(%)	(pu)	(%)
Recife II - Bongi 230 kV C1	Recife II	Recife II	1,030	1,030	0,00	Bongi	-	-	-	1,033	0,29
Recife II - Bongi 230 kV C1	Bongi	Recife II	1,030	1,030	0,00	Bongi	-	1,033	-	-	-
Recife II - Bongi 230 kV C2	Recife II	Recife II	1,030	1,036	0,58	Bongi	1,033	1,038	0,48	1,038	0,19
Recife II - Bongi 230 kV C2	Bongi	Recife II	1,036	1,036	0,00	Bongi	1,038	1,038	0,00	-	-

Tabela 6-6 –Alternativa 1 – Rejeição de Carga

LT rejeitada	Terminal Manobra	Barra	Vi	Vf	ΔV	Barra	Vi	Vf	ΔV	Vt	ΔV
			(pu)	(pu)	(%)		(pu)	(pu)	(%)	(pu)	(%)
Recife II - Bongi 230 kV C1	Recife II	Recife II	1,030	1,029	-0,10	Bongi	1,025	1,019	-0,59	1,021	0,20
Recife II - Bongi 230 kV C1	Bongi	Recife II	1,030	1,029	-0,10	Bongi	1,025	1,015	-0,99	1,032	0,29

6.1.4 Curto-Circuito

Os valores referentes às correntes de curto-circuito para a Alternativa 1 estão apresentados na Tabela 6-7.

Tabela 6-7 – Alternativa 1 – Correntes de curto-circuito trifásico

Subestação	Tensão	(1)		(2)		(3)	
	[kV]	I_k [kA]	X/R	I_k [kA]	X/R	I_k [kA]	X/R
Recife II	500	17,69	13,14	17,69	13,15	17,70	13,14
	230	37,32	12,19	37,32	12,20	37,33	12,19
Joairam	230	28,72	9,23	30,81	10,14	30,82	10,13
	69	22,72	25,80	23,09	28,28	31,03	23,79
Bongi	230	24,14	8,10	29,75	10,56	29,77	10,56
	69	35,67	15,44	39,11	20,45	41,49	19,69

(1) Valores de curto-circuito para o ano de 2027 sem obras.

(2) Valores de curto-circuito para o ano de 2028, considerando a nova LT 230 kV Recife II – Bongi C1/C2, configuração A.

(3) Valores de curto-circuito sem data definida, considerando a nova LT 230 kV Recife II – Bongi C1/C2, 5 TR 230/69 kV de 200/240 MVA na SE Bongi, 4 TR 150/150 MVA na SE Joairam, configuração A.

6.2 Alternativa 2

A Alternativa 2 é composta pela implantação da LT 230 kV Recife II - Bongi C1/C2, circuito duplo com 18,9 km de extensão, contendo dois segmentos: o primeiro, com 13,2 km a partir da SE Recife II na configuração aérea convencional; e o segundo com 5,7 km de cabos subterrâneos até a subestação Bongi. O primeiro segmento possui configuração 2x CAA 795 MCM Tern e segue a rota paralela à LT 230 kV Recife II - Mirueira, contornando pelo norte da reserva ecológica de Manassú no município de Jaboatão dos Guararapes, seguindo para a UCN Mata das Nascentes, em que a LT atravessa pelas margens da rodovia BR-408, e depois percorrendo a APA Mata da Várzea já no município de Recife até chegar em área próxima ao Instituto Ricardo Brennand, onde a LT faz transição para a tecnologia subterrânea. Já o segundo segmento é composto por cabos de alumínio de seção 2000 mm² e percorre áreas industriais nos arredores do Instituto Ricardo Brennand, passando em seguida pelo Complexo Militar do Curado até encontrar a rodovia BR-232. Ele percorre paralelamente essa rodovia até a saída na Rua Delmiro Gouveia, em Recife, onde segue por mais 0,4 km até a SE Bongi.

Tabela 6-8 – Alternativa 2 – Obras de Linhas de Transmissão

Ano	Linha de Transmissão	Tensão	Configuração	Extensão
2028	Recife II - Bongi CD	230 kV		18,9 km
	Trecho aéreo convencional		2x CAA 795 MCM	13,2 km
	Trecho subterrâneo		Al 2000 mm ²	5,7 km

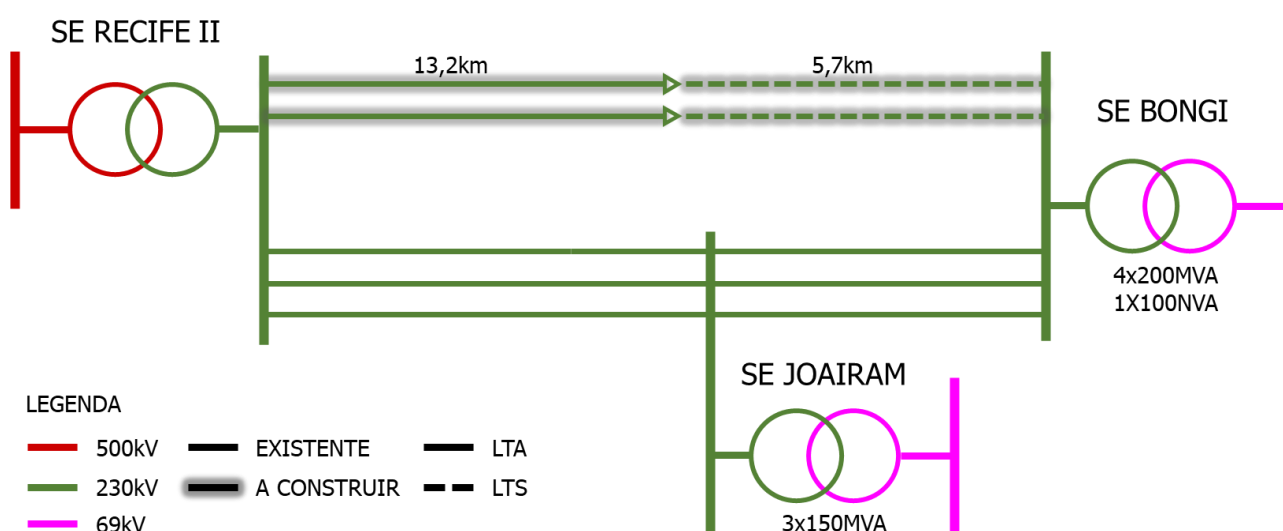


Figura 6-11 – Diagrama Esquemática da Alternativa 2

6.2.1 Fluxo de Potência

A Tabela 6-9 apresenta os resultados dos carregamentos obtidos pelas simulações de fluxo de potência nas linhas de transmissão que atendem a SE Bongí para o patamar de carga média, de acordo com a configuração de referência descrita na Seção 4.8.

Tabela 6-9 – Alternativa 2 – Carregamento em Linhas de Transmissão para o Configuração A

Circuito	Contingência	Carregamento		
		[Carga Média]		
		2028	2029	2034
		[%]	[%]	[%]
LT 230 kV Recife II - Joairam C1	Operação normal	40,1	41,0	45,6
	LT 230 kV Recife II - Joairam C2	53,6	54,9	61,1
	LT 230 kV Recife II - Bongí C1	49,2	50,4	56,0
LT 230 kV Recife II - Joairam C2	Operação normal	39,0	39,9	44,4
	LT 230 kV Recife II - Joairam C1	52,7	54,0	60,0
	LT 230 kV Recife II - Bongí C1	47,9	49,0	54,5
LT 230 kV Joairam - Bongí C1	Operação normal	25,6	26,3	29,6
	LT 230 kV Joairam - Bongí C2	35,4	36,3	40,8
	LT 230 kV Recife II - Bongí C1	37,3	38,3	42,7
LT 230 kV Joairam - Bongí C2	Operação normal	27,8	28,5	32,1
	LT 230 kV Joairam - Bongí C3	38,3	39,4	44,3
	LT 230 kV Recife II - Bongí C1	40,4	41,5	46,3
LT 230 kV Recife II - Bongí C1	Operação normal	36,7	37,5	41,2
	LT 230 kV Recife II - Joairam C1	28,2	28,9	31,8
	LT 230 kV Recife II - Bongí C1	30,8	31,5	34,6

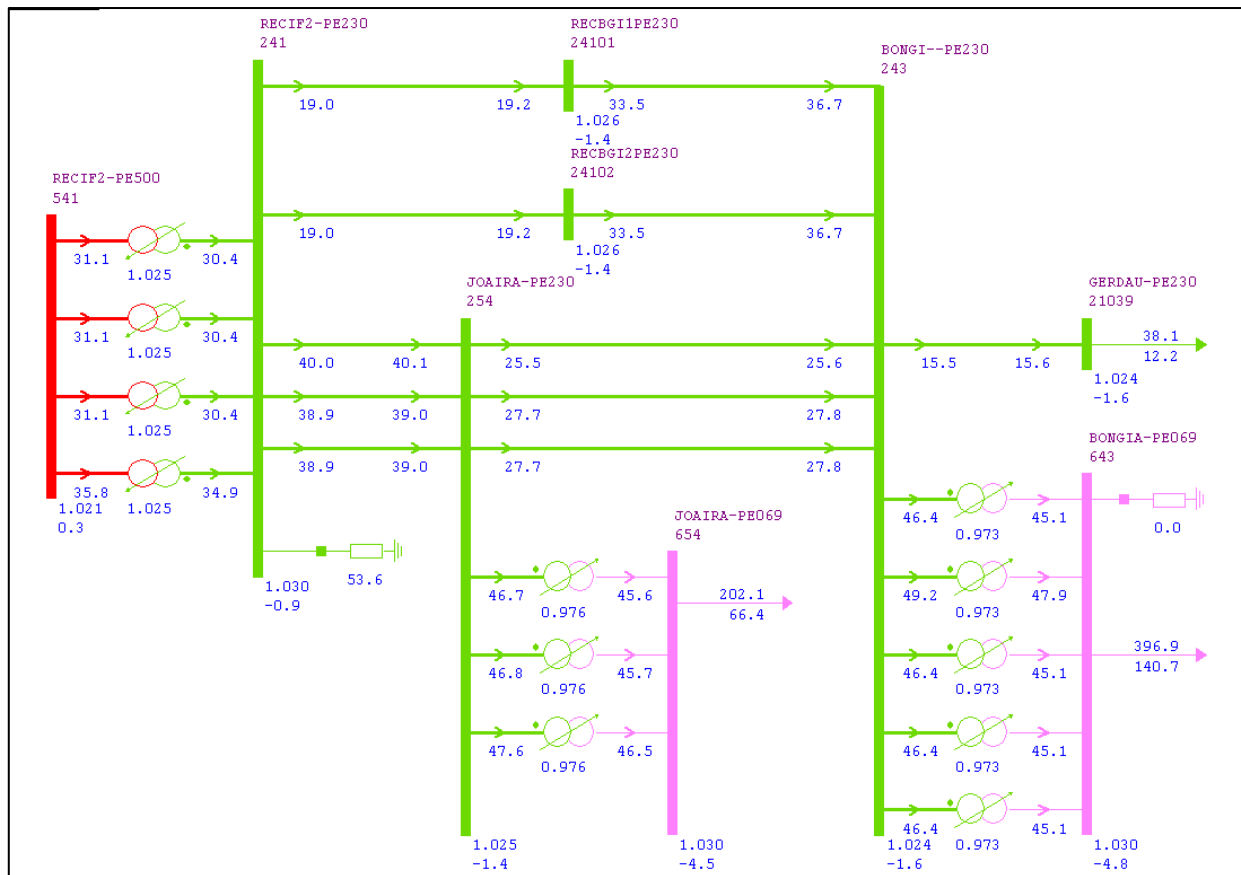


Figura 6-12 – Alternativa 2 – Configuração A – Operação Normal (2028)

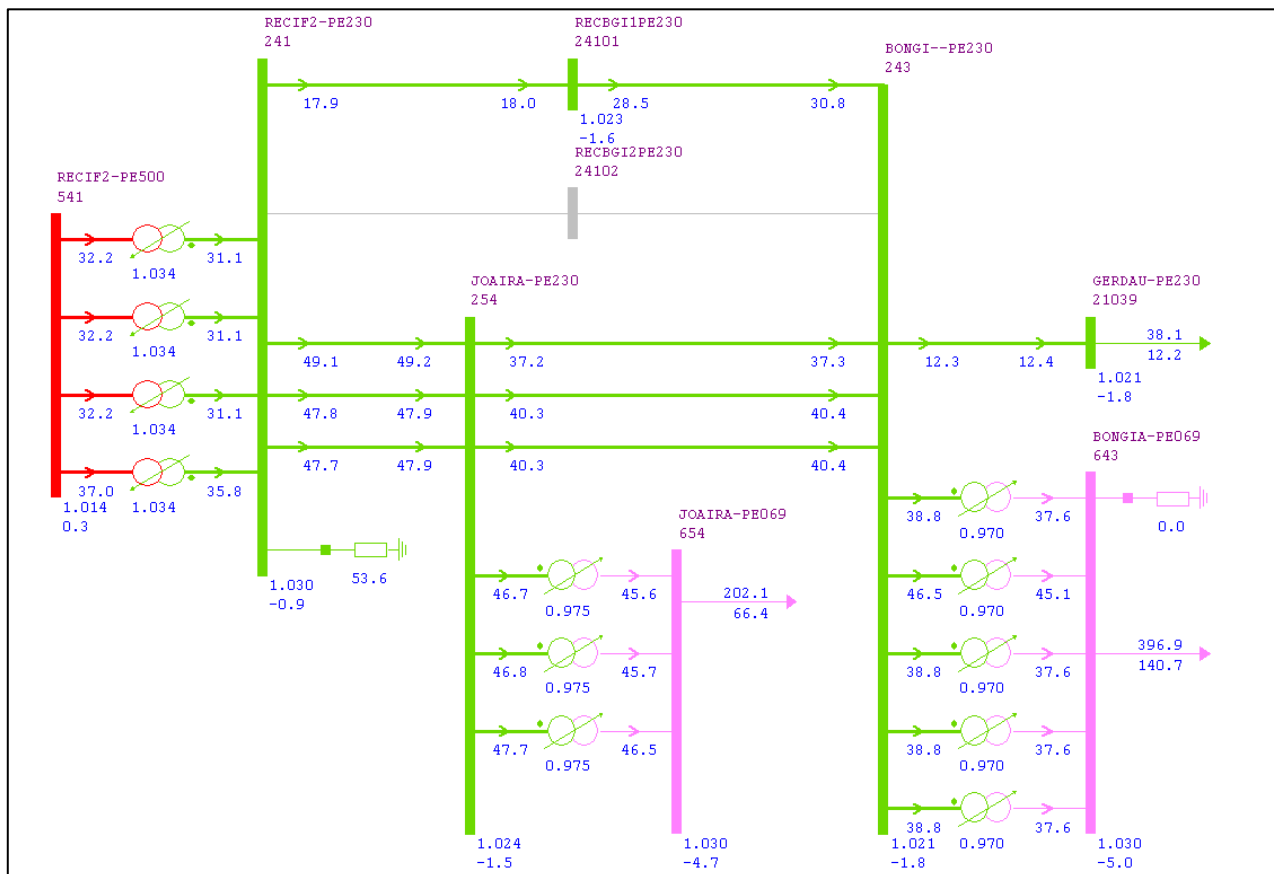


Figura 6-13 – Alternativa 2 – Configuração A – Contingência da LT 230 kV Recife II – Bongí C2 (2028)

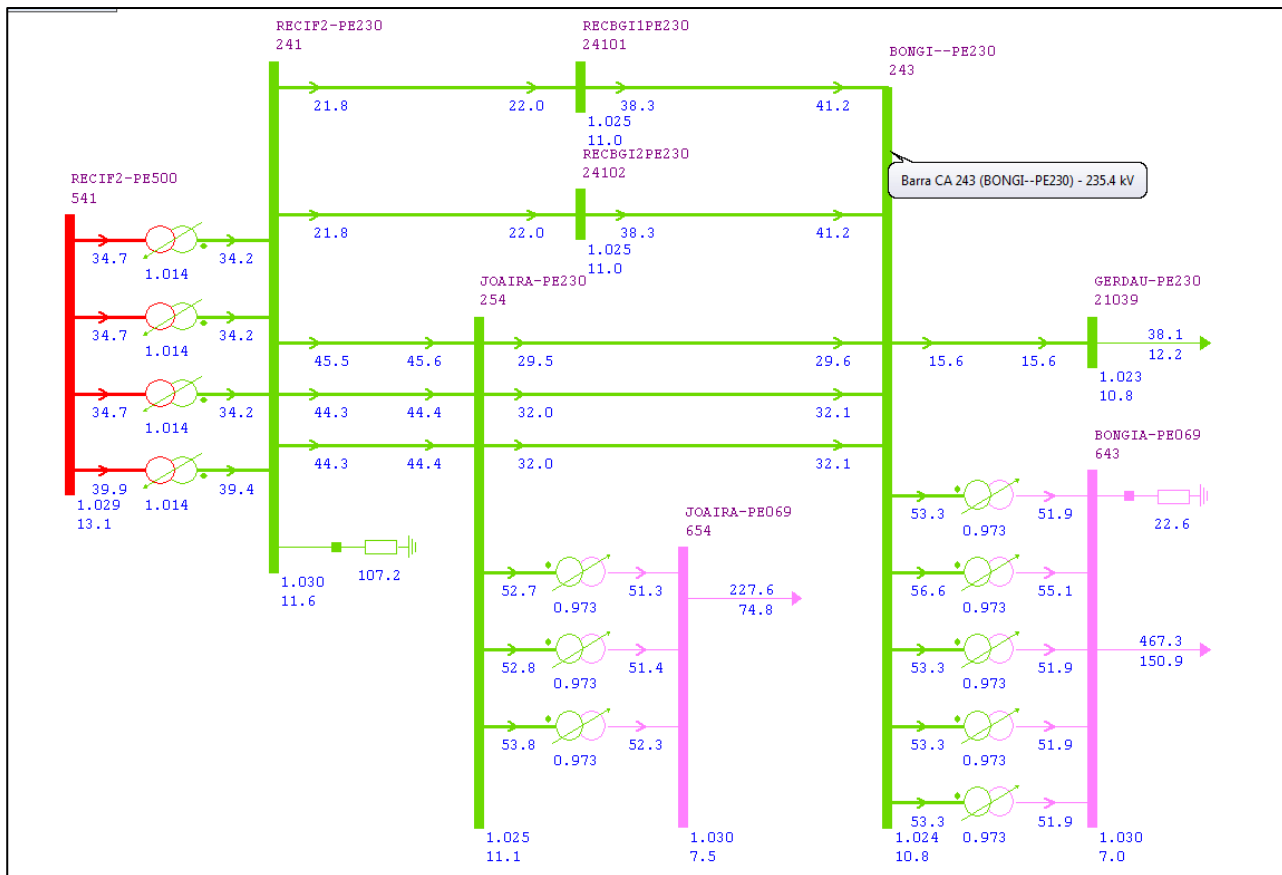


Figura 6-14 – Alternativa 2 – Configuração A – Operação Normal (2034)

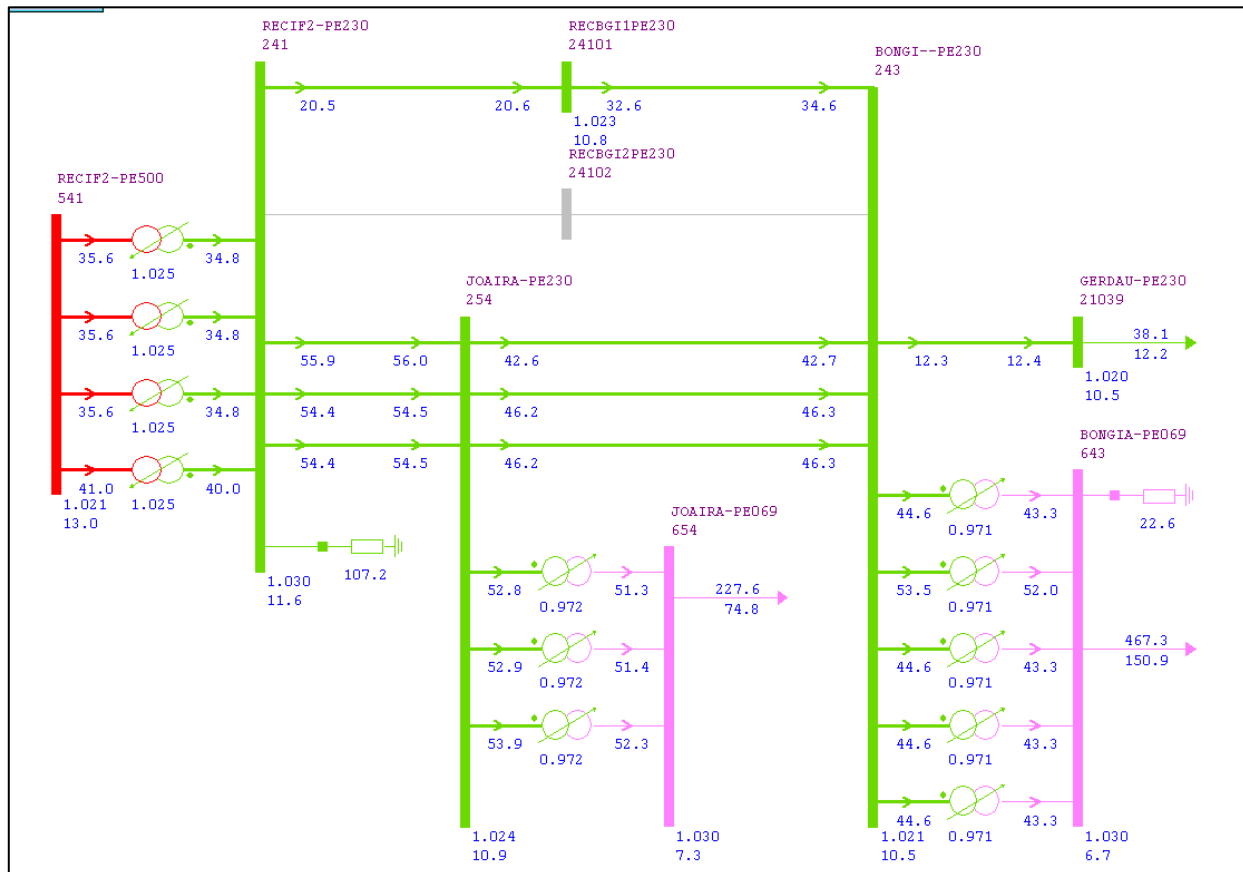


Figura 6-15 – Alternativa 2 – Configuração A – Contingência da LT 230 kV Recife II – Bongü C2 (2034)

6.2.2 Análise de Sensibilidade

A Tabelas 6-10 e 6-11 apresentam os resultados dos carregamentos obtidos pelas simulações de fluxo de potência nas linhas de transmissão que atendem a SE Bongí para o patamar de carga média, de acordo com as demais configurações do sistema de transmissão descritas na Seção 4.8.

Tabela 6-10 – Alternativa 2 – Carregamento em Linhas de Transmissão para o Configuração B

Circuito	Contingência	Carregamento	
		[Carga Média]	
		2028	2034
		[%]	[%]
LT 230 kV Recife II - Bongí C1	Operação normal	64,8	73,7
	LT 230 kV Recife II - Bongí C2	86,4	98,3

Tabela 6-11 – Alternativa 2 – Carregamento em Linhas de Transmissão para o Configuração C

Circuito	Contingência	Carregamento	
		[Carga Máxima]	
		Sem data	
		[%]	
LT 230 kV Recife II - Bongí C1	Operação normal	99,7	
	LT 230 kV Recife II - Bongí C2	99,6	

Cabe destacar que o Configuração C corresponde ao limite de fornecimento de energia da SE Bongí, com até 5 transformadores 230/69 kV de 200/240 MVA, e os resultados apresentados foram obtidos considerando a implantação referencial da LT 230 kV Recife II – Bongí C3, com parâmetros e capacidades idênticos aos dois circuitos que compõem essa alternativa.

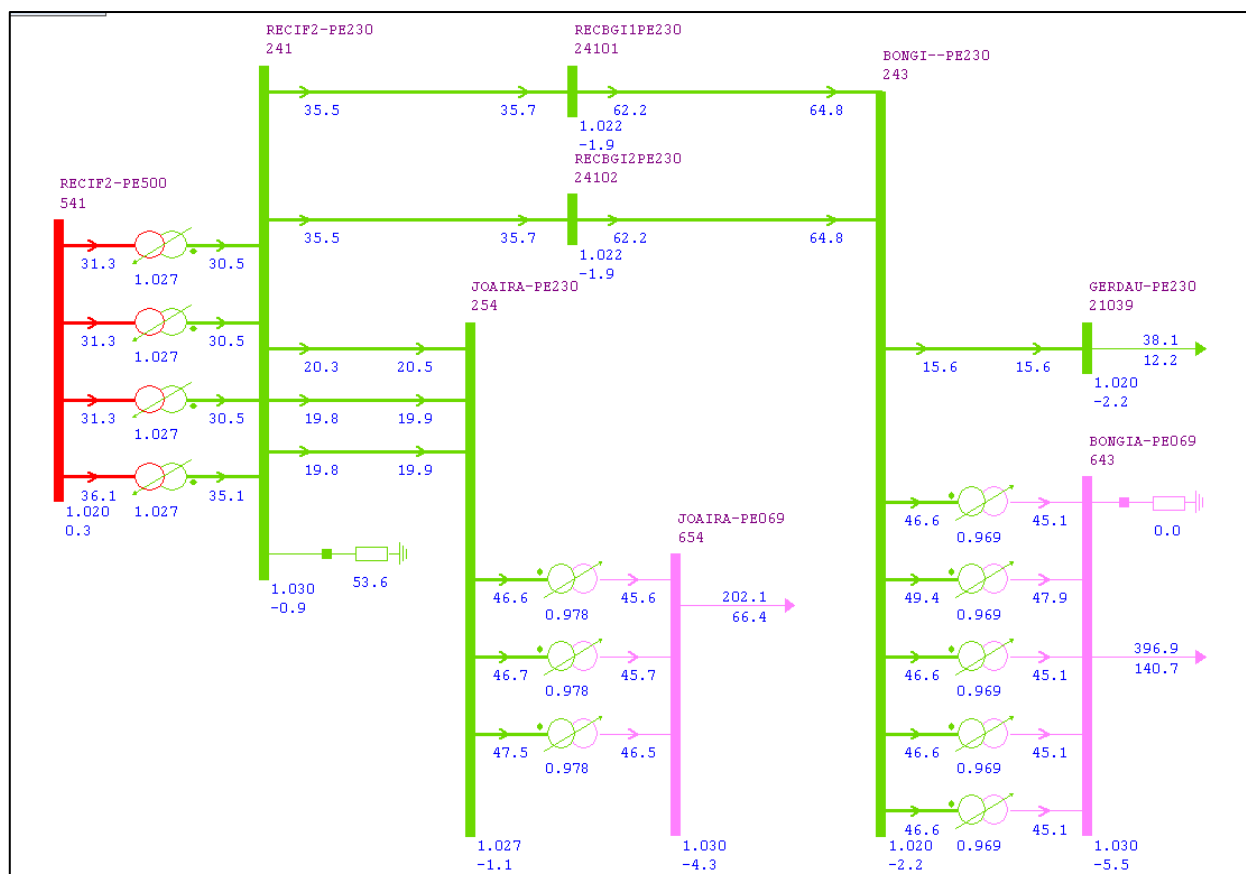


Figura 6-16 – Alternativa 2 – Configuração B – Operação Normal (2028)

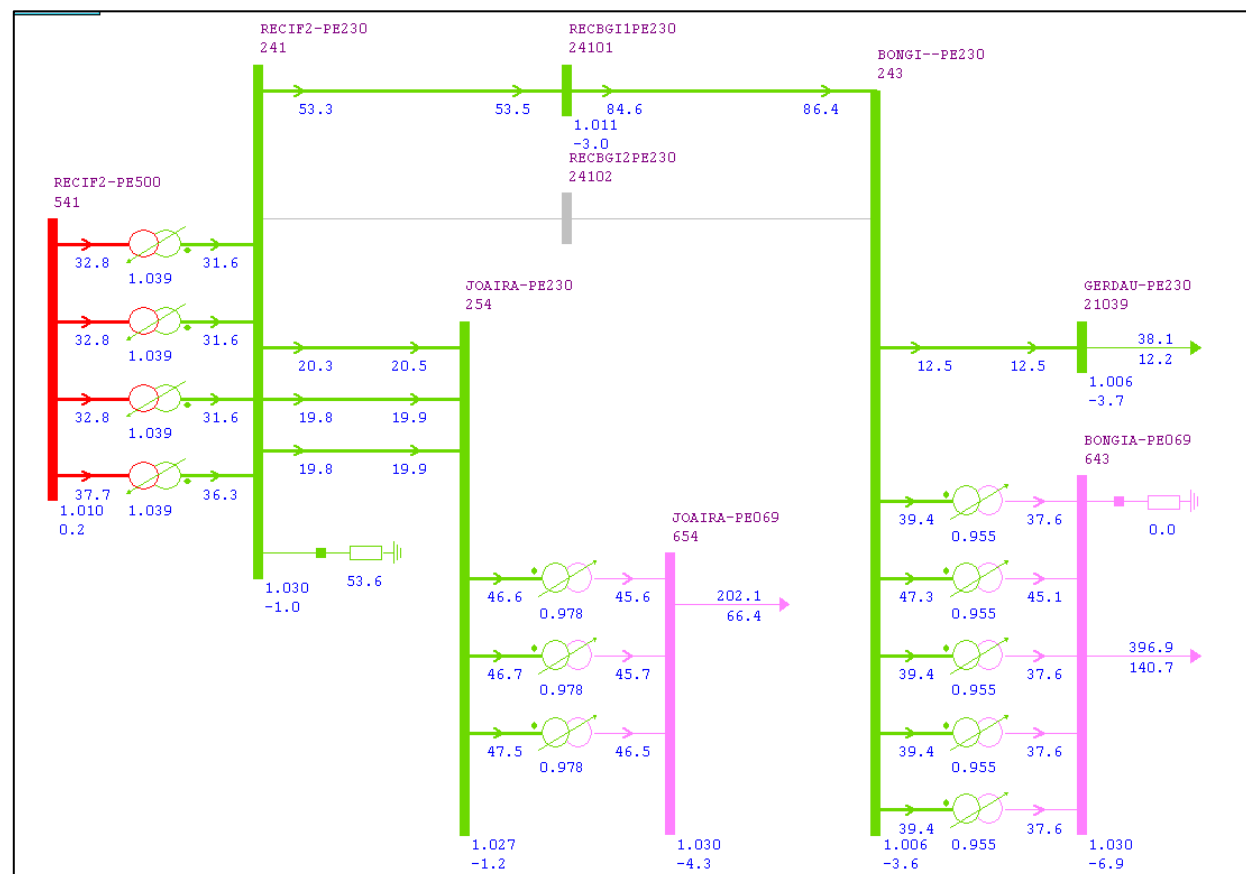


Figura 6-17 – Alternativa 2 – Configuração B – Contingência da LT 230 kV Recife II – Bongi C2 (2028)

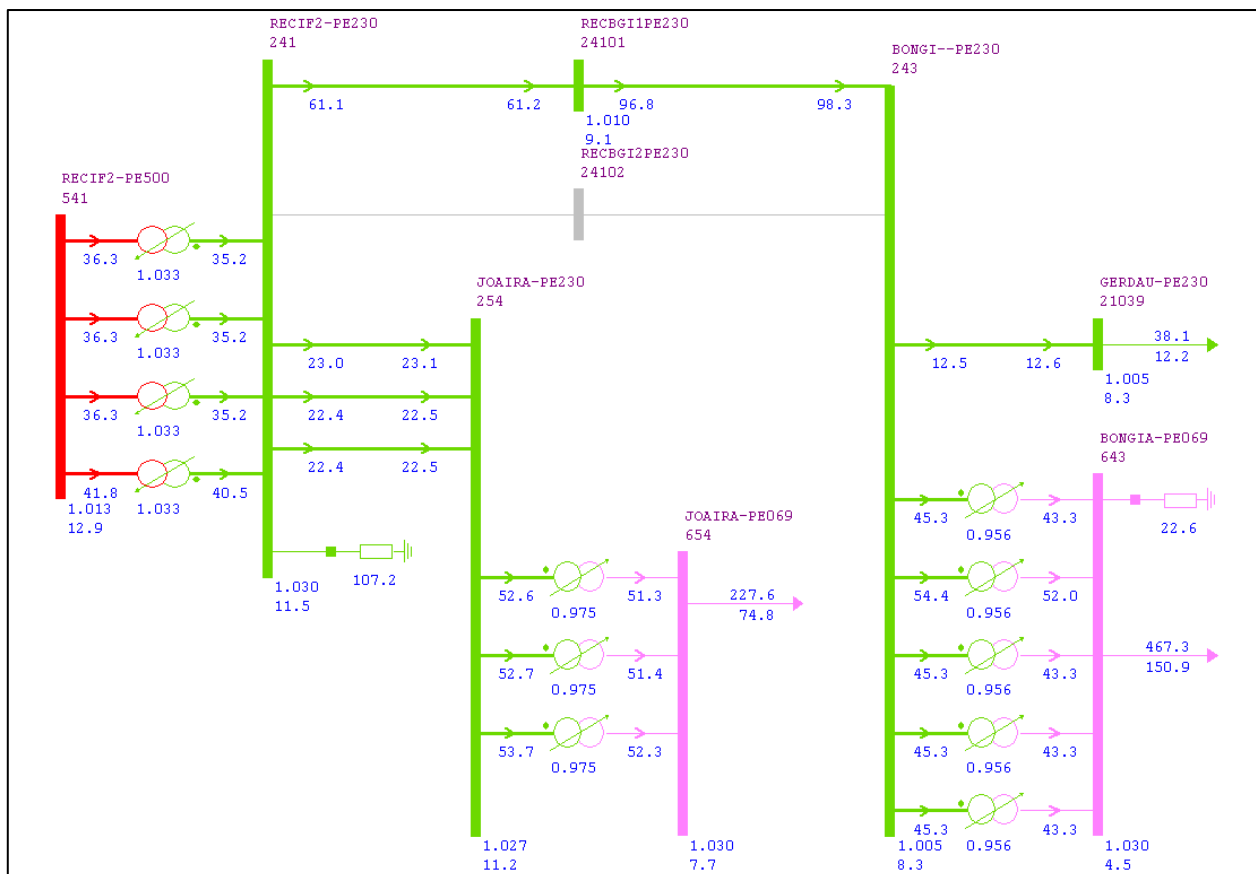


Figura 6-18 – Alternativa 2 – Configuração B – Contingência da LT 230 kV Recife II – Bongi C2 (2034)

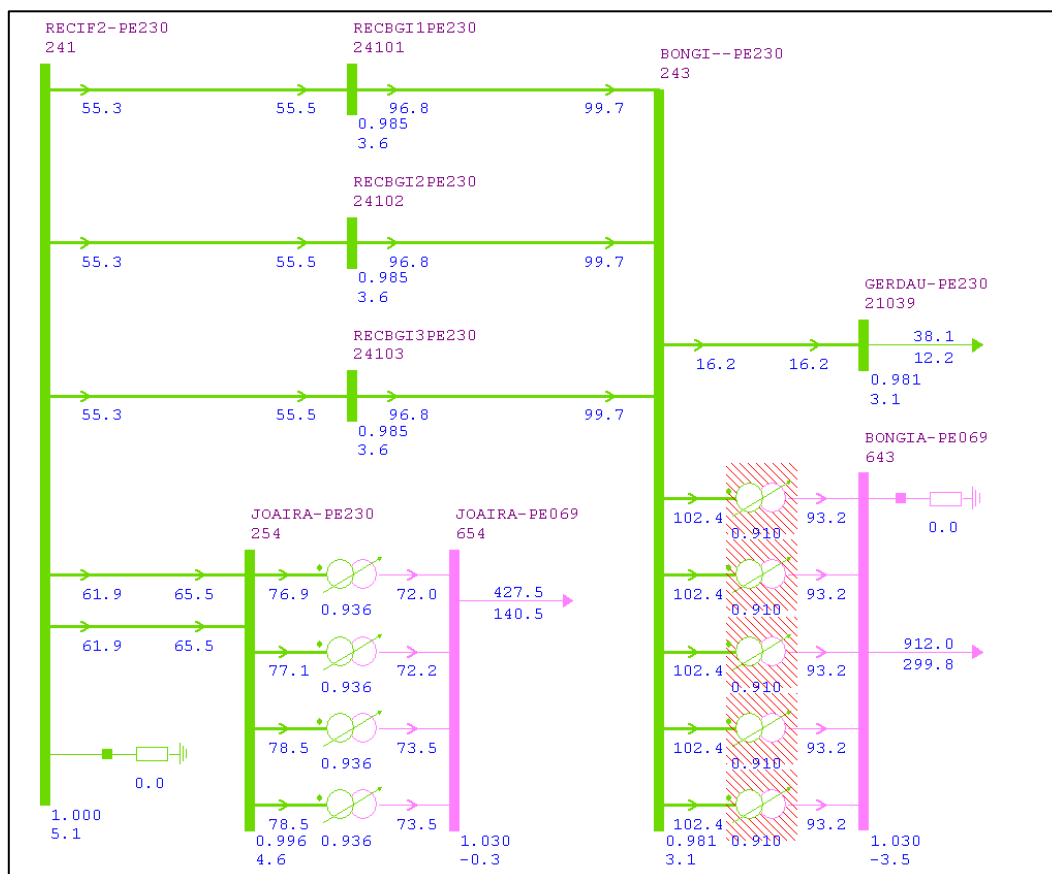


Figura 6-19 – Alternativa 2 – Configuração C – Operação Normal

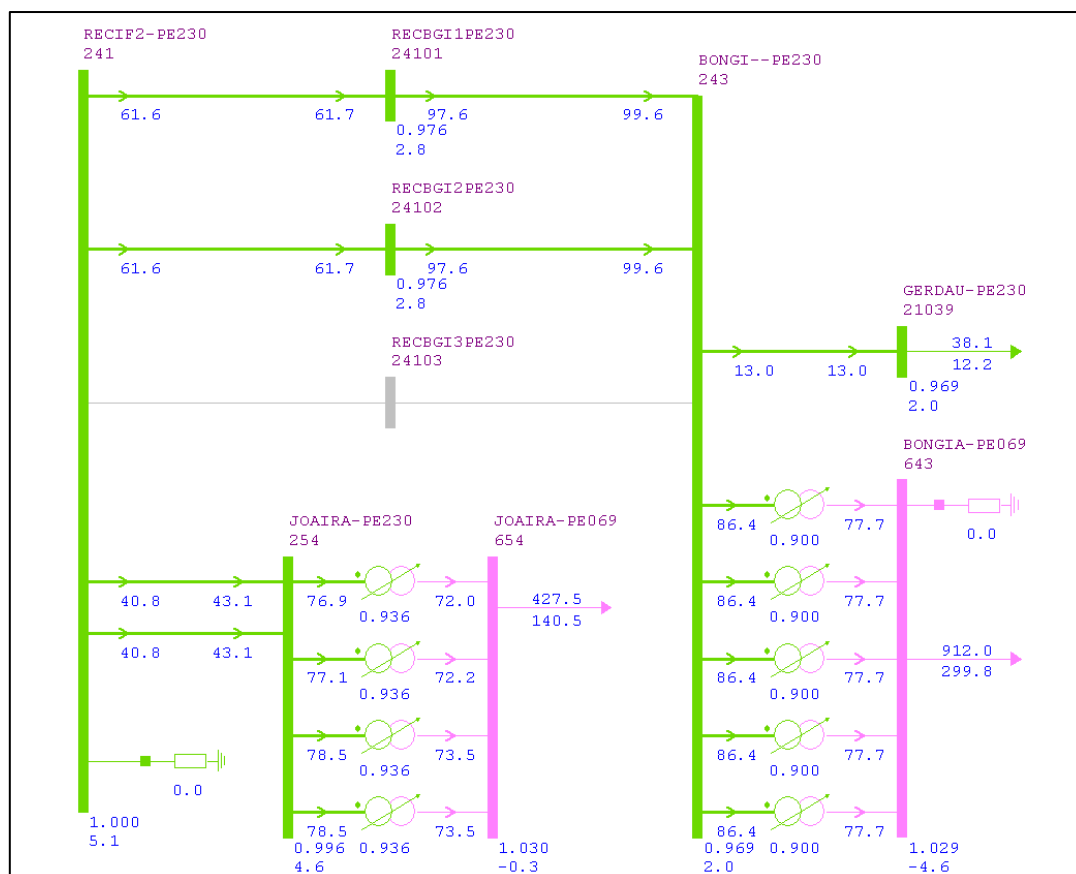


Figura 6-20 – Alternativa 2 – Configuração C – Contingência da LT 230 kV Recife II – Bongi C2

6.2.3 Sobretensões à Frequência Industrial 60 Hz

As tabelas a seguir apresentam os resultados das simulações de energização de LT e de rejeição de carga. Não foram encontradas variações de tensão superior a 5% nas barras das subestações ou acima da suportabilidade dos equipamentos.

Tabela 6-12 – Alternativa 2 – Energização de Linhas de Transmissão

LT energizada	Terminal Manobra	Barra	Vi	Vf	ΔV	Barra	Vi	Vf	ΔV	Vt	ΔV
			(pu)	(pu)	(%)		(pu)	(pu)	(%)	(pu)	(%)
Recife II - Bongi 230 kV C1	Recife II	Recife II	1,030	1,030	0,00	Bongi	-	-	-	1,026	-0,39
Recife II - Bongi 230 kV C1	Bongi	Recife II	1,030	1,044	1,34	Bongi	-	1,047	-	-	-
Recife II - Bongi 230 kV C2	Recife II	Recife II	1,044	1,048	0,38	Bongi	1,047	1,051	0,38	1,051	0,29
Recife II - Bongi 230 kV C2	Bongi	Recife II	1,048	1,048	0,00	Bongi	1,051	1,051	0,00	-	-

Tabela 6-13 – Alternativa 2 – Rejeição de Carga

LT rejeitada	Terminal Manobra	Barra	Vi	Vf	ΔV	Barra	Vi	Vf	ΔV	Vt	ΔV
			(pu)	(pu)	(%)		(pu)	(pu)	(%)	(pu)	(%)
Recife II - Bongi 230 kV C1	Recife II	Recife II	1,030	1,029	-0,10	Bongi	1,020	1,007	-1,29	1,008	0,10
Recife II - Bongi 230 kV C1	Bongi	Recife II	1,030	1,029	-0,10	Bongi	1,020	1,003	-1,69	1,032	0,29

6.2.4 Curto-Circuito

Os valores referentes às correntes de curto-circuito para a Alternativa 2 estão apresentados na Tabela 6-14.

Tabela 6-14 – Alternativa 2 – Correntes de curto-circuito trifásico

Subestação	Tensão	(1)		(2)		(3)	
	[kV]	I_k [kA]	X/R	I_k [kA]	X/R	I_k [kA]	X/R
Recife II	500	17,69	13,14	17,69	13,15	17,70	13,14
	230	37,32	12,19	37,32	12,20	37,33	12,19
Joairam	230	28,72	9,23	30,36	9,92	30,37	9,92
	69	22,72	25,80	23,01	27,72	30,89	23,27
Bongi	230	24,14	8,10	28,44	9,81	28,45	9,81
	69	35,67	15,44	38,42	18,98	40,71	18,27

(1) Valores de curto-circuito para o ano de 2027 sem obras.

(2) Valores de curto-circuito para o ano de 2028, considerando a nova LT 230 kV Recife II – Bongi C1/C2, configuração A.

(3) Valores de curto-circuito sem data definida, considerando a nova LT 230 kV Recife II – Bongi C1/C2, 5 TR 230/69 kV de 200/240 MVA na SE Bongi, 4 TR 150/150 MVA na SE Joairam, configuração A.

6.3 Alternativa 3

A Alternativa 3 é composta pela obra de recapacitação das LTs 230 kV existentes Recife II – Joairam 04V1 com 7,4 km em circuito simples (C1), Recife II – Joairam 04V2 e 04V3 com 7,4 km em circuito duplo (C2 e C3), Joairam – Bongí 04V4 com 6,3 km em circuito simples (C1) e Joairam – Bongí 04V5 e 04V6 com 6,4 km em circuito duplo (C2 e C3), atualmente com condutores singelos CAA 636 MCM Grosbeak. De acordo com o documento BGI-ESTD-03-MD-R0 [Ref.5], a recapacitação inclui o recondutoramento desses circuitos para o cabo ACCC Stockholm 3L, troca das cadeias de isoladores e do sistema de amortecimento dos condutores.

É importante destacar que a EPE realizou uma visita de campo entre os dias 15 e 16 de abril de 2019, que percorreu a BR-232 e o eixo de 230 kV Recife II – Joairam – Bongí e está relatada na Seção 8 deste relatório. Nessa visita de campo, constatou-se que as linhas de transmissão existentes no eixo Recife II – Joairam – Bongí se encontram com a faixa de servidão em processo avançado de ocupação irregular nas seguintes áreas: bairro Santo Aleixo, no município de Jaboatão dos Guararapes; região do Curado, no limite entre os municípios de Jaboatão dos Guararapes e Recife; e Comunidade do Vietnã – San Martin, no município de Recife.

Com base nas análises realizadas, concluiu-se que a liberação das faixas de servidão é inviável, o que resultou na eliminação da Alternativa 3.

6.4 Especificações Básicas das Linhas de Transmissão Aéreas

Nesta Seção são apresentadas as análises técnicas e de otimização que definiram as especificações básicas do trecho aéreo da LT 230 kV Recife II – Bongí C1 e C2, em circuito duplo, de 18,9 km¹ de comprimento, utilizadas nas análises elétricas da Alternativa 2, Seção 6.2.

Visando simplificar as análises, as especificações básicas definidas nesta Seção foram também aplicadas ao trecho aéreo da LT 230 kV Recife II – Bongí C1 e C2 da Alternativa 1, Seção 6.1.

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

6.4.1 Dados e Premissas

Os dados ambientais para a definição das capacidades operativas estão dispostos na Tabela 6-15. A temperatura do ar corresponde à maior máxima média mensal registrada na estação de medição localizada em Recife/PE [Ref.6]. Na tabela a seguir também está disposta a densidade relativa do ar considerada nas análises elétricas.

Tabela 6-15 Dados do ambiente

Temperatura do ar – máxima média [°C]	31
Velocidade de vento para cálculo de temperatura dos cabos [m/s]	1
Radiação solar [W/m ²]	1000
Densidade relativa do ar [p.u.]	0,97

Na Tabela 6-16 estão apresentados os parâmetros econômicos considerados na otimização. Os fluxos, fatores de carga e de perdas utilizados estão apresentados na Tabela 6-17. Já a Tabela 6-18 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 na Seção 5. Ressalta-se que estes valores foram tabelados por circuito.

¹ Esta LT é mista, sendo 13,2 km de trecho aéreo e 5,7 km de subterrâneo.

Tabela 6-16 Dados para avaliação econômica

Custo das perdas de energia [R\$/MWh]	247,44
Período [anos]	30
Taxa de desconto anual [%]	8
Banco de preços	Ref. ANEEL – 2017/07 ²

Tabela 6-17 Dados do sistema – Fluxos para cálculo de perdas

Linha	Fluxo ¹ [MVA]	Duração [Anos]	Fator de carga	Fator de perdas
LT 230 kV Recife II – Bongü, C1 e C2, CD	115	1	0,86	0,76
	118	1	0,86	0,76
	120	1	0,86	0,76
	122	1	0,86	0,76
	124	1	0,86	0,76
	128	1	0,86	0,76
	131	24	0,86	0,76

⁽¹⁾ Fluxos verificados à tensão nominal.

Tabela 6-18 Dados do sistema – Fluxos máximos observados para diferentes condições de operação

Linha	Fluxo ¹ [MVA]	
	Normal	Emergência
LT 230 kV Recife II – Bongü, C1 e C2, CD	355	540

⁽¹⁾ Fluxos verificados à tensão nominal.

Adotou-se somente estruturas autoportantes de circuito duplo, em configuração vertical, com cadeias de isoladores em “V”. Devido a restrições socioambientais, um trecho significativo da linha deverá ser alteado. Adicionalmente, em outros trechos poderá ser necessário reduzir a largura da faixa de segurança, o que pode ser feito, por exemplo, através da redução do tamanho dos vãos ou da adoção de outra tecnologia de torre. Na Seção 6.4.4 constam as coordenadas finais, após a otimização, dos cabos na torre e flecha para a silhueta típica. Por fim, considerou-se também cabos condutores tipo CAA e cabos para-raios tipo EAR 3/8” e OPGW 13,4 mm.

6.4.2 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, deve-se adotar 65 °C como limite de temperatura nos cabos condutores em condição normal de

² Atualizado pela EPE conforme [Ref.7]. Adicionalmente, devido às significativas diferenças entre os custos unitários dos cabos condutores tipo CAA, com formação 26/7 e 45/7, foi definido um valor único de 15,55 R\$/kg, equivalente à média dos mesmos para a região Nordeste.

operação e 90 °C em condição de emergência. Com relação aos níveis de emissão eletromagnética, estes devem observar os requisitos mínimos definidos em [Ref.8]. 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 critério de desempate, deve-se buscar, preferencialmente, as soluções com os menores custos de instalação.

6.4.3 Avaliações Econômicas

Seleção dos cabos condutores

Nesta otimização ponderou-se os custos de instalação de acordo com os comprimentos de cada trecho e suas características construtivas (alteamento e redução de vão). Após as análises realizadas pelo programa ELEKTRA, identificou-se que as soluções economicamente equivalentes dentre as soluções candidatas são aquelas apresentadas na Tabela 6-19. Ressalta-se que os sobrecustos para alteamento e redução de vão correspondem a cerca de 15 % e 10 %, respectivamente. Conforme comentado anteriormente, estes sobrecustos estão associados a restrições socioambientais.

Como pode se verificar na Tabela 6-19, a configuração de menor custo total é a 2 x TERN (795 MCM). Por outro lado, a configuração 1 x BLUEJAY (1113 MCM) apresenta o menor custo de instalação.

Tabela 6-19 Configurações com menor custo total - Otimização conjunta

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	
TERN	2	1391,1	462,6	1853,7	100,0%
RUDDY	2	1469,4	407,5	1877,0	101,3%
BLUEJAY	1	1180,4	709,3	1889,7	101,9%
RAIL	2	1518,9	383,9	1902,8	102,6%
GROSBEAK	2	1339,8	577,9	1917,7	103,5%

Análise de sensibilidade

Com o intuito de verificar a robustez das possíveis soluções, foi realizada uma análise paramétrica variando-se os carregamentos das linhas. Dado que as perdas elétricas têm relação quadrática com esses fluxos, tal incerteza pode gerar uma solução pouca robusta do ponto de vista econômico.

A Figura 6-21 apresenta um gráfico onde é possível observar que, para pequenos incrementos nos carregamentos, a solução 1 x BLUEJAY (1113 MCM) deixa de ser economicamente equivalente às demais. Dado que o custo de instalação da configuração 2 x TERN (795 MCM) é o menor dentre as restantes, pode-se concluir que esta solução é economicamente robusta dentro de uma variação de até +/- 20 % nos fluxos das linhas. Portanto, recomenda-se a configuração 2 x TERN (795 MCM) para o trecho aéreo desta LT.

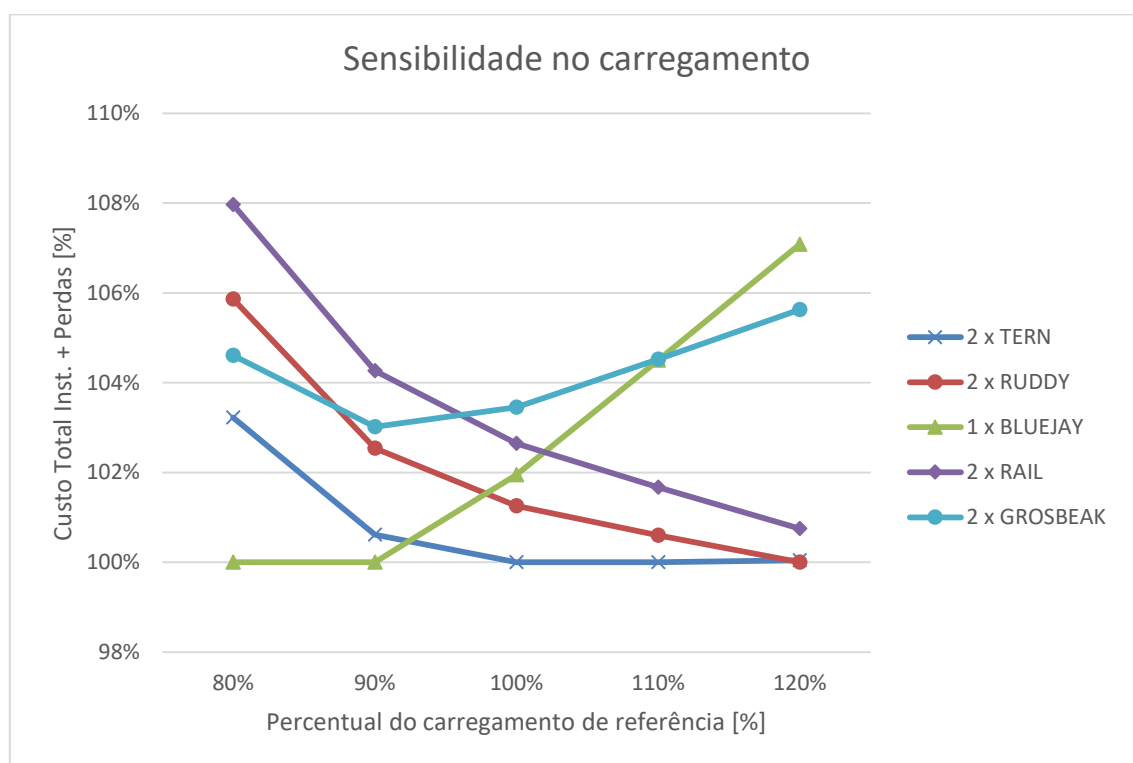


Figura 6-21 Sensibilidade do carregamento no custo total da instalação

6.4.4 Características Técnicas da Solução de Referência

Características elétricas

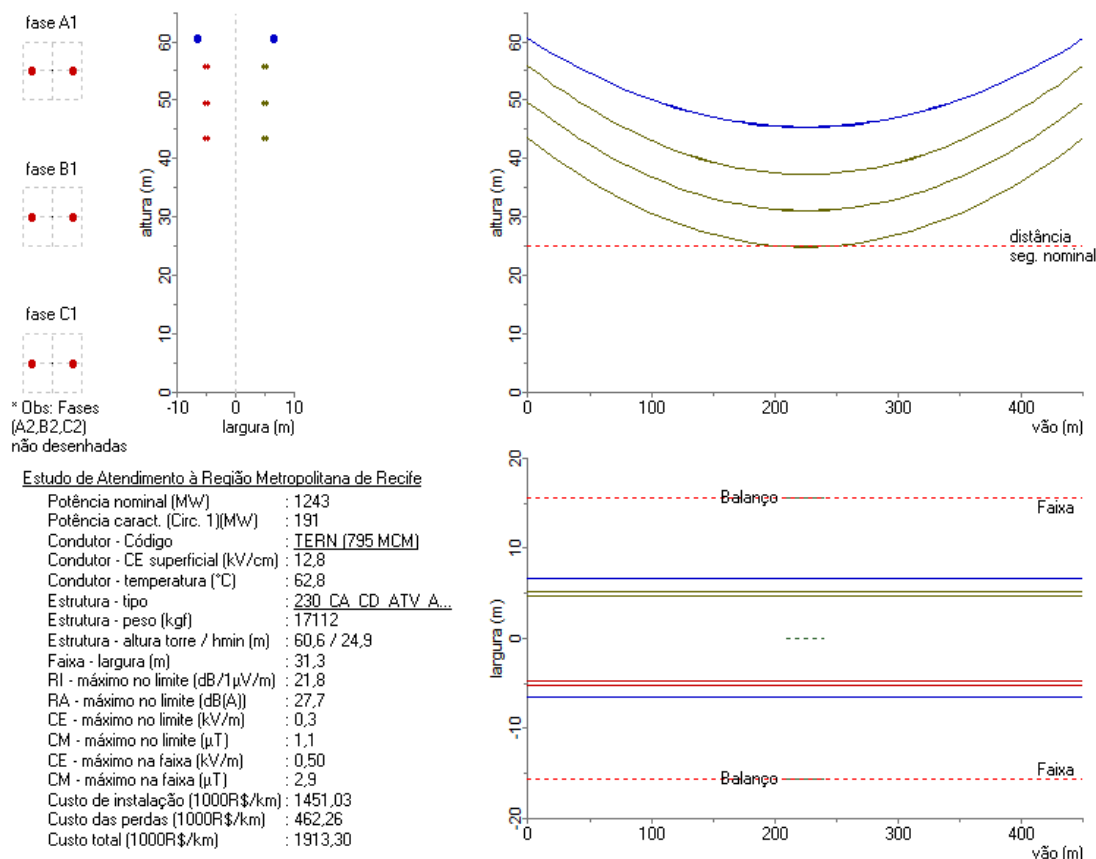
Tendo em vista os resultados das análises realizadas, os parâmetros elétricos e capacidades operativas especificadas estão sumarizados na Tabela 6-20. Estes parâmetros foram obtidos para o trecho com alteamento de torres. Nota-se que os parâmetros de sequência positiva devem sofrer alterações insignificantes nos demais trechos, já que a “cabeça” de torre é a mesma.

Tabela 6-20 Características elétricas básicas da LT 230 kV em CD

Tipo	Cabo	Capacidade por circuito ¹ [MVA]		Parâmetros de sequência a 50 °C			
		Normal	Emerg.	seq.	r [Ω /km]	x [Ω /km]	b [μ S/km]
Circuito Duplo	CAA 2 x TERN (795 MCM)	621	856	+	0,0415	0,3547	4,6701
				0	0,3716	1,3494	2,6059
				mut.0	0,3255	0,9159	-1,0436

⁽¹⁾ Valor em MVA obtido à tensão nominal.

A Figura 6-22 extraída do ELEKTRA, apresenta um sumário dos resultados técnicos do trecho aéreo alteado da LT em CD. Com relação à faixa de segurança, esta foi estimada em 31,3 metros devido ao balanço dos cabos. Não obstante, foram realizadas análises de sensibilidade variando-se alguns parâmetros de cálculo e, por segurança, recomenda-se a adoção de uma largura de faixa de 35 metros. Cumpre ressaltar que, em alguns trechos poderá ser necessário reduzir a largura da faixa de segurança, o que pode ser feito, por exemplo, através da redução do tamanho dos vãos ou da adoção de torres compactas.



Características construtivas

Considerando os resultados das simulações realizadas, as coordenadas dos centros dos feixes na torre e flechas estão apresentadas na Tabela 6-21. Foram considerados feixes com geometria horizontal e espaçamento de 45,72 cm entre os cabos condutores.

Tabela 6-21 Coordenadas do centro do feixe da silhueta típica da LT 230 kV em CD

Elemento	X [m]	Y [m]	Flecha [m]
Feixe A1	-4,95	55,9	18,6
Feixe B1	-4,95	49,7	18,6
Feixe C1	-4,95	43,5	18,6
Feixe A2	4,95	55,9	18,6
Feixe B2	4,95	49,7	18,6
Feixe C2	4,95	43,5	18,6
Para-raios 1	-6,59	60,6	15,2
Para-raios 2	6,59	60,6	15,2

Tensões e correntes induzidas

Foram verificadas as tensões e correntes induzidas nas lâminas de terra das chaves seccionadoras de aterramento nos terminais da LT. Os resultados obtidos indicam que poderá ser necessário especificar chaves Classe B, de acordo com a norma [Ref.9]. Cumpre ressaltar que a adoção de uma solução distinta, em termos de extensão, silhueta de torre, faseamento e ciclos de transposição, pode alterar as conclusões obtidas nesta análise. Portanto, recomenda-se analisar com maior detalhamento nos estudos de Projeto Básico os requisitos para as chaves de aterramento desta linha de transmissão.

Devido ao comprimento, não foi utilizada transposição no trecho aéreo. Além disso, adotou-se um faseamento ABC/ABC para o trecho aéreo, e ABC/CBA para o trecho subterrâneo. Os maiores valores calculados estão dispostos na Tabela 6-22. Nas simulações considerou-se a máxima tensão operativa e a capacidade operativa de longa duração, conforme [Ref.10] e Tabela 6-20.

Tabela 6-22 Tensões e correntes induzidas (valor eficaz) nas lâminas de terra

Acoplamento	Calculado	Limite
Eletromagnético	74 A	80 A
	0,5 kV	2 kV
Eletrostático	0,6 A	3 A
	1 kV	12 kV

6.5 Especificações Básicas das Linhas de Transmissão Subterrâneas

Nesta Seção são apresentadas as análises preliminares de dimensionamento que definiram as especificações básicas do trecho subterrâneo da LT 230 kV Recife II – Bongí C1 e C2, em circuito duplo, de 18,9 km³ de comprimento, utilizadas nas análises elétricas da Alternativa 2, Seção 6.2.

Visando simplificar as análises, as especificações básicas definidas nesta Seção foram também aplicadas ao trecho subterrâneo da LT 230 kV Recife II – Bongí C1 e C2 da Alternativa 1, Seção 6.1.

Os resultados obtidos nas análises foram extraídos diretamente do programa CYMCAP, desenvolvido pela CYME.

6.5.1 Dados e Premissas

Na Figura 6-23 estão apresentados os principais parâmetros ambientais considerados. O dimensionamento realizado levou em consideração a média aritmética das temperaturas máximas do ar, verificadas diariamente na estação de medição localizada em Recife/PE [Ref.11]. Visando o dimensionamento dos condutores, esse valor pode ser considerado conservador porque tende a ser maior que a temperatura máxima do solo na profundidade em que os cabos se encontram enterrados.

Tabela 6-23 Dados do ambiente

Temperatura do solo [°C]	Resistividade térmica do solo [°C.m/W]	Resistividade térmica do <i>backfill</i> [°C.m/W]
30	1,2	1,0

A Figura 6-24 apresenta os carregamentos máximos verificados nos estudos de fluxo de potência em condição normal de operação (N) e em contingência simples (N-1), além do fator de carga em condição normal. Ressalta-se que estes valores foram tabelados por circuito, conforme apresentado na Seção 6.

³ Esta LT é mista, sendo 13,2 km de trecho aéreo e 5,7 km de subterrâneo.

Tabela 6-24 Dados do sistema – Fluxos máximos observados para diferentes condições de operação

Linha de Transmissão	Fluxo em N ⁽¹⁾ [MVA]	Fator de carga em N ⁽²⁾	Fluxo em N-1 ⁽³⁾ [MVA]
LT 230 kV Recife II – Bongi, C1 e C2	355	0,86	540

⁽¹⁾ Fluxo verificado à tensão nominal.

⁽²⁾ Fator de carga para a condição normal. Na condição de contingência o fator de carga considerado é unitário.

⁽³⁾ Fluxo resultante da contingência de elemento instalado em local distinto dos cabos.

Adotou-se uma configuração de instalação com dois circuitos dispostos verticalmente. Na Figura 6-25 consta uma representação esquemática dessa configuração com as dimensões finais, na qual está representada a disposição geométrica dos cabos condutores e do backfill. Embora os cabos pudessem ter sido considerados instalados em dutos preenchidos por material compactado, para efeito de cálculo considerou-se os cabos diretamente enterrados. Além disso, foram pressupostos cabos com material isolante tipo XLPE e sistema de aterramento *cross-bonding*.

6.5.2 Critérios Para Definição das Capacidades de Corrente

A solução de referência deve ser tal que os cabos isolados:

- i. Não atinjam uma temperatura maior que 90 °C em condição normal de operação e por um período de tempo indeterminado, considerando que eles possam transmitir, em regime cíclico dado o fator de carga, o carregamento máximo verificado nos estudos de fluxo de potência.
- ii. Não atinjam uma temperatura maior que 90 °C em condição de contingência simples no sistema e por um período de 96 horas, considerando que eles possam transmitir continuamente o carregamento máximo verificado nos estudos de fluxo de potência. Neste caso o fator de carga a ser considerado é unitário. Além disso, deve-se adotar como condição inicial a máxima temperatura obtida no item i.
- iii. Não atinjam uma temperatura maior que 90 °C em condição de contingência dupla no sistema e por um período de 4 horas, considerando que eles possam transmitir continuamente o carregamento máximo verificado nos estudos de fluxo de potência. Neste caso o fator de carga a ser considerado é unitário. Além disso, deve-se adotar como condição inicial a máxima temperatura obtida no item i.
- iv. Possam operar em toda a faixa de tensão, conforme estabelecido em [Ref.8] e [Ref.12].

Também cumpre ressaltar que ciclos de sobrecarga subsequentes, decorrentes de contingência no sistema, devem respeitar o tempo necessário para que os cabos alcancem temperaturas iguais ou inferiores à máxima temperatura obtida no item i.

6.5.3 Simulações e Dimensionamento

Seleção das seções dos cabos

Com base nos dados, premissas e critérios apresentados, foram realizadas simulações com cabos distintos e os principais resultados estão dispostos na Tabela 6-25. O cabo de alumínio 2000 mm² é o cabo de menor bitola que atende aos cenários dimensionadores e aos critérios definidos e, por razões técnicas e econômicas, será recomendado para a solução de referência dos trechos subterrâneos da LT 230 kV Recife II - Bongi, C1 e C2.

Tabela 6-25 Temperaturas para diferentes cabos e condições de operação

Linha de Transmissão	Cabo	Temperatura [°C]	
		N	N-1 (96 h)
LT 230 kV Recife II – Bongi, C1 e C2	Al 1600 mm ²	75,4	106,5
	Al 2000 mm²	66,3	89,2

Definição das capacidades operativas

Visando especificar as capacidades operativas da LT, nesta seção são apresentados os resultados de simulações realizadas com o cabo selecionado. Neste caso, essas capacidades foram definidas visando utilizar a máxima ampacidade possível, respeitando-se os dados, premissas e critérios definidos bem como os fluxos verificados na Tabela 6-18. Os resultados estão apresentados na Tabela 6-26.

Tabela 6-26 Capacidades operativas definidas para a LT

Linha de Transmissão	Cabo	Capacidade em N [A]	Fator de carga em N ⁽¹⁾	Capacidade em N-1 [A]	Capacidade em N-2 [A]
LT 230 kV Recife II – Bongi, C1 e C2	Al 2000 mm ²	892	0,86	1356 ⁽²⁾	1695 ⁽³⁾

⁽¹⁾ Fator de carga para a condição normal. Na condição de contingência o fator de carga considerado é unitário.

⁽²⁾ Corrente resultante para período de tempo de 96 horas associada a contingência de elemento instalado em local distinto dos cabos.

⁽³⁾ Corrente resultante para período de tempo de 4 horas associada a contingência de elemento instalado no mesmo local (vala, túnel etc).

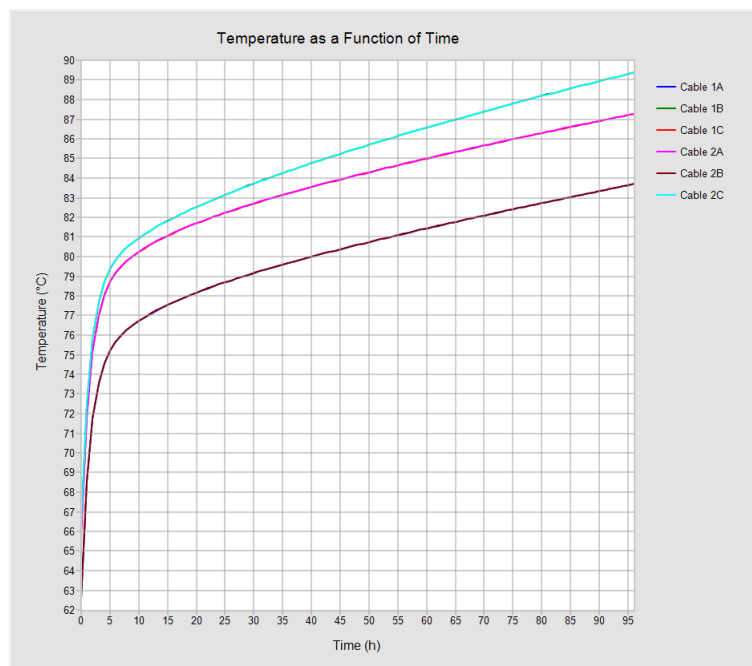


Figura 6-23 Temperatura dos cabos da LT 230 kV Recife II – Bongí, C1 e C2, trecho subterrâneo, na situação de contingência de elemento instalado em local distinto dos cabos para um período de até 96 horas

A Figura 6-23 foi obtida a partir da aplicação de um degrau de carga na contingência de elemento instalado em local distinto dos cabos, resultando em um carregamento de 1356 A em cada circuito, conforme Tabela 6-26. Essa situação é limitante e define as capacidades operativas da solução de referência, segundos os critérios apresentados na Seção 4.

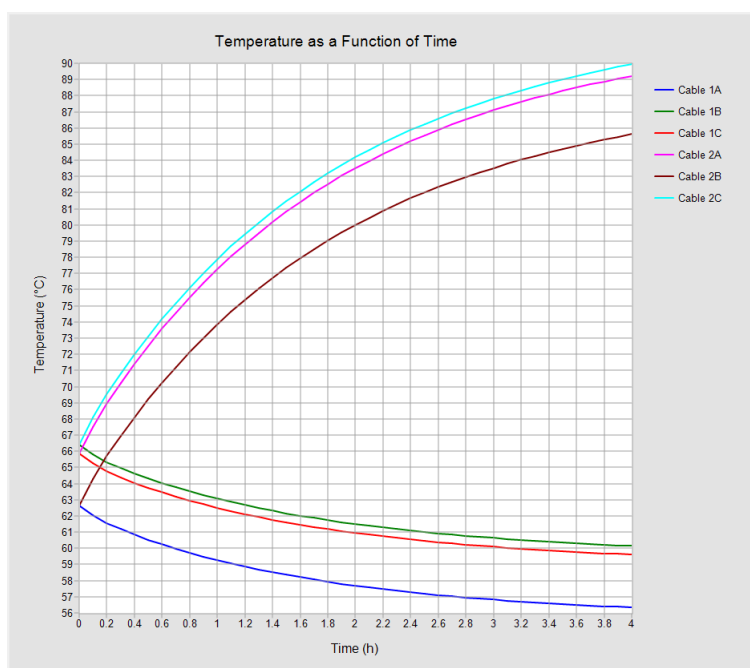


Figura 6-24 Temperatura dos cabos da LT 230 kV Recife II – Bongí, C1 e C2, trecho subterrâneo, na situação de contingência de elemento instalado no mesmo local dos cabos para um período de até 4 horas

A Figura 6-23 foi obtida a partir da aplicação de um degrau de carga na contingência de elemento instalado no mesmo local dos cabos, resultando em um carregamento de 1695 A, conforme Tabela 6-26. Além disso, a Figura 6-24 mostra a influência mútua que os cabos exercem no comportamento térmico do trecho subterrâneo.

6.5.4 Características Técnicas das Soluções de Referência

Características elétricas

Tendo em vista os resultados das análises realizadas, os parâmetros elétricos e capacidades operativas estão sumarizados na Tabela 6-27. Foi adotada uma permissividade relativa de 2,5 para o XLPE, conforme [Ref.13].

Tabela 6-27 Características elétricas básicas da LT 230 kV Recife II – Bongü, C1 e C2

Tipo	Cabo	Capacidade por circuito ⁽¹⁾ [MVA]			Parâmetros de sequência a 50 °C			
		Normal	Emerg. 96 horas	Emerg. 4 horas	seq.	r [Ω /km]	x [Ω /km]	b [μ S/km]
2 Circuitos Verticais	Alumínio 2000 mm ²	355	540	675	+	0,0172	0,2561	88,81
					0	0,0898	0,0813	88,81
					mut.0	0,0018	0,0076	-

⁽¹⁾ Valor em MVA obtido à tensão nominal.

Características construtivas

Na Figura 6-25 está representada a disposição geométrica dos cabos condutores e *backfill*. Por fim, a Figura 6-26 apresenta os dados técnicos dos cabos recomendados para a LT em questão.

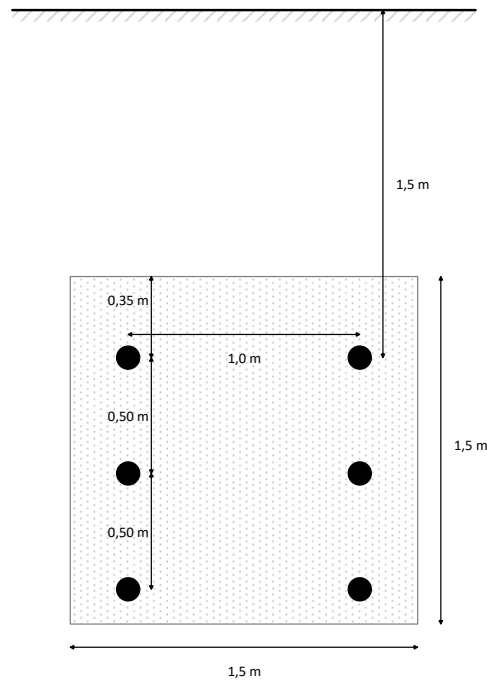


Figura 6-25 Representação esquemática da instalação dos cabos da LT 230 kV, C1 e C2

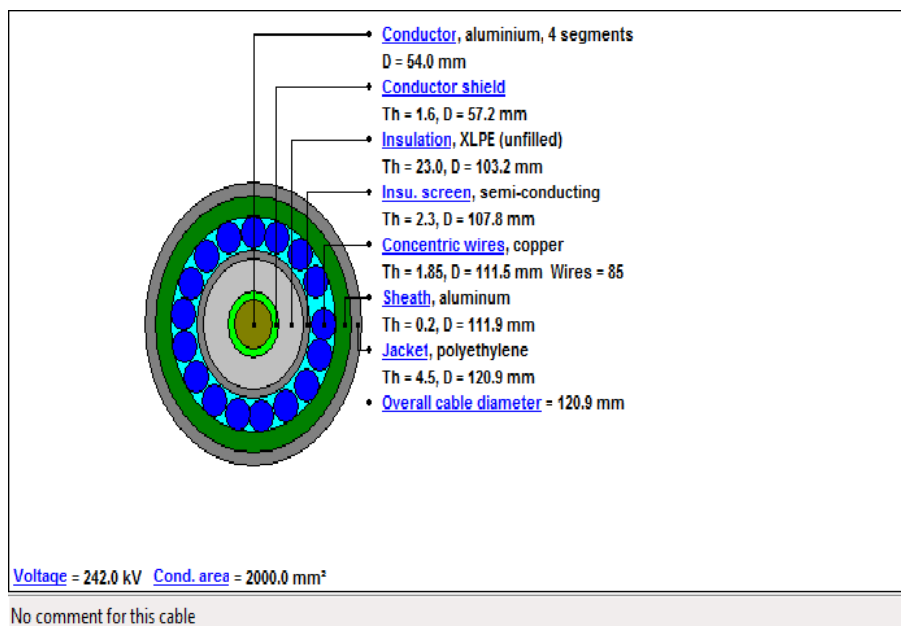


Figura 6-26 Dados construtivos do cabo de alumínio 2000 mm² de 230 kV

7 ANÁLISE ECONÔMICA

Na Seção 6, foram estudadas três alternativas de expansão da Rede Básica para ampliação da capacidade de transmissão entre as subestações Recife II e Bongü. A alternativa 3 se mostrou inviável e foi eliminada. Dessa forma, esta Seção apresenta a comparação econômica entre as alternativas 1 e 2, que atenderam aos critérios de planejamento elétrico e às premissas estabelecidas.

7.1 Custo de Investimento

Os custos utilizados na análise econômica comparativa das alternativas são os que constam na “Base de Referência de Preços Aneel – Junho/2017” [Ref.4] e [Ref.7]. Devido à ausência de referências de custo de investimento relacionadas a linhas de transmissão compactas, alteadas ou subterrâneas, foram utilizados os fatores multiplicadores apresentados abaixo, obtidos a partir das estimativas apresentadas nas Seções 6.4 e 6.5 e de consultas aos fabricantes de equipamentos e cabos isolados de alta tensão:

- LT 230 kV subterrânea [R\$/km] = 10 x LT 230 kV aérea convencional;
- LT 230 kV com redução de vão [R\$/km] = 1,1 x LT 230 kV aérea convencional;
- LT 230 kV alteada [R\$/km] = 1,15 x LT 230 kV aérea convencional.

Os investimentos previstos ao longo do tempo são referidos ao ano 2020 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 de 2034.

O detalhamento do plano de obras e investimentos de cada alternativa é apresentado nas Tabelas 7-1 e 7-2.

Tabela 7-1 - Plano de obras e estimativa de custos da Alternativa 1

Descrição	Terminal	Ano	Qtde.	Fator	Custo da Alternativa (R\$ x 1000)				
					Custo Unitário	Custo Total	VP	Parcela Anual	RN
						171.349,75	92.574,94	15.220,56	42.812,99
LT 230 kV RECIFE II - BONGI, C1 e C2 (CD) Subterrânea (Nova)						171.349,75	92.574,94	15.220,56	42.812,99
Circuito Duplo 230 kV, 2 x 795 MCM (TERN), 3 km		2028	3,0	1,1	1193,70	3.939,21	2.128,23	349,91	984,24
Circuito Duplo 230 kV, 2 x 795 MCM (TERN), 11,5 km		2028	11,5	10,0	1193,70	137.275,04	74.165,43	12.193,79	34.299,18
EL (Entrada de Linha) 230 kV, Arranjo BD4	Recife II	2028	2,0	1,0	5849,63	11.699,26	6.320,75	1.039,22	2.923,15
MIM - 230 kV	Recife II	2028	1,0	1,0	1475,20	1.475,20	797,00	131,04	368,59
MIG-A	Recife II	2028	1,0	1,0	1893,29	1.893,29	1.022,89	168,18	473,05
EL (Entrada de Linha) 230 kV, Arranjo BD4	Bongi	2028	2,0	1,0	5849,63	11.699,26	6.320,75	1.039,22	2.923,15
MIM - 230 kV	Bongi	2028	1,0	1,0	1475,20	1.475,20	797,00	131,04	368,59
MIG-A	Bongi	2028	1,0	1,0	1893,29	1.893,29	1.022,89	168,18	473,05

Tabela 7-2 - Plano de obras e estimativa de custos da Alternativa 2

					Custo da Alternativa (R\$ x 1000)				
Descrição	Terminal	Ano	Qtde.	Fator	Custo Unitário	Custo Total	VP	Parcela Anual	RN
						115.896,62	62.615,34	10.294,80	28.957,62
LT 230 kV RECIFE II - BONGI, C1 e C2 (CD) Aérea/Subterrânea (Nova)						115.896,62	62.615,34	10.294,80	28.957,62
Circuito Duplo 230 kV, 2 x 795 MCM (TERN), 6,7 km		2028	6,7	1,1	1193,70	8.797,57	4.753,05	781,47	2.198,14
Circuito Duplo 230 kV, 2 x 795 MCM (TERN), 6,5 km		2028	6,5	1,2	1143,96	8.922,88	4.820,75	792,60	2.229,45
Circuito Duplo 230 kV, 2 x 795 MCM (TERN), 5,7 km		2028	5,7	10,0	1193,70	68.040,67	36.760,26	6.043,88	17.000,46
EL (Entrada de Linha) 230 kV, Arranjo BD4	Recife II	2028	2,0	1,0	5849,63	11.699,26	6.320,75	1.039,22	2.923,15
MIM - 230 kV	Recife II	2028	1,0	1,0	1475,20	1.475,20	797,00	131,04	368,59
MIG-A	Recife II	2028	1,0	1,0	1893,29	1.893,29	1.022,89	168,18	473,05
EL (Entrada de Linha) 230 kV, Arranjo BD4	Bongi	2028	2,0	1,0	5849,63	11.699,26	6.320,75	1.039,22	2.923,15
MIM - 230 kV	Bongi	2028	1,0	1,0	1475,20	1.475,20	797,00	131,04	368,59
MIG-A	Bongi	2028	1,0	1,0	1893,29	1.893,29	1.022,89	168,18	473,05

7.2 Custo de Perdas Elétricas

Os custos referentes ao diferencial de perdas elétricas de cada alternativa foram estimados considerando as simulações dos patamares de carga leve, média e pesada, configuração A, fator de perdas de 0,5, custo de perdas de 247,44 R\$/MWh e taxa de retorno de 8% ao ano, referidos a 2020. Os valores das perdas elétricas obtidas nas simulações de fluxo de potência são apresentados na Tabela 7-3.

Tabela 7-3 - Custo do Diferencial de Perdas Elétricas

Ano	Alternativa 1			Alternativa 2		
	ΔPerdas (MW)	Custo (R\$x1000)	VP (R\$x1000)	ΔPerdas (MW)	Custo (R\$x1000)	VP (R\$x1000)
2028	0,00	0,00	0,00	0,15	328,67	177,57
2029	0,00	0,00	0,00	0,13	272,49	136,31
2030	0,00	0,00	0,00	0,13	272,45	126,20
2031	0,00	0,00	0,00	0,15	324,95	139,36
2032	0,00	0,00	0,00	0,15	318,01	126,29
2033	0,00	0,00	0,00	0,13	286,27	105,26
2034	0,00	0,00	0,00	0,11	233,01	79,33
2035	0,00	0,00	0,00	0,11	233,01	73,46
Total			0,00			963,78

7.3 Comparação Econômica das Alternativas

A Tabela 7-4 apresenta a comparação econômica das alternativas, levando-se em consideração os custos de investimentos e os custos relacionados ao diferencial de perdas elétricas.

Tabela 7-4 – Comparação Econômica das Alternativas – Investimento + Perdas Elétricas

Alternativas	Rendimentos Necessários (R\$ x 1000)			Perdas (R\$ x 1000)		Total (R\$ x 1000)		
	Custos	(%)	Ordem	Diferencial	Ordem	Custos	(%)	Ordem
Alternativa 1	42.812,99	147,8%	2º	0,00	1º	42.812,99	143,1%	2º
Alternativa 2	28.957,62	100,0%	1º	963,78	2º	29.921,40	100,0%	1º

Sob ponto de vista econômico, o conjunto de obras de transmissão que se mostrou mais vantajoso foi a Alternativa 2. Em relação à Alternativa 1, mesmo aumentando a extensão total da LT 230 kV Recife II – Bongi CD ao contornar as reservas ambientais Manassú, Mata das Nascentes e Mata da Várzea, a Alternativa 2 conseguiu reduzir a extensão dos trechos de LTS, que possuem custo de implantação elevado em relação aos trechos aéreos.

8 RELATO DA VISITA DE CAMPO

Esta seção apresenta as análises advindas da visita de campo realizada pela EPE, entre os dias 15 e 16 de abril de 2019, que contou com a participação dos analistas de pesquisa energética Leandro Moda, da Superintendência de Transmissão de Energia (STE), e Thiago Galvão, da Superintendência de Meio Ambiente (SMA), além de técnicos da CHESF.

A visita de campo teve os seguintes objetivos:

- Verificar *in loco* a situação das faixas de servidão, visto que análises preliminares utilizando imagens de satélite indicavam processos de ocupação irregular em pelo menos três áreas, que poderiam inviabilizar as obras de recapacitação da Alternativa 3.
- Estudar a possibilidade de implantação da nova LT 230 kV CD Recife II – Bongi ao longo da rodovia BR-232, conforme Alternativa 1.

8.1 Alternativa de Recapacitação e Ocupação das Faixas de Servidão

Bairro Santo Aleixo, no município de Jaboatão dos Guararapes

Há um trecho de aproximadamente 1,0 km de extensão em que as faixas de servidão dos três circuitos da LT 230 kV Recife II – Joairam encontram-se em avançado processo de ocupação por edificações com fins de moradia. Da mesma forma ocorre com os dois circuitos da LT 230 kV Recife II - Goianinha que percorre rota paralela. A Figura 8-1 apresenta a imagem de satélite da região e o traçado das referidas linhas em operação na região.

Tratam-se de assentamentos precários, caracterizados pela infraestrutura urbana incipiente ou ausente, no tocante às condições de habitação, saneamento e mobilidade urbana. Na faixa ocupada, predominam residências de alvenaria abastecida com rede de energia e vias não pavimentadas. A altura dos cabos para as residências varia em função do relevo ondulado e há moradias junto às torres de transmissão. Importante observar que as torres de transmissão neste trecho provavelmente apresentam, pela idade e estado de conservação, fundações do tipo grelha metálica, algumas alocadas em encostas.



Figura 8-1 – Bairro Santo Aleixo e linhas de transmissão (fonte: Google Earth, 2020)



Figura 8-2 – Bairro Santo Aleixo - Vista de ponto mais alto e detalhe de residência junto à torre de transmissão

Região do Curado, no limite entre os municípios de Jaboatão dos Guararapes e Recife

Nas proximidades da SE Joairam, foi identificado um trecho com cerca de 2,5 km das faixas de servidão das LTs Recife II – Joairam, Joairam – Bongi e Recife II – Goianinha com grande densidade de ocupação. A faixa possui maior grau de consolidação urbana em relação ao Bairro Santo Aleixo, visto que se verificam vias pavimentadas, edificações de padrão construtivo de alvenaria abastecidas com rede de energia e atividade comercial.

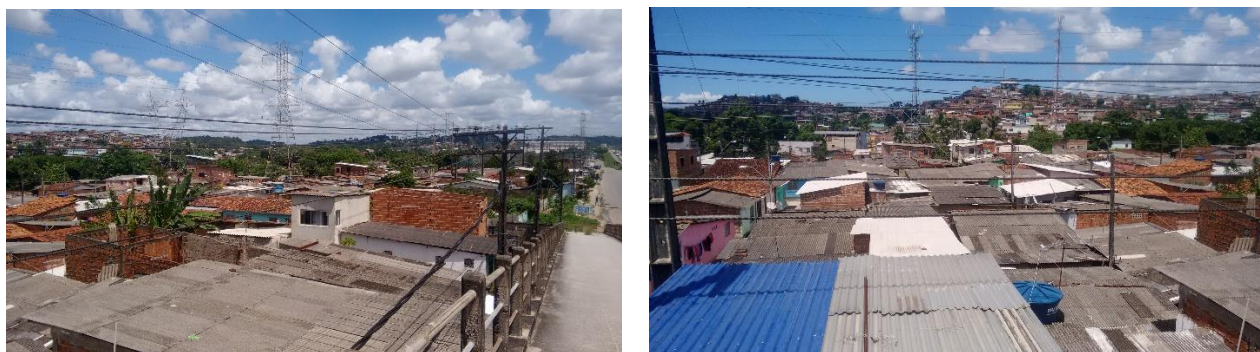


Figura 8-3 – Bairro Currado - Vista de viaduto ao longo da BR-232

A Figura 8-4 apresenta a imagem de satélite do local, com a SE Joairam ao centro da imagem e o traçado das referidas LTs em operação na região.



Figura 8-4 – Bairro Currado e linhas de transmissão (fonte: Google Earth, 2020)

Comunidade do Vietnã – San Martin, no município de Recife

A Figura 8-5 apresenta o traçado das LT 230 kV Joairam – Bongi em passagem pela comunidade do Vietnã, no município de Recife, nas proximidades da SE Bongi. Um trecho de aproximadamente 0,7 km das faixas de servidão encontra-se densamente ocupado. A faixa apresenta edificações destinada ao uso residencial e atividade comercial associada, principalmente a oficinas para veículos

automotivos. Importante ressaltar a baixa altura entre os cabos das torres e as edificações, sobretudo no caso galpões das oficinas, bem como os resíduos de material combustível de fontes diversas ao longo das vias e calçadas.



Figura 8-5 – Comunidade Vietnã-San Martim e linhas de transmissão (fonte: Google Earth, 2020)



Figura 8-6 – Comunidade Vietnã-San Martin - Atividade comercial e moradias

8.2 Nova LT 230 kV Recife II – Bongis ao longo da BR-232

Em 15 de abril de 2019, foi realizada visita de campo, a fim de verificar a possibilidade ou os condicionantes para implantação da nova LT 230 kV Recife II – Bongi ao longo da BR-232. Foi realizado percurso de ida e volta na BR-232 entre as subestações Recife II e Bongi, com foco nos pontos notáveis, como áreas de estrangulamento na rodovia por assentamentos urbanos, atividade

comercial ou industrial; concentração de infraestruturas subterrâneas e superficiais (adutoras, rede de gás, metrô de superfície); e áreas de transição de linhas subterrâneas e aéreas.

Foi verificada a possibilidade de implantação de uma linha de transmissão ao longo da rodovia, embora acompanhada de complexidade e altos custos. A baixa disponibilidade de espaços no canteiro marginal em função das adutoras, rede de gás, linhas de distribuição e de transmissão juntamente com os pontos de estrangulamento inviabilizam a implantação de linha aérea de modo contínuo. Ao mesmo tempo, induzem a linha de transmissão subterrânea a utilizar as faixas de rolamento da rodovia ou quando possível, realizar o compartilhamento de faixa das linhas existentes com outros agentes operadores.

A partir dos resultados dessa atividade é que foi aventada a possibilidade de realizar o caminhamento da linha de transmissão pelo norte, evitando a BR-232, atravessando as áreas de Manassú, do Instituto Brennand e do Complexo Militar do Curado até chegar à Av. Engº Abdias Carvalho em direção à SE Bongi.

8.3 Conclusões sobre a visita de campo

Além de causar diversos problemas de operação e manutenção do sistema elétrico, a ocupação irregular das faixas de servidão coloca em risco a integridade física dos moradores, que podem estar sujeitos a níveis de campo eletromagnético não tolerados pelas normas nacionais e a acidentes como a queda de torres de transmissão. No caso da obra de recapitação, que envolve a substituição de cabos condutores, cadeias de isoladores e sistema de amortecedores de todo o eixo de 230 kV Recife II – Joairam – Bongi, os riscos de acidente são consideravelmente maiores, devido à necessidade de movimentação vertical de materiais e de utilização de veículos de grande porte. É improvável que a execução desse serviço em cima de centenas de habitações, colocando os moradores em risco, seja realizada nessas condições. Dessa forma, seria necessária a recuperação das faixas servidão, com a desocupação das moradias e demolição das construções irregulares.

Levando em consideração as impressões obtidas na visita de campo e nas reuniões presenciais, ficou evidente a impossibilidade de liberação das faixas de servidão pela CHESF (transmissora proprietária das linhas de transmissão). Tratam-se de áreas extensas de ocupação em avançado grau de consolidação, compreendendo uso residencial e atividade comercial. As ações para fins de recuperação da faixa acarretariam relevante impacto social na região, sendo necessário o desenvolvimento de planos de reassentamento para os moradores afetados, envolvendo recursos

para produção habitacional, aquisição assistida ou indenizações de benfeitorias. Não é incomum processos de desocupação virem acompanhados de longas disputas judiciais, repercussão negativa para o projeto e para os agentes envolvidos, desgaste político, conflitos envolvendo força policial para remoção das famílias em ações de reintegração de posse, dentre outros.

Olhando pelo lado do planejamento elétrico, esta Seção apresenta as seguintes conclusões:

- A Alternativa 3 deve ser descartada devido à incerteza em torno da viabilidade de liberação das faixas de servidão das LTs 230 kV Recife II – Joairam e Joairam – Bongí para execução das obras de recapacitação, o que poderia colocar em risco o suprimento das cargas do município de Recife a partir da SE Bongí;
- Devem ser adotados novas configurações do sistema de transmissão para análise elétrica das alternativas, levando em consideração a desativação futura das LTs 230 kV Joairam – Bongí, conforme apresentado na Seção 4.8.

9 ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL

A análise socioambiental das obras recomendadas nesse estudo está presente na Nota Técnica EPE/DEA/SMA 008/2020, anexa a este relatório no item 12.4.

10 REFERÊNCIAS

- [1] EPE-DEE-RE-055/2019 - Estudo de Expansão da Subestação Bongi, EPE, agosto de 2019.
- [2] Critérios e Procedimentos para o Planejamento da Expansão de Sistemas de Transmissão, CCPE/CTET, janeiro de 2001.
- [3] EPE-DEE-DEA-RE-062/2016 - Diretrizes para Elaboração dos Relatórios Técnicos Referentes às Novas Instalações da Rede Básica, EPE, julho de 2016.
- [4] Base de Referência de Preços, ANEEL, junho de 2017.
- [5] BGI-ESTD-03-MD-R0 - Estudo de Viabilidade para Expansão da Subestação do Bongi 230/69 kV, Chesf, fevereiro de 2019.
- [6] Normal Climatológico do Brasil 1981-2010: Temperatura Máxima, INMET, <http://www.inmet.gov.br/portal/>
- [7] EPE-DEE-IT-054/2019 – Banco de Preços de Referência da ANEEL: Atualização dos Valores para a Data-Base Maio de 2019, EPE, 2019.
- [8] Procedimentos de Rede – Submódulo 2.4 – Requisitos Mínimos Para Linhas de Transmissão, ONS, 2016.
- [9] ABNT NBR IEC 62271-102 – Equipamentos de alta-tensão Parte 102: Seccionadores e chaves de aterramento, 2006.
- [10] Diretrizes para a Elaboração de Projetos Básicos para Empreendimentos de Transmissão: Estudos Elétricos, Especificação das Instalações, de Equipamentos e de Linhas de Transmissão, ONS, 2013.
- [11] BDMEP – Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa, INMET, <http://www.inmet.gov.br/portal/>
- [12] Procedimentos de Rede – Submódulo 23.3 – Diretrizes e critérios para estudos elétricos, ONS, 2018.
- [13] IEC 60287-1-1 – Electric Cables – Calculation of the current rating – Part 1-1: Current rating equations (100 % load factor) and calculation of losses – General, 2014.

11 EQUIPE TÉCNICA

- Bruno Scarpa Alves da Silveira
- Fabiano Schmidt
- Gustavo Valeriano Neves Luizon
- Igor Chaves
- Luís Felipe Froede Lorentz
- Marcelo Willian Henriques Szrajbman
- Marcos Vinícius G. da Silva Farinha
- Maria de Fátima de Carvalho Gama
- Sergio Felipe Falcão Lima
- Vinícius Ferreira Martins
- Leonardo de Sousa Lopes
- Kátia Gisele Matosinho
- Thiago Galvão

12 ANEXOS

12.1 Parâmetros de Linhas de Transmissão

Tabela 12-1 – Parâmetros Elétricos das Linhas de Transmissão Recomendadas

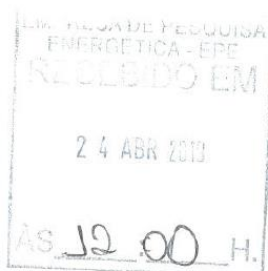
Linha de Transmissão	R1	X1	C1	R0	X0	C0	R1	X1	B1	R0	X0	B0	Cn	Ce (96h)	Ce (4h)
	Ω/km	Ω/km	$\mu\text{S}/\text{km}$	Ω/km	Ω/km	$\mu\text{S}/\text{km}$	%	%	Mvar	%	%	Mvar	MVA	MVA	MVA
Recife II - Bongi 230 kV CD – 18,9 km							0,1221	1,1610	30,0399	1,0240	3,4547	28,5985			
Convencional 2x CAA 795 MCM – 13,2 km	0,0415	0,3547	4,6701	0,3716	1,3494	2,6059	0,1036	0,8851	3,2610	0,9272	3,3671	1,8196	621	856	
Subterrânea Al 2000 mm ² – 5,7 km	0,0172	0,2561	88,81	0,0898	0,0813	88,81	0,0185	0,2759	26,7789	0,0968	0,0876	26,7789	355	540	675

12.2 Consultas de Viabilidade de Expansão

SE Recife II



CE-Chesf- SET-019/2019



Empresa de Pesquisa Energética – EPE
48002.001141/2019-74

Recife, 15 de abril de 2019.

À
Empresa de Pesquisa Energética – EPE
At. Sra. Maria de Fátima de Carvalho Gama
Superintendente de Engenharia e Construção

**Assunto: Consulta sobre a viabilidade
de expansão da subestação Recife II.**

**Ref.: Ofício 0136/2019/DEE/EPE de
26/03/19**

Senhora Superintendente,

Conforme solicitado no Ofício em referência, estamos encaminhando, em anexo, os formulários de Consulta sobre a viabilidade de expansão, o Diagrama Unifilar e a Planta de Situação da subestação Recife II. Onde informamos que na SE Recife II existe espaço disponível para expansão.

Julgamos importante tecer as seguintes considerações em relação aos dados fornecidos:

1. Os dados fornecidos têm como data base a data de emissão desta correspondência. Como é de vosso conhecimento o processo é dinâmico e sujeito a constantes mudanças.
2. Os vãos comprometidos, nas nossas informações, são os vãos para os quais efetivamente existem contratos de conexão. Não indicamos como comprometidos àqueles que estão em negociação. Ao longo dos anos ficou evidente que muitas dessas negociações não são concretizadas e uma reserva de vão poderia inibir interessados.



3. Os vãos disponíveis são aqueles que fisicamente podem ser utilizados por novos acessantes, cabendo ressaltar que não foram observados os mesmos avaliados os aspectos técnicos associados à conexão. É sempre bom lembrar que a conexão de um novo acessante pode implicar em superação de equipamentos elétricos e componentes como barramento, malha de terra ou até mesmo na impossibilidade física de usar o vão disponível.

Diante dos fatos expostos, ficamos à disposição desta EPE para novas interações, mantendo a política setorial do livre acesso às instalações de transmissão do SIN.

Aproveitamos a oportunidade para renovar os nossos protestos de consideração e respeito.


Fábio Nepomuceno Fraga.
Assessor da Superintendência de Engenharia de Transmissão.

C.C.SEP, DETS e Adj. DE Ricardo Melo. (s. anexos)



Formulário de Consulta sobre a Viabilidade de Expansão de Subestações

Data: 26/03/2019

Revisão:

Página: 1 - 4

INFORMAÇÕES SOLICITADAS (PREENCHIDAS PELA EPE)

ESTUDO: Estudo de Atendimento à Região Metropolitana de Recife

ALTERNATIVA DE PLANEJAMENTO

Subestação: SE Recife II 500/230 kV **Proprietária:** CHESF

1. Módulos de Manobra

- ☒ EL Quantidade: 2 Tensão (kV): 230 Arranjo: BD4
- ☐ EL Quantidade: Tensão (kV): Arranjo:
- ☐ CT Quantidade: Tensão Prim./Sec./Ter (kV) Arranjo Prim.: Sec.: Ter:
- ☐ IB Quantidade: Tensão (kV): Arranjo:
- ☐ IB Quantidade: Tensão (kV): Arranjo:
- ☐ IB Quantidade: Tensão (kV): Arranjo:
- ☐ CRL Quantidade: Tensão (kV): Arranjo:
- ☐ CCP Quantidade: Tensão (kV): Arranjo:
- ☐ CCS Quantidade: Tensão (kV): Arranjo:
- ☐ CC Quantidade: Tensão (kV): Arranjo:

2. Módulos de Equipamentos

- ☐ Transformadores Quantidade: Potência (MVA): Tensão Prim./Sec. (kV) Fase:
- ☐ Autotransformadores Quantidade: Potência (MVA): Tensão Prim./Sec. (kV) Fase:
- ☐ Autotransformadores Quantidade: Potência (MVA): Tensão Prim./Sec. (kV) Fase:
- ☐ Reator Quantidade: Potência (Mvar): Tensão (kV): Fase:

3. Diagrama Unifilar

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

4. Observações:

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



Formulário de Consulta sobre a Viabilidade de Expansão de Subestações

Data: 26/03/2019

Revisão:

Página: 2 - 4

RESPOSTA ÀS INFORMAÇÕES SOLICITADAS (PREENCHIDA PELA PROPRIETÁRIA DA INSTALAÇÃO)

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

1. Módulos de Manobra

- ☒ EL Quantidade: 2 Tensão (kV): 230 Arranjo: BD5 Ver Observações
- ☐ EL Quantidade: ____ Tensão (kV): ____ Arranjo: ____
- ☐ CT Quantidade: ____ Tensão Prim./Sec./Ter (kV) ____ Arranjo Prim.: ____ Sec.: ____ Ter: ____
- ☐ IB Quantidade: ____ Tensão (kV): ____ Arranjo: ____
- ☐ IB Quantidade: ____ Tensão (kV): ____ Arranjo: ____
- ☐ IB Quantidade: ____ Tensão (kV): ____ Arranjo: ____
- ☐ CRL Quantidade: ____ Tensão (kV): ____ Arranjo: ____
- ☐ CCP Quantidade: ____ Tensão (kV): ____ Arranjo: ____
- ☐ CCS Quantidade: ____ Tensão (kV): ____ Arranjo: ____
- ☐ CC Quantidade: ____ Tensão (kV): ____ Arranjo: ____

2. Módulos de Equipamentos

- ☐ Transformadores Quantidade: ____ Potência (MVA): ____ Tensão Prim./Sec. (kV) ____ Fase: ____
- ☐ Autotransformadores Quantidade: ____ Potência (MVA): ____ Tensão Prim./Sec. (kV) ____ Fase: ____
- ☐ Autotransformadores Quantidade: ____ Potência (MVA): ____ Tensão Prim./Sec. (kV) ____ Fase: ____
- ☐ Reator Quantidade: ____ Potência (Mvar): ____ Tensão (kV): ____ Fase: ____

3. Módulo de Infraestrutura Geral

- Há necessidade de aquisição de terreno? ☒ Sim Área Prevista: 10.000 m²
- ☐ Não

4. Outros

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



Formulário de Consulta sobre a Viabilidade de Expansão de Subestações

Data: 26/03/2019

Revisão:

Página: 3-4

INFORMAÇÕES ADICIONAIS

5. Observações

Consulta-se a possibilidade de expansão da SE Recife II através das seguintes obras:

- Implantação de 2 entradas de linha de 230 kV;

Solicitamos avaliar a possibilidade de saída de linhas da subestação Recife II em circuito aéreo até a rodovia federal BR-232.

Resposta: O barramento de 230 kV na subestação de Recife II possui atualmente apenas um bay disponível, voltado para o lado oposto das ELs atuais e com obstrução para uma nova EL devido a edificações do compensador síncrono existente na subestação.

Para a implantação de 2 entradas de linha de 230 kV será preciso ampliar do barramento de 230 kV, fazendo-se necessária terraplenagem de grande vulto assim como aquisição de terreno adjacente para comportar a expansão de 2 bays no barramento.

26/03/2019

Data da Solicitação

[Assinatura]

Maria de Fátima de Carvalho Gama

Superintendente Adjunta de Transmissão de Energia

STE/DEE/EPE

Recife, 12/04/2019

Data da Entrega do Formulário

Luciano Ribeiro

Luciano Ribeiro

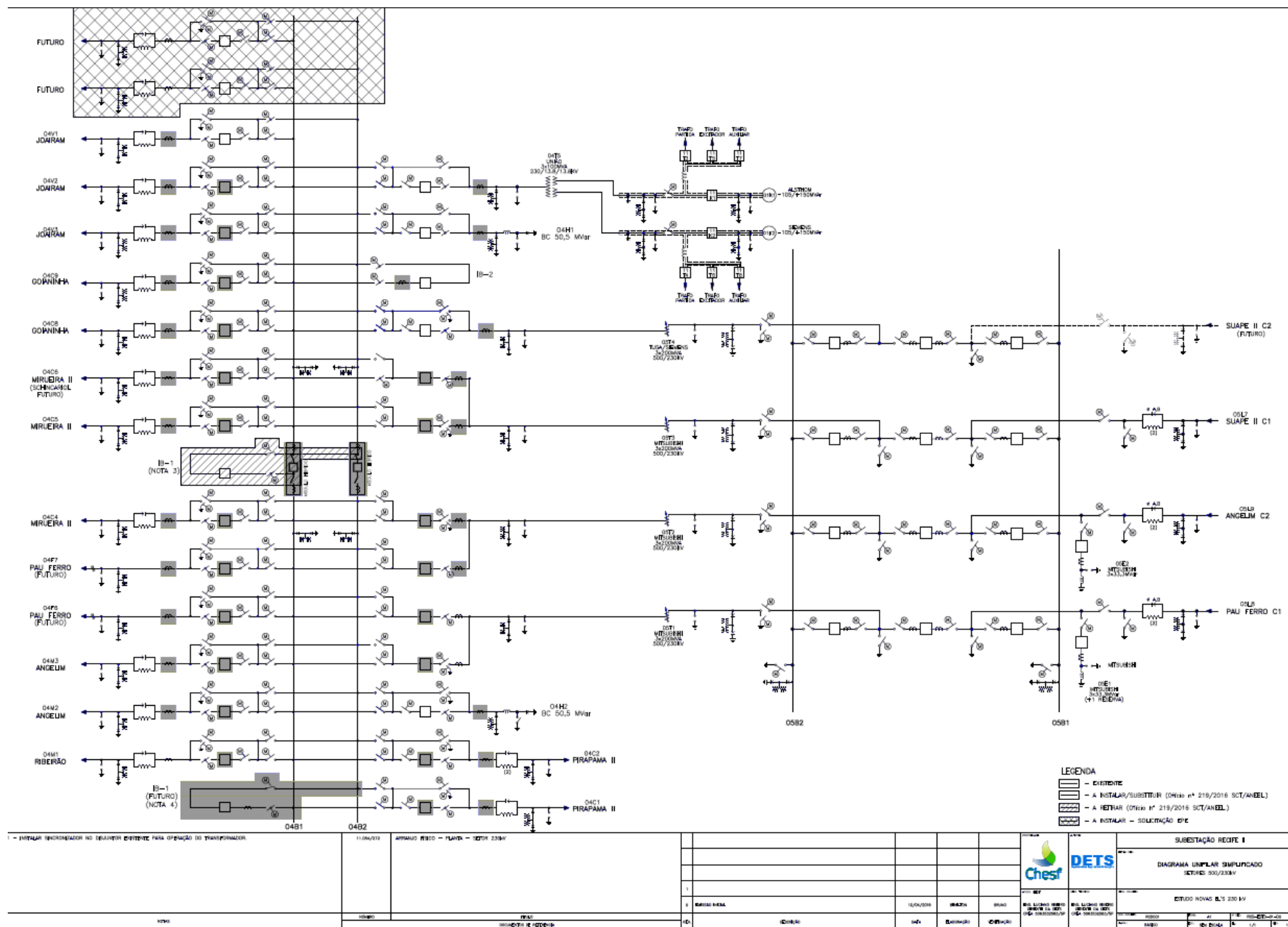
Gerente DETS

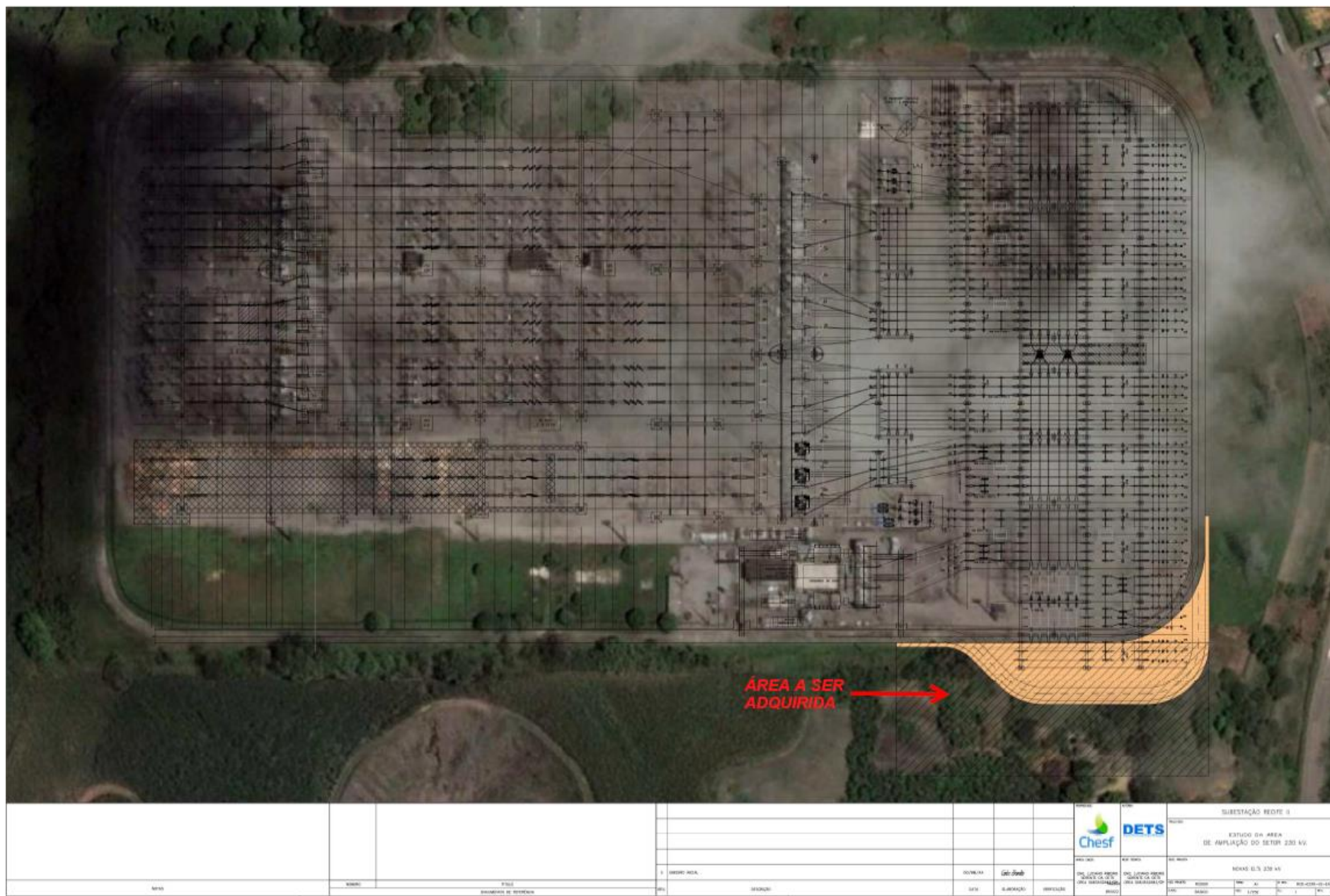
Mat. 249.211

Assinatura do Responsável pelas Informações Solicitadas

Nome:

Cargo:





SE Bongí

	Formulário de Consulta sobre a Viabilidade de Expansão de Subestações

Data: 20/09/2019

Revisão:

Página: 1 - 4

INFORMAÇÕES SOLICITADAS (PREENCHIDAS PELA EPE)

ESTUDO: Estudo de Atendimento à Região Metropolitana de Recife

ALTERNATIVA DE PLANEJAMENTO

Subestação: Bongí 230/69 kV

Concessionária Proprietária: CHESF

1. Módulos de Manobra

☐	CT	Quantidade:	Tensão Prim/Sec (kV):	Arranjo Prim.: Sec.: BPT Ter:
☒	EL	Quantidade ⁽¹⁾ : 2	Tensão (kV): 230	Arranjo: BPT
☐	IB	Quantidade:	Tensão (kV):	Arranjo:
☐	CCS	Quantidade:	Tensão (kV):	Arranjo:
☐	CRL	Quantidade:	Tensão (kV):	Arranjo:
☐	CRB	Quantidade:	Tensão (kV):	Arranjo:
☐	CTA	Quantidade:	Tensão (kV):	Arranjo:
☐	CC	Quantidade:	Tensão (kV):	Arranjo:

2. Módulos de Equipamentos

☐	Transformadores	Quantidade:	Potência (MVA):	Tensão Prim./Sec. (kV):	Fase:
☐	Reator	Quantidade:	Potência (Mvar):	Tensão (kV):	Fase:
☐	Capacitor Shunt	Quantidade:	Potência (Mvar):	Tensão (kV):	Fase:
☐	Capacitor Série	Quantidade:	Potência (Mvar):	Tensão (kV):	Fase:

3. Diagrama Unifilar

4. Observações:

(1) Referentes a nova LT subterrânea em 230 kV de circuito duplo Recife II/Bongí C1 e C2.

(2) Anexar o diagrama unifilar e a planta da subestação, discriminando o vão de acesso ao barramento para cada linha de transmissão, transformador, e indicando os espaços físicos a serem ocupados pelas novas instalações e do terreno que já integra a subestação.

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



Formulário de Consulta sobre a Viabilidade de Expansão de Subestações

Data: 20/09/2019

Revisão:

Página: 2 - 4

RESPOSTA ÀS INFORMAÇÕES SOLICITADAS (PREENCHIDA PELA PROPRIETÁRIA DA INSTALAÇÃO)

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

1. Módulos de Manobra

☐	CT	Quantidade:	Tensão Prim./Sec./Ter (kV)	Arranjo Prim.:	Sec.:	Ter:
☒	EL	Quantidade: 2	Tensão (kV): 230	Arranjo: BPT		
☐	EL	Quantidade:	Tensão (kV):	Arranjo:		
☐	IB	Quantidade:	Tensão (kV):	Arranjo:		
☐	CCS	Quantidade:	Tensão (kV):	Arranjo:		
☐	CRL	Quantidade:	Tensão (kV):	Arranjo:		
☐	CRB	Quantidade:	Tensão (kV):	Arranjo:		
☐	CTA	Quantidade:	Tensão (kV):	Arranjo:		
☐	CC	Quantidade:	Tensão (kV):	Arranjo:		

2. Módulos de Equipamentos

☐	Transformadores	Quantidade:	Potência (MVA):	Tensão Prim./Sec. (kV):	Fase:
☐	Reator	Quantidade:	Potência (Mvar):	Tensão (kV):	Fase:
☐	Reator	Quantidade:	Potência (Mvar):	Tensão (kV):	Fase:
☐	Capacitor Shunt	Quantidade:	Potência (Mvar):	Tensão (kV):	Fase:
☐	Capacitor Série	Quantidade:	Potência (Mvar):	Tensão (kV):	Fase:

3. Módulo de Infraestrutura Geral

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

4. Outros

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

	Formulário de Consulta sobre a Viabilidade de Expansão de Subestações	Data: 20/09/2019
		Revisão:
		Página: 3 - 4

INFORMAÇÕES ADICIONAIS

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

☐ Não

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

A solução proposta pela EPE consiste na implantação de dois novos circuitos de linha de transmissão subterrânea em 230 kV. Entendemos que, para esse tipo de solução, o questionamento quanto aos cruzamentos não é aplicável.

Entretanto, afirmamos que, dependendo do traçado dos cabos subterrâneos no terreno da subestação, estes terão que cruzar linhas de transmissão aéreas existentes.

5. Observações.

Atentamos que o parecer da Chesf indica apenas viabilidade física de expansão da subestação em dois módulos de entrada de linha 230 kV BPT conforme documentação anexa. Não foram avaliados aspectos de superação dos equipamentos e barramentos em decorrência da entrada em operação do empreendimento. Também não foi avaliada a viabilidade de traçados das linhas de transmissão em questão.

Rio de Janeiro, 20 de setembro de 2019

Data da Solicitação



José Marcos Bressane

Superintendente

STE/DEE/EPE

Recife, 17 de outubro de 2019

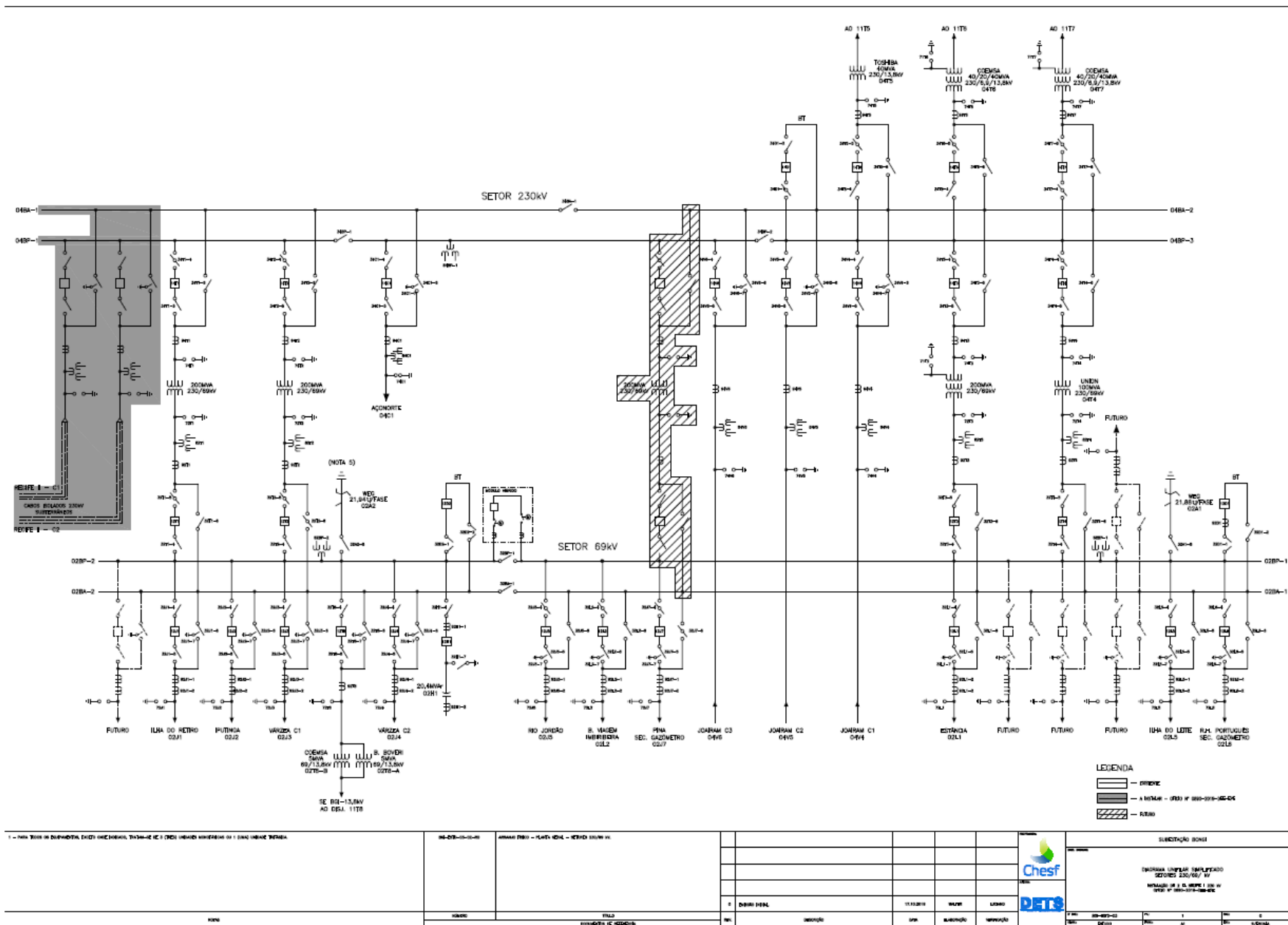
Data da Entrega do Formulário

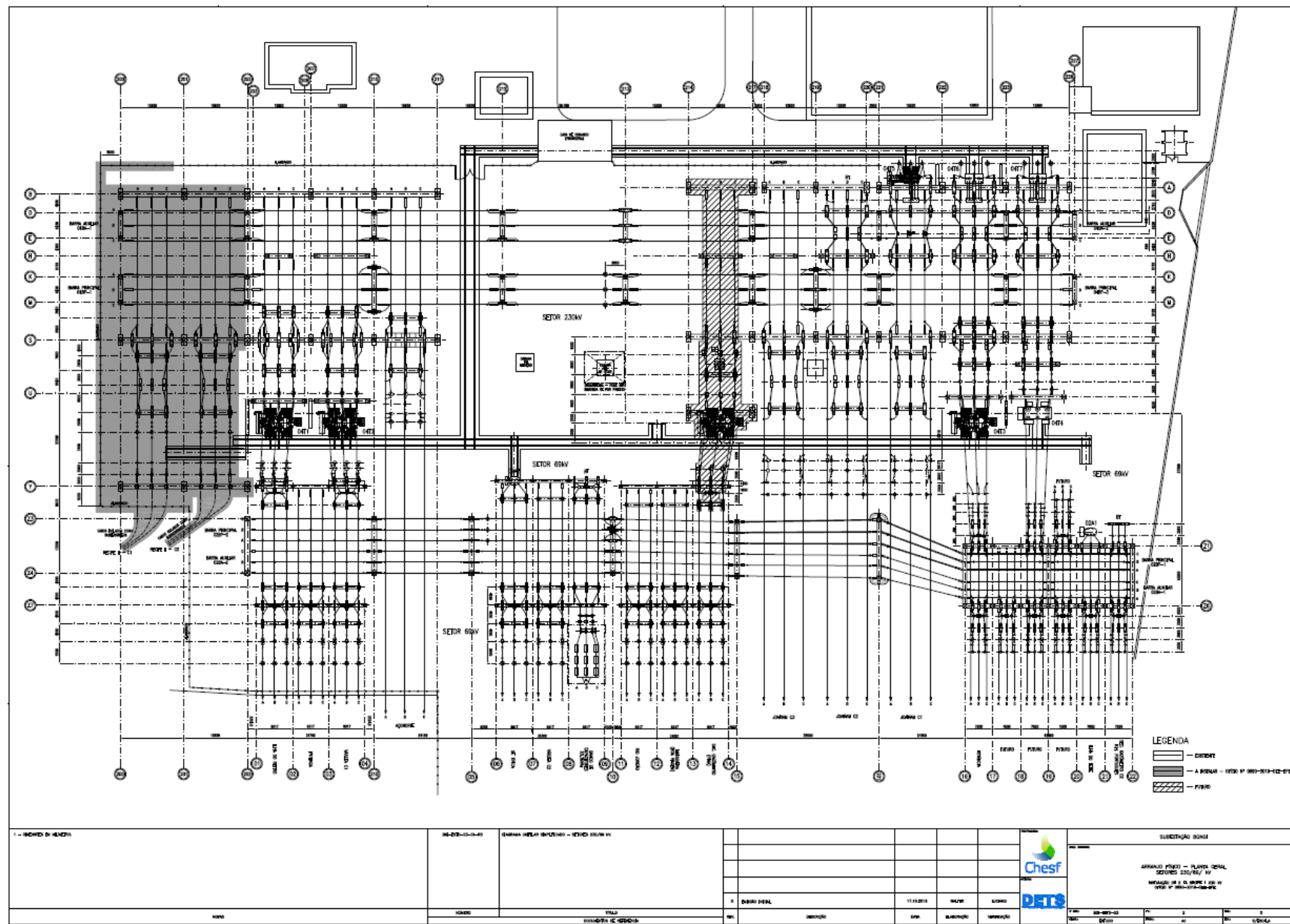


Assinatura do Responsável pelas Informações Solicitadas

Nome: Luciano Ribeiro do Vale Jardelino da Costa

Cargo: Gerente de Departamento
DE/SET/DETS





0	18/02/19	Resposta ao ofício 0030/2019/DEE/EPE	Bruno/ Priscylla	Luciano
Rev.	Data	Descrição	Elab.	Verif.
		SE BONGI 230/69/13,8 kV		
		Título: MEMORIAL DESCRITIVO Setores 230, 69 kV		
		Desc. Proj.: Estudo de Viabilidade para Expansão da Subestação do Bongi 230/69 kV		
		Cod. Proj.	BG-ESTD-02	Nº: BG-ESTD-03-MD
		Form.: A4	Class.: Básico	Rev.: 0
		FL.: 1/11		

SUMÁRIO

1. OBJETIVO	3
2. DESCRIÇÃO GERAL	3
3. CARACTERÍSTICAS DA SUBESTAÇÃO EXISTENTE	3
4. ESCOPO DO EMPREENDIMENTO	4
4.1. Setor 230kV	4
4.2. Setor 69 kV.....	4
4.3. Estudo de Viabilidade do terreno da UTE Bongi.....	5
4.4. Recapitação das LT's 230 kV que interligam a SE Bongi.....	10
5. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	11

1. OBJETIVO

Em resposta ao ofício 0030/2019/DEE/EPE, de 18/01/2019, este documento tem por objetivo promover a descrição das principais características da SE BONGI 230/69/13,8 kV, visando consolidar as informações necessárias à instalação do 5º e 6º transformadores 230/69 kV 200 MVA e conexões associadas (horizonte 2025), bem como prever a instalação do 7º transformador 230/69 kV 200 MVA e conexões associadas (horizonte 2030). Em sequência, justificamos a viabilidade de implantar o empreendimento dentro da subestação existente.

2. DESCRIÇÃO GERAL

A subestação BONGI está localizada na Av. General San Martin, 1450, bairro Bongi, município de Recife – PE, CEP 50.761-901, definida pelas coordenadas georreferenciadas:

Latitude	08° 03' 47" S
Longitude	34° 55' 36" O

A subestação é do tipo convencional não abrigada e construída conforme as normas ABNT. Atualmente opera nos níveis de tensão de 230, 69 e 13,8 kV.

Atualmente a subestação possui uma capacidade instalada de 520 MVA, através de quatro transformadores de 100 MVA e três transformadores de 40 MVA instalados.

3. CARACTERÍSTICAS DA SUBESTAÇÃO EXISTENTE

SETOR 230 kV	
Configuração	Barra principal e transferência
Tensão nominal entre fases	230 kV
Tensão máxima de operação entre fases	242 kV
Tensão suportável de impulso atmosférico, a seco	950 kV
Nível de curto-circuito	40 kA
SETOR 69 kV	
Configuração	Barra principal e transferência
Tensão nominal entre fases	69 kV
Tensão máxima de operação entre fases	72,5 kV
Tensão suportável de impulso atmosférico, a seco	350 kV
Nível de curto-circuito	31,5 kA

SERVIÇOS AUXILIARES	
Serviços Auxiliares CA	220/127 Vca
Serviços Auxiliares CC	250 Vcc

4. ESCOPO DO EMPREENDIMENTO

O empreendimento consiste na instalação do 5º e 6º transformadores 230-69 kV, 200 MVA (horizonte 2025), 7º transformador (horizonte 2030) e conexões associadas, em espaço já disponível no interior da subestação operante (SE BONGI). O empreendimento consiste também na recapacitação das linhas de transmissão de 230 kV que alimentam a SE Bongi, que passarão a ter uma ampacidade de 1600 A.

4.1. Setor 230 kV

Para o setor 230 kV serão necessárias as seguintes alterações para implantação do 5º e 6º transformadores 230/69kV, adequação dos equipamentos das entradas de linha de 230 kV e atendimento aos Procedimentos de Rede ONS vigente.

- Quinto transformador 230/69 – 200MVA (5º. TR 230/69 kV);
- Sexto transformador 230/69 – 200MVA (6º. TR 230/69 kV);
- Novos equipamentos e estruturas para as duas conexões 230 kV dos novos transformadores;
- Substituição dos seccionadores e TCs das 03 entradas de linhas 230 kV devido a recapacitação das LTs para 1600 A;
- Substituição dos cabos e equipamentos do bay de transferência para suportar os 1600 A no caso da necessidade de transferência de uma das linhas recapacitadas, e para que o disjuntor possa manobrar transformador e LT, em atendimento aos Procedimentos de Rede ONS vigente.
- Recapacitação do barramento principal e trecho do barramento de transferência devido aos novos eventos.
- Substituição dos seccionadores do barramento principal de 1200 A devido ao aumento da corrente no barramento.

No pátio existente da subestação ainda existe espaço disponível para a instalação do 7º transformador 230/69 kV 200 MVA no horizonte de 2030.

4.2. Setor 69 kV

Para o setor 69 kV serão necessárias as seguintes alterações para implantação do 5º e 6º transformadores 230/69 kV:

- Novos equipamentos e estruturas para conexão 69 kV dos novos transformadores;
- Recapacitação de trecho do barramento principal com 1 cabo 1192,5 MCM com uma capacidade de 1.140 A e de todo o barramento auxiliar para que os mesmos suportem a inclusão dos novos transformadores e consequente elevação da corrente;

- Substituição da seccionadora do barramento principal e da seccionadora do barramento de transferência de 1200A devido ao aumento da corrente no barramento com a inclusão dos novos transformadores.
- Para transferência do transformador 04T5 e 04T6 na situação de sobrecarga de 40% acima da nominal (corrente de sobrecarga 2.343 A) serão necessárias as substituições dos cabos e equipamentos dos dois bays de transferência 69 kV para atendimento do item 8.1.4.5.(b) do submódulo 2.3 do Procedimento de Rede ONS.
- Devido a inclusão dos novos transformadores se faz necessária a substituição dos reatores de aterramento 02A1 e 02A2, que hoje possuem 21,88 Ω cada, por reatores de 10 Ω .

No pátio existente da subestação ainda existe espaço disponível para a instalação de mais 5 entradas de linhas de 69 kV.

4.3. Estudo de Viabilidade do terreno da UTE Bongí

A área sugerida inicialmente no Ofício EPE 30/2019, para implantação de novos pátios 230/69 kV, é o terreno onde funcionava a antiga UTE BONGI (Usina Termo Elétrica do Bongí), hoje desativada. A análise de viabilidade técnica eletromecânica e civil visa demonstrar que o empreendimento será mais eficiente e econômico se for executado no pátio da subestação existente, e não no terreno da antiga UTE.

A UTE BONGI foi construída em terreno pertencente à CHESF e localizado em um dos principais corredores rodoviários da Cidade do Recife, a Av. Eng. Abdias de Carvalho, cuja classificação funcional é “arterial principal” e tem por função atender ao tráfego de âmbito regional e metropolitano. O entorno do terreno é densamente povoado (Figura 1).



Figura 1 – Localização da antiga UTE BONGI e onde hoje opera a SE Bongí (imagem do Google capturada em 14/02/2019).

Atualmente o terreno é utilizado como depósito de equipamentos em final de vida útil. Após a desativação da usina houve a desmontagem da superestrutura, mas não a demolição de suas fundações – incluindo os grandes blocos em concreto das estacas metálicas que suportavam a carga das unidades geradoras (Figura 2).

As estacas metálicas têm comprimento estimado em mais de 40 m, considerando as sondagens documentadas e que mostram um terreno com baixíssima capacidade de carga, devido à grande profundidade de argila orgânica. O solo resistente começa a aparecer em torno de 44 m de profundidade (Figura 3). Estimamos um volume de concreto armado em torno de 8.000 m³ (referentes a blocos de estacas, fundações diretas, bacias de contenção de óleo, canaletas de drenagem, etc).

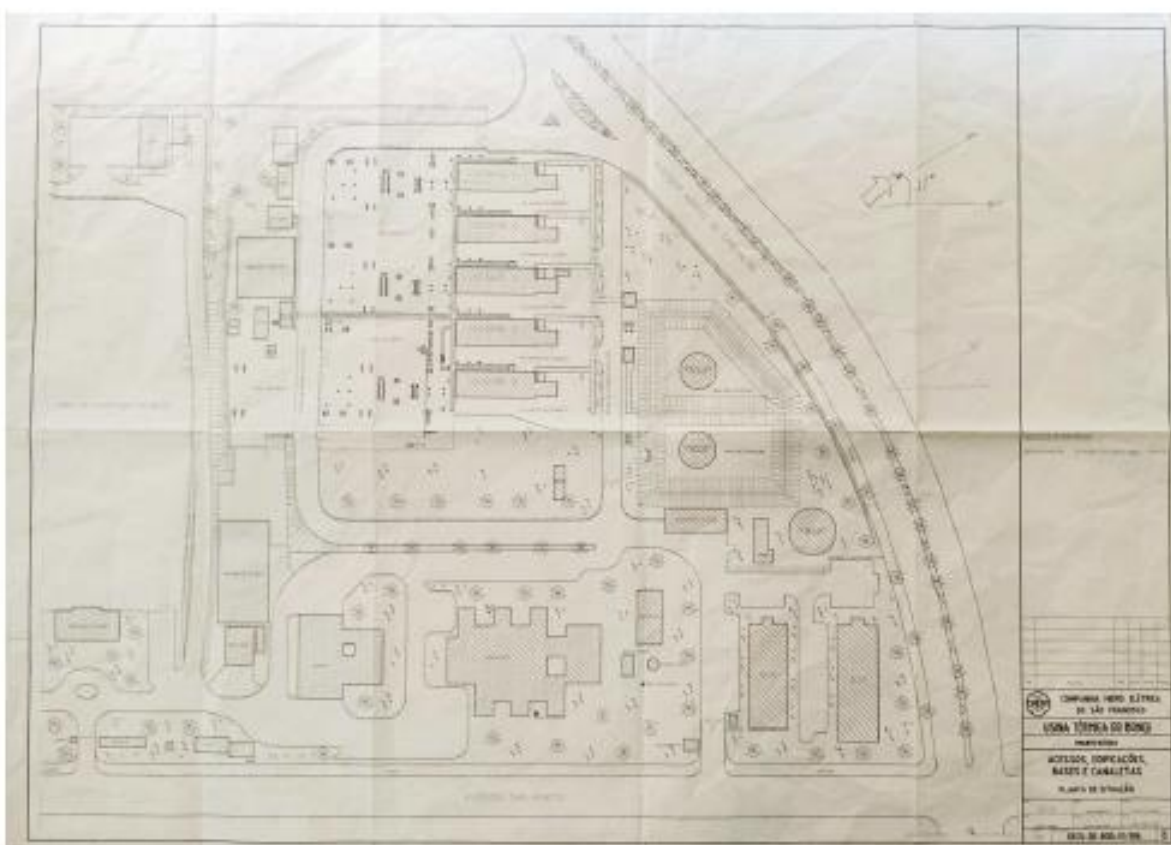


Figura 2 – Planta de situação da UTE Bongi, evidenciando as bases das unidades geradoras e dos equipamentos (Fonte: CDOC/Chesf)

MECSONDA

BOLETIM DE SONDAGEM À PERCUSSÃO

Local: *CHESF* Data: *18-10-03* Hora: *10:00*

Projeto: *CHESF* Furo: *101* Profundidade: *44m*

Operador: *Jon Vitor*

Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Tipo de Rocha	Observações	Classificação do Material
01	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
02	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
03	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
04	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
05	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
06	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
07	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
08	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
09	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
10	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
11	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
12	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
13	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
14	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
15	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
16	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
17	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
18	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
19	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
20	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
21	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
22	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
23	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
24	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
25	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
26	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
27	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
28	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
29	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
30	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
31	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
32	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
33	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
34	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
35	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
36	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
37	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
38	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
39	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
40	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
41	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
42	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
43	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
44	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
45	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
46	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
47	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
48	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
49	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
50	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
51	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
52	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
53	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
54	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
55	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
56	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
57	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
58	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
59	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
60	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
61	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
62	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
63	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
64	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
65	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
66	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
67	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
68	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
69	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
70	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
71	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
72	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
73	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
74	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
75	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
76	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
77	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
78	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
79	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
80	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
81	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
82	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
83	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
84	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
85	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
86	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
87	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
88	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
89	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
90	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
91	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
92	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
93	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
94	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
95	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
96	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
97	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
98	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
99	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica
100	200	Argila	Orgânica	Argila Orgânica

Figura 3 – Furo de sondagem localizado no terreno da UTE, mostrando grande faixa de argila orgânica e solo resistente a aproximadamente 44 m de profundidade (Fonte: DEG/Chesf).

A opção de implantar o empreendimento na UTE precisaria, então, considerar as seguintes implicações:

1. Visualizamos a chegada das linhas através do canteiro central da Av. Eng. Abdias de Carvalho, via cabo isolado subterrâneo. Por cabos aéreos teríamos uma faixa de servidão passando dentro da cidade, deixando o empreendimento com os custos – financeiro e social – extremamente altos, dadas as desapropriações em terrenos de elevado valor comercial. E mesmo em cabo isolado, a metodologia de implantação seria muito difícil pela importância da avenida na malha rodoviária da cidade, conforme descrito anteriormente;
2. É conhecido que um dos motivos que levaram à desativação da UTE foi o recalque que o terreno vinha sofrendo, resultado da baixíssima capacidade de carga caracterizada pela grande faixa de argila orgânica. O recalque provocou movimentações nas estacas metálicas, transmitidas às unidades geradoras, que começaram a apresentar problemas de funcionamento.

3. O terreno da UTE contém todas as fundações, tanques, canaletas e reservatórios da antiga usina desativada (Figuras 4 e 5). Não conhecemos a integridade estrutural das fundações, resistência do concreto ou das estacas metálicas. Também não conhecemos a atual situação dos tanques de óleo, se estão vazios, com óleo armazenado ou vapores inflamáveis. É necessária uma perícia detalhada para documentar e mapear os possíveis riscos. Ainda em relação às fundações, ressalte-se que:

- Demolir o volume de concreto armado talvez seja financeiramente inviável (estima-se um valor de R\$ 3.000.000,00), atentando ao fato de que é necessário avaliar também o destino final do material demolido;
- Construir com as bases existentes implica modificar o nível do pátio, ensaios para avaliar a condição estrutural dos blocos e estacas, compatibilização com o arranjo escolhido e solução para instalação da malha de terra, etc.



Figura 4 – Terreno da UTE Bongi, em fotografia de 07/02/2019 (Foto: DETS/CHESF)



Figura 5 – Terreno da UTE Bongi, em fotografia de 07/02/2019 (Foto: DETS/CHESF)

Foram feitas simulações de implantação de um pátio convencional, com equipamentos isolados a ar, no terreno da UTE Bongi (Figura 6). A forma do terreno é um dificultador, mas não é impeditiva. Existe a alternativa de utilizar módulos híbridos para reduzir o espaço, mas o custo seria mais elevado do que a solução convencional. Esse foi mais um fator que, aliado aos demais, culminou na decisão de ampliar a subestação no pátio existente.



Figura 6 – Simulação de pátio convencional no terreno da UTE BONGI

Diante destas informações, e após análise prévia dos requisitos da subestação em funcionamento, decidiu-se fazer o estudo da ampliação dentro do pátio existente.

4.4. Recapacitação das LT's 230 kV que interligam a SE Bongi

A subestação Bongi é interligada ao sistema elétrico por meio de 3 linhas de transmissão em 230 kV oriundas da SE Recife II, e seccionadas na SE Joairam:

- LT 230 kV Recife II – Joairam 04V1 7,4 km (circuito simples) e 04V2 e 04V3 7,4km (circuito duplo);
- LT 230 kV Joairam – Bongi 04V4 6,3km (circuito simples) e 04V5 e 04V6 6,4km (circuito duplo).

Estas LT's são caracterizadas por condutores grosbeak, cabos singelos, com capacidades de 300 MVA no trecho entre a SE Recife II e a SE Joairam, e de 250 MVA entre a SE Joairam e a SE Bongi.

Para a expansão da capacidade da SE Bongi, com a instalação de 2 transformadores, a alternativa com menor impacto socioambiental e menores custos de implantação é a recapacitação das 3 linhas de 230 kV, elevando suas potências nominais para 636 MVA, individualmente.

Dentre as opções de recapacitação, propõe-se o recondutoramento das linhas supracitadas, substituindo-se os condutores grosbeak para, por exemplo, o cabo ACCC Stockholm 3L, cujas características eletromecânicas são suficientes para a potência requerida e sua corrente associada.

E ainda, com o recondutoramento para o cabo sugerido, mantêm-se as condições de carregamento mecânico das estruturas existentes, devido à pequena variação do peso específico e do diâmetro dos cabos (da ordem de 5%), conforme quadro comparativo abaixo.

Comparativo Técnico			
Condutor	Unidade	ACSR Grosbeak	ACCC®Stockholm
Seção de Alumínio	mm ²	322.3	453.7
Diâmetro do Condutor	mm	25,146	26,391
Valor RMC	kN	112,1	155,7
Massa do Condutor por 1000 m	kg	1300,7	1367,8
Resistência Máxima CC (@ 20°C)	ohm/km	0,0877	0,0666
Corrente Máxima de Trabalho à 75°C	A	708	853
Corrente Máxima de Trabalho à 90°C	A	838	1.011
Corrente Máxima de Trabalho à 180°C	A	---	1.591
Corrente Máxima de Trabalho à 200°C	A	---	1.596
Condutores por Circuito		1	1
Número de Circuitos		1	1
Análise das Flechas - Vão de 500 m			
RTS na temperatura de estiramento (25°C)	%	20.0	15.0
Esforço inicial na estrutura temperatura de tensionamento	kN	22.4	23.4
Esforço na estrutura @ 20°C, Vel. Vento 120 km/hr, Pressão 680.6 Pa	kN	35.1	34.9
Flecha atual Grosbeak 300 MVA - 753 A	m	20.3	---
Flecha para a corrente de operação 1.591 A	m	---	20.8
Flecha para a corrente de emergência 200 °C	m	---	20.8

Para o recondutoramento, considerando a especificidade do novo condutor, é necessária a troca das cadeias de isoladores e do sistema de amortecimento dos condutores.

De acordo com os estudos sistêmicos realizados pela CHESF, não há necessidade de reforço nos para-raios das linhas envolvidas, uma vez que o nível de curto-circuito na barra da SE Bongi será mantido conforme condição atual, em 40 kA.

Para garantir a recapacitação e segurança da operação das linhas nas novas condições operativas, a faixa de servidão das LT's deverá ser recomposta na área de adensamento urbano, evitando-se interferências, limitações operativas devido à variações nas distâncias de segurança cabo-solo e cabo-obstáculos.

Obs.: A cotação do Conductor IMALUM HE ACCC STOCKHOLM 3L 453,70/8,76 mm² foi fornecida pela empresa I.M.S.A. em 14/02/2019, com a cotação do dólar a R\$ 3,74.

5. Análise preliminar dos custos

Considerando o banco de preços da ANEEL foram levantados os custos para instalação de dois transformadores, duas conexões 230 kV, duas conexões 69 kV e recondutoramento das linhas consideradas. O valor total do empreendimento descrito, com data base de 14/02/2019, é de:

- Subestação ~ R\$ 40.000.000,00 (quarenta milhões de reais)
- Linhas de Transmissão ~ R\$ 16.000.000,00 (dezesesseis milhões de reais)

Obs.: Na composição de preços, não foram consideradas desapropriações na faixa de servidão das linhas de transmissão.

6. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- | | |
|--|-------------------|
| - Diagrama Unifilar Simplificado 230-69 kV | BGI-ESTD-01-02-R0 |
| - Arranjo Físico – Planta Geral | BGI-ESTD-02-02-R0 |

12.3 Ficha PET

EMPREENDIMENTO:	UF: PE
LT 230 kV RECIFE II - BONGI, C1 e C2 (CD)	DATA DE NECESSIDADE: JAN/2028
Aérea/Subterrânea	PRAZO DE EXECUÇÃO: 60 MESES

JUSTIFICATIVA:

ATENDIMENTO À REGIÃO METROPOLITANA DE RECIFE

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

Circuito Duplo 230 kV, 2 x 795 MCM (TERN), 13,2	17.720,46
Circuito Duplo 230 kV, AL 2000 MM ² , 5,7 km	68.040,90
2 EL (Entrada de Linha) 230 kV, Arranjo BD4 // Recife II	11.699,26
MIM - 230 kV // Recife II	1.475,20
MIG-A // Recife II	1.893,29
2 EL (Entrada de Linha) 230 kV, Arranjo BD4 // Bongi	11.699,26
MIM - 230 kV // Bongi	1.475,20
MIG-A // Bongi	1.893,29

TOTAL DE INVESTIMENTOS PREVISTOS: 115.896,86

SITUAÇÃO ATUAL:

OBSERVAÇÕES:

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA:

- [1] CUSTOS MODULARES DA ANEEL – JUNHO DE 2017. ATUALIZADO PARA DATA BASE DE MAIO DE 2019
- [2] EPE-DEE-RE-023/2020 ESTUDO DE ATENDIMENTO À REGIÃO METROPOLITANA DE RECIFE

12.4 Nota Técnica EPE/DEA/SMA 008/2020

Série
MEIO AMBIENTE: TRANSMISSÃO

NOTA TÉCNICA EPE/DEA/SMA 008/2020

Análise socioambiental do Estudo de atendimento à Região Metropolitana de Recife

(Relatório R1)

**Rio de Janeiro
Setembro de 2020**



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 - “double sided”)



GOVERNO FEDERAL
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
MME/SPE

Ministério de Minas e Energia

Ministro

Bento Costa Lima Leite de Albuquerque Júnior

Secretário Executivo

Marisete Fátima Dadald Pereira

**Secretário de Planejamento e Desenvolvimento
Energético**

Reive Barros dos Santos

NOTA TÉCNICA EPE/DEA/SMA 008/2020

Análise socioambiental do Estudo de atendimento à Região Metropolitana de Recife (Relatório R1)



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

Presidente

Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

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

Giovani Vitória Machado

Diretor de Estudos de Energia Elétrica

Erik Rego

Diretor de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustível

Heloisa Borges Bastos Esteves

Diretor de Gestão Corporativa

Angela Regina Livino de Carvalho

Coordenação Geral

Giovani Vitória Machado

Coordenação Executiva

Elisângela Medeiros de Almeida

Equipe Técnica

Leonardo de Sousa Lopes

Kátia Gisele Matosinho

Thiago Galvão

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

Sede

Esplanada dos Ministérios Bloco "U" Sala 744

70.065-900 - Brasília – DF

Escritório Central

Av. Rio Branco, nº 01 – 11º Andar

20090-003 - Rio de Janeiro – RJ

NT EPE/DEA/SMA 008/2020

Data: 21 de setembro de 2020

SUMÁRIO

SIGLÁRIO	2
1 INTRODUÇÃO	4
2. PROCEDIMENTOS ADOTADOS	10
2.1. PROCEDIMENTOS PARA LOCALIZAÇÃO DA SUBESTAÇÃO E DEFINIÇÃO DO CORREDOR E ROTA PREFERENCIAL DA LINHA DE TRANSMISSÃO	10
2.2. BASE DE DADOS UTILIZADA	11
3. CARACTERIZAÇÃO SOCIOAMBIENTAL DAS ÁREAS DAS SUBESTAÇÕES E LINHAS DE TRANSMISSÃO	13
3.1. SUBESTAÇÕES RECIFE II E BONGI	13
3.1.1. Recomendações para o Relatório R3	15
3.2 CORREDOR DA LT 230 kV RECIFE II - BONGI	16
3.2.1 Alternativas de corredores	16
3.2.2 Detalhamento do Corredor 2 e da respectiva rota preliminar	21
4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
APÊNDICE A - TABELA DE COMPARAÇÃO DA LT 230 KV RECIFE II - BONGI - RELATÓRIO R1 / RELATÓRIO R3	39

SIGLÁRIO

Anac	Agência Nacional de Aviação Civil
Aneel	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANM	Agência Nacional de Mineração
APA	Área de Proteção Ambiental
BRT	Bus Rapid Transit
C1	Primeiro Circuito
C2	Segundo circuito
CD	Circuito Duplo
Celpe	Companhia Energética de Pernambuco
Chesf	Companhia Hidro Elétrica do São Francisco
Copergás	Companhia Pernambucana de Gás
Compesa	Companhia Pernambucana de Saneamento
CPRH	Agência Estadual de Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
Decea	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes
Eletrobras	Centrais Elétricas Brasileiras SA
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ESRI	Environmental Systems Research Institute
ICMBIO	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Iphan	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
LT	Linha de Transmissão
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério de Minas e Energia
NT	Nota Técnica
ONS	Operador Nacional do Sistema
PBZPA	Plano Básico da Zona de Proteção do Aeródromo
PMJG	Prefeitura Municipal de Jaboatão dos Guararapes
PMR	Prefeitura Municipal do Recife
SE	Subestação
Sedes	Secretaria Municipal de desenvolvimento Econômico e Sustentabilidade
SDEC	Secretaria de Desenvolvimento Econômico de Pernambuco
SMAS	Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade
SIG	Sistema de Informação Geográfica

Sigel	Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico
SMA	Superintendência de Meio Ambiente da EPE
STE	Superintendência de Transmissão de Energia da EPE
VLT	Veículo Leve sobre Trilhos
UC	Unidade de Conservação
UCN	Unidade de Conservação Natural
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UPA	Unidade de Pronto Atendimento
USGS	United States Geological Survey

1 INTRODUÇÃO

As instalações estudadas no âmbito do Estudo de Atendimento à Região Metropolitana de Recife, do qual esta Nota Técnica (NT) faz parte, localizam-se nos municípios de Jaboatão dos Guararapes e Recife, no estado de Pernambuco. O diagnóstico elétrico da região identificou sobrecarga nas Linhas de Transmissão (LTs) 230 kV Recife II – Joairam e Joairam – Bongi, a partir do ano de 2028. Para corrigir esse problema, o estudo aponta a necessidade de ampliação da capacidade de transmissão entre as subestações Recife II e Bongi. Devido à urgência na definição da solução para a sobrecarga na transformação da SE Bongi, o estudo foi dividido em duas partes.

A primeira parte do estudo, relatório EPE-DEE-RE-055-2019, comparou a alternativa de ampliação da transformação 230/69 kV da Subestação (SE) Bongi (Alternativas A1 e A2) com alternativas de implantação de novas subestações 230/69 kV Joana Bezerra (Alternativa B) e Rio Jordão II (Alternativa C). O relatório apontou a necessidade de implantação de novas linhas de transmissão para atender as alternativas A1, B e C, e um conjunto de serviços e obras envolvendo a recapacitação de LTs existentes para a alternativa A2, conforme aponta a Figura 1. A segunda parte do estudo, relatório EPE-DEE-RE-023-2020, tem o objetivo de detalhar a linha de transmissão entre as subestações Recife II e Bongi, selecionada na primeira parte do estudo, e altera de forma significativa as características da linha de transmissão da alternativa A1, em função das análises realizadas após visita técnica, e que motivaram a utilização de novos cenários de evolução do sistema de transmissão.

Relatam-se a seguir os principais aspectos socioambientais analisados nas quatro alternativas e que, somados aos aspectos técnicos e econômicos, subsidiaram a escolha da melhor alternativa; em seguida passa-se a descrever a alternativa selecionada, objeto principal desta Nota Técnica.

A **alternativa A1** apresenta opções de caminhamento ao longo da BR-232 ou seguindo no sentido norte (Figura 1), com implicações distintas em termos de interferências (unidades de conservação, trânsito, infraestrutura subterrânea), extensão (km) e tecnologia a ser empregada (linhas aéreas e subterrâneas). Essa alternativa não demanda a implantação de nova subestação.

A **alternativa A2** corresponde a uma proposta tecnológica com vistas à recapacitação das LTs (existentes) 230 kV Recife II – Joairam – Bongi C1/C2/C3. A alternativa não demanda a implantação de LTs e de nova subestação de energia, limitando-se à ampliação da SE Bongi e à recapacitação de LTs existentes, acarretando menores custos e complexidade construtivos. Essa proposta, no entanto, possui um fator de complexidade associado à expressiva ocupação das faixas de servidão das LTs existentes objeto da recapacitação. Observam-se imóveis

residenciais com energia elétrica e padrão construtivo predominante de alvenaria, além de edificações associadas a atividades comerciais.

As **alternativas elétricas B e C** adentram mais ao tecido urbano, o que impõe a implantação de LT subterrânea desde a BR-232, partindo da SE Recife II. Para ambos os casos, predominam vias estreitas e maior extensão de LT subterrânea, sugerindo impactos significativos no trânsito e nos custos de implantação. Em acréscimo, as alternativas mencionadas compreendem ainda a implantação de nova subestação do tipo GIS (blindada) em áreas de alta densidade de ocupação urbana.

Todas as alternativas encontram-se em um contexto de expansão urbana, portanto, de forte pressão imobiliária e de presença de ocupações irregulares. Importante destacar que as **alternativas B e C** implicam maior extensão de LT subterrânea e transtornos ao trânsito da região, além de demandar a implantação de nova SE. Já a **alternativa A2** sugere ações judiciais de reintegração de posse com posterior remoção das famílias, serviços de demolição e provável indenização das benfeitorias existentes, limpeza dos terrenos e destinação dos resíduos em bota-foras licenciados, às expensas do agente operador da LT, no caso em tela, da Chesf. Com base em reuniões presenciais realizadas no ano de 2019 com representantes da Chesf, Celpe, ONS e EPE, depreendeu-se de que não há garantias de liberação total da faixa, o que imprime um fator de risco a mais para a realização da obra de recapacitação, bem como do controle de novas reocupações.

Em função dos altos custos e do maior grau de incerteza de viabilidade de implantação das demais alternativas, a Alternativa A1 apresentou-se como a mais promissora. Nesse sentido, apenas as alternativas de caminhamento da LT entre Recife II e Bongi serão apresentadas e comparadas no presente estudo.

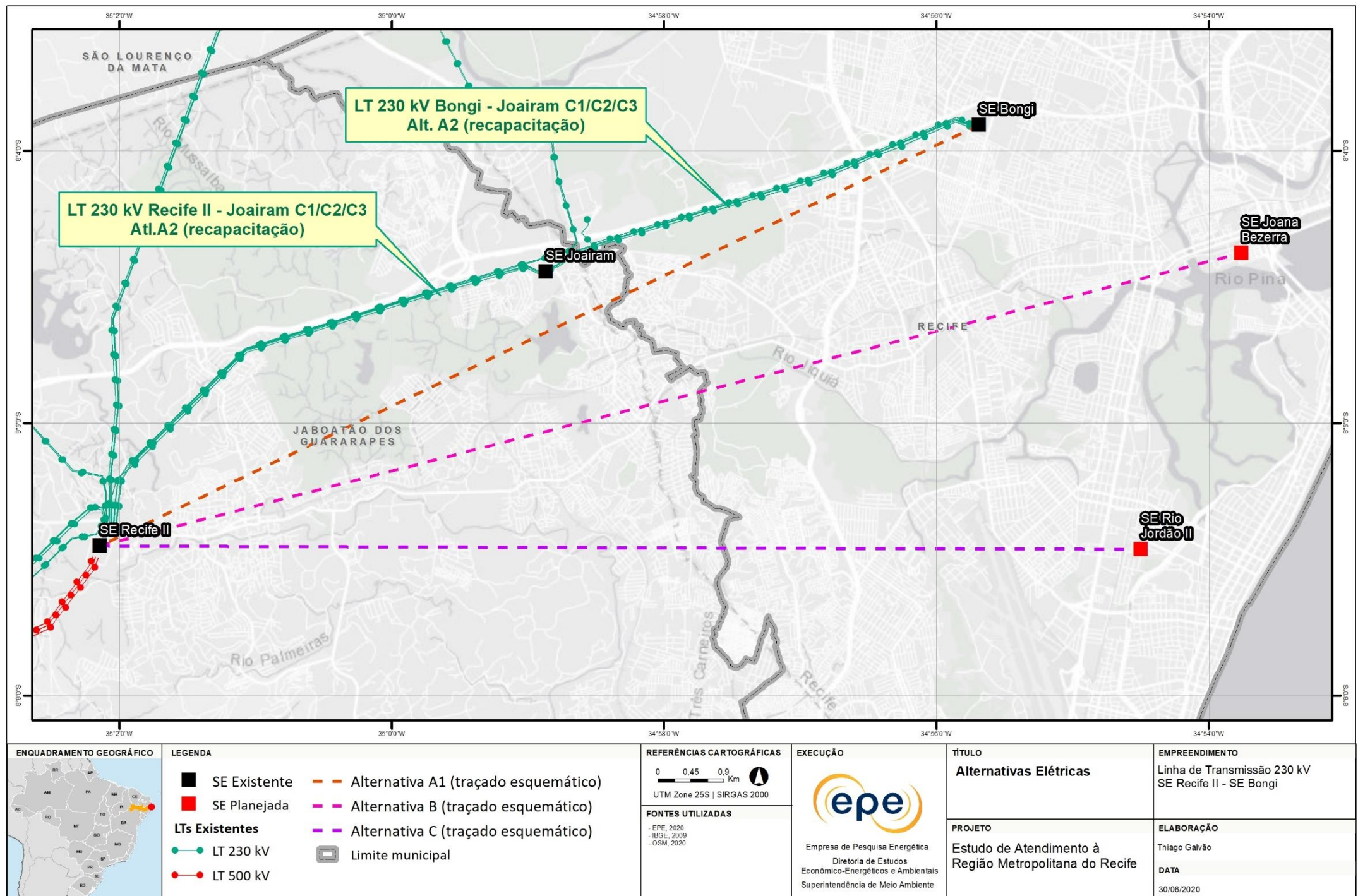


Figura 1 – Localização das Alternativas Elétricas (traçados esquemáticos)

A Tabela 1 apresenta o empreendimento planejado para este estudo.

Tabela 1 – Linha de Transmissão planejada no estudo

LT planejada	Tensão (kV)	Nº de circuitos	Extensão de referência no Relatório R1 (km)
Recife II – Bongi	230	2 (CD)	18,9

A estrutura deste relatório contempla: procedimentos utilizados na análise socioambiental (item 2); análise socioambiental da região selecionada para ampliação da SE Bongi e da linha de transmissão planejadas (item 3), com as respectivas recomendações para o Relatório R3; referências bibliográficas (item 4); e, ao final, nos apêndices, fichas de verificação a serem apresentadas nos relatórios R3, relativas às recomendações ora apresentadas (item 5).

2. PROCEDIMENTOS ADOTADOS

2.1. Procedimentos para localização da subestação e definição do corredor e rota preferencial da linha de transmissão

Para a elaboração das rotas preliminares e de corredores (alternativas) foram utilizadas imagens de satélite disponíveis no Google Earth Pro e bases de dados geoespaciais consideradas relevantes e disponíveis para o desenvolvimento do estudo. Essas informações foram tratadas em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), utilizando-se o software ArcGIS 10.4. O presente estudo compreendeu ainda reuniões técnicas presenciais e por videoconferências, além de visitas de campo, a fim de avaliar a viabilidade das referidas rotas, considerando a implantação de trechos subterrâneos e aéreos, bem como aspectos construtivos, econômicos e socioambientais.

Tendo em vista que a linha de transmissão será implantada em áreas urbanas ou de expansão urbana, em que há escassez de espaços para a passagem de LTs, optou-se por desenvolver rotas preferenciais e variantes. A rota preferencial consiste em uma sugestão de caminamento que procura combinar menor extensão e complexidade, em princípio. As variantes correspondem a segmentos independentes entre si, que podem servir como opções de desvio para a rota preferencial diante de potenciais fatores restritivos identificados, e que venham a ser confirmados em estudos posteriores. As rotas e variantes elaboradas no presente estudo serviram de referência para delineamento do corredor da LT (forma e largura) e da extensão de referência das linhas de transmissão aérea e subterrânea.

Deve-se ressaltar que a delimitação das rotas preferenciais e variantes não possui caráter impositivo, já que se trata de resultado de estudos preliminares elaborados com base em dados secundários. Nesse sentido, estudos em fases posteriores detêm a prerrogativa de elaborar novas proposições, desde que justificados tecnicamente.

O desenvolvimento das alternativas de rotas para as interligações SE Recife II – SE Bongí considerou os seguintes elementos:

- Desvio ou minimização de interferências em áreas com restrição legal;
- Desvio de benfeitorias rurais, galpões, edificações urbanas, áreas industriais e comerciais, e áreas com sinais de parcelamento do solo;
- Paralelismos com infraestrutura existente, como LTs e rodovias;
- Caminamento pelo sistema viário ou em paralelo para trechos subterrâneos em áreas de alta densidade urbana;
- Minimização de interferências com infraestrutura subterrânea, como redes de gás e de água (relevantes ou de grande porte);

- Extensão (km);
- Presença de obras lineares existentes, em execução ou planejadas, tais como BRTs e metrô de superfície;
- Menor interferência em faixa de domínio de rodovias;
- Desvio de reservatórios de água.

2.2. Base de Dados utilizada

Para o desenvolvimento do presente estudo, além da elaboração das figuras e tabelas, foram consultadas informações das seguintes bases de dados:

- Base cartográfica integrada do Brasil ao milionésimo digital, incluindo hidrografia, divisão territorial e sistema viário (IBGE, 2009);
- Mapas base de terreno e imagens de satélite (ESRI, 2019);
- Plataforma ArcGis OnLine – mapas e bases de dados (ESRI, 2020);
- Plataforma Google Earth Pro e Google Street View (imagens de satélites e fotos);
- Feições mapeadas e cadastradas do Sítio Wikimapia;
- Massa d'água, sistema viário, ferrovias e cursos d'água do OpenStreetMap;
- Traçado georreferenciado de linhas de transmissão existentes, planejadas e subestações (EPE, 2020);
- Traçado georreferenciado de linhas de distribuição existentes (Celpe, 2019);
- Projetos Elétricos Planejados e Existentes (Aneel, 2019);
- Informações da ferramenta de trânsito do *Google Maps*;
- Informações da ferramenta de trânsito *World Traffic Service* (ArcGis on line);
- Aeródromos privados e públicos (Anac, 2019);
- Mapa da Rede de água (Compesa, 2019);
- Mapa da Rede de gás (Copergás, 2019);
- Plano Diretor Municipal de Recife (PMR, 2018);
- Plano Diretor Municipal de Jaboatão dos Guararapes (PMJG, 2013);
- Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação de Recife (CPRM, 2015);
- Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação de Jaboatão dos Guararapes (CPRM, 2014);

- Mapoteca de unidades de conservação estaduais (Eletrobras, 2011);
- Unidades de Conservação Federais e Estaduais (MMA, 2020);
- Cadastro Ambiental Rural (CAR, 2020);
- Base georreferenciada de gasodutos, oleodutos e polidutos consolidada (EPE, 2018);
- Cadastro nacional de sítios arqueológicos (Iphan, 2019).

3. CARACTERIZAÇÃO SOCIOAMBIENTAL DAS ÁREAS DAS SUBESTAÇÕES E LINHAS DE TRANSMISSÃO

A caracterização socioambiental apresenta os principais serviços e obras esperados nas subestações existentes de Bongi e Recife II, e a caracterização dos principais aspectos do corredor para a LT 230 kV Recife II – Bongi CD.

3.1. Subestações Recife II e Bongi

As informações de localização das subestações envolvidas neste estudo são apresentadas na tabela a seguir.

Tabela 2 – Subestações envolvidas no estudo

Subestação	Situação	Coordenadas		Município
		Latitude	Longitude	
Recife II	Em operação	8°6'54"S	35°2'8"O	Jaboatão dos Guararapes
Bongi	Em operação	8°3'51"S	34°55'40"O	Recife

A SE existente Recife II localiza-se em área rural-urbana de Jaboatão dos Guararapes, no bairro de Bulhões, com aproximadamente 185.000m² de área. A implantação da nova linha deve acarretar a execução de obras civis como serviços de movimentação de terra e terraplanagem, remanejo de acessos, além de interferência em terrenos de particulares, conforme sugeriu a atividade de campo realizada no mês de abril de 2019. Os principais acessos viários correspondem à Av. Barão de Lucena e à BR-232, que dista aproximadamente 2,8 km da subestação. Importante registrar que a subestação se encontra próxima de área urbana (Bairros Vila Rica, Santo Aleixo e Vista Alegre), sujeita à dinâmica de ocupação e pressão imobiliária de empreendimentos, como o Alphaville Pernambuco 2, como pode ser visto na Figura 2.



Figura 2 – SE Recife II e área de entorno (Fonte: Google Earth, 2019).



Figura 3 – Fotos da SE Recife II. Análise sobre o espaço de entrada e saída da nova LT Recife II – Bongi, em que foram levantadas a necessidade de obras civis e interferências fundiárias (Fonte: EPE, 2019)

Já a SE existente Bongi localiza-se em área de alta densidade urbana do município do Recife, no bairro de San Martin, com aproximadamente 52.000m² de área. O terreno dessa subestação está inserido em um grande complexo da Chesf que abarca a sede administrativa, centros e gerências de operação, edifícios, estacionamentos e galpões, laboratórios, e uma usina térmica (desativada). Na visita dos analistas da EPE à SE Bongi, verificou-se em conjunto com profissionais da Chesf que há espaço suficiente para a alocação de novos equipamentos elétricos, dispensando a aquisição ou utilização de terrenos adjacentes. No entanto, é necessário verificar em estudos posteriores a melhor alocação de entrada da LT na referida subestação, a fim de evitar interferências nas edificações e demais infraestruturas presentes já mencionadas da Chesf.



Figura 4 – SE Bongi e área de entorno (Fonte: Google Earth, 2019)



Figura 5 – Fotos da SE Bongi. Análise sobre o espaço de alocação de novos equipamentos elétricos, além das eventuais interferências da nova LT Recife II – Bongi nas infraestruturas existentes da subestação (Fonte: EPE, 2019)

3.1.1 Recomendações para o Relatório R3

- Avaliar os possíveis impactos de entrada e saída da LT na SE Recife II, do ponto de vista construtivo e fundiário.
- Estudar criteriosamente a entrada e saída da LT da SE Bongi, de modo a evitar ou minimizar interferências nas edificações e demais infraestruturas da Chesf, realizando essa atividade em conjunto com o corpo técnico da Chesf que atua na referida Subestação.

- Avaliar a possibilidade de realizar sobrevoo de *drone* nas subestações estudadas, a fim de apoiar a seleção de melhor caminhamento de entrada e saída da LT, bem como para a instalação dos equipamentos elétricos que serão introduzidos.
- Realizar análise comparativa sobre as possibilidades de entrada da LT na SE Bongi, considerando as opções pela Av. Eng. Abdias de Carvalho ou Rua Delmiro Gouveia.

3.2 Corredor da LT 230 kV Recife II – Bongi

A LT Recife II – Bongi terá dois circuitos em 230 kV. A distância em linha reta entre as duas subestações é de cerca de 13 km. Foram elaboradas duas alternativas de corredores, apresentadas a seguir.

3.2.1 Alternativas de corredores

A interligação entre a subestação existente e planejada da alternativa selecionada encontra-se em contexto de gradual aumento da densidade urbana e de concentração populacional, partindo da SE Recife II até a SE Bongi. Em áreas com esse perfil, a dificuldade para instalação de circuitos aéreos é maior, visto que linhas de transmissão aéreas convencionais necessitam de maiores espaços para a composição de faixas de servidão. Diante disso, foram propostas duas alternativas de caminhamento com extensão e características distintas, e ambas apresentam a necessidade de implantação de tecnologia mista (linha aérea e subterrânea). As alternativas propostas, denominadas **Corredor 1** e **Corredor 2**, foram baseadas em rotas preliminares, a partir dos critérios abaixo:

- *Corredor 1* – menor caminho (extensão), menor interferência em áreas protegidas e menor impacto visual;
- *Corredor 2* – menor custo de implantação, menor impacto no trânsito, menor complexidade construtiva, menor interferência com infraestrutura subterrânea.

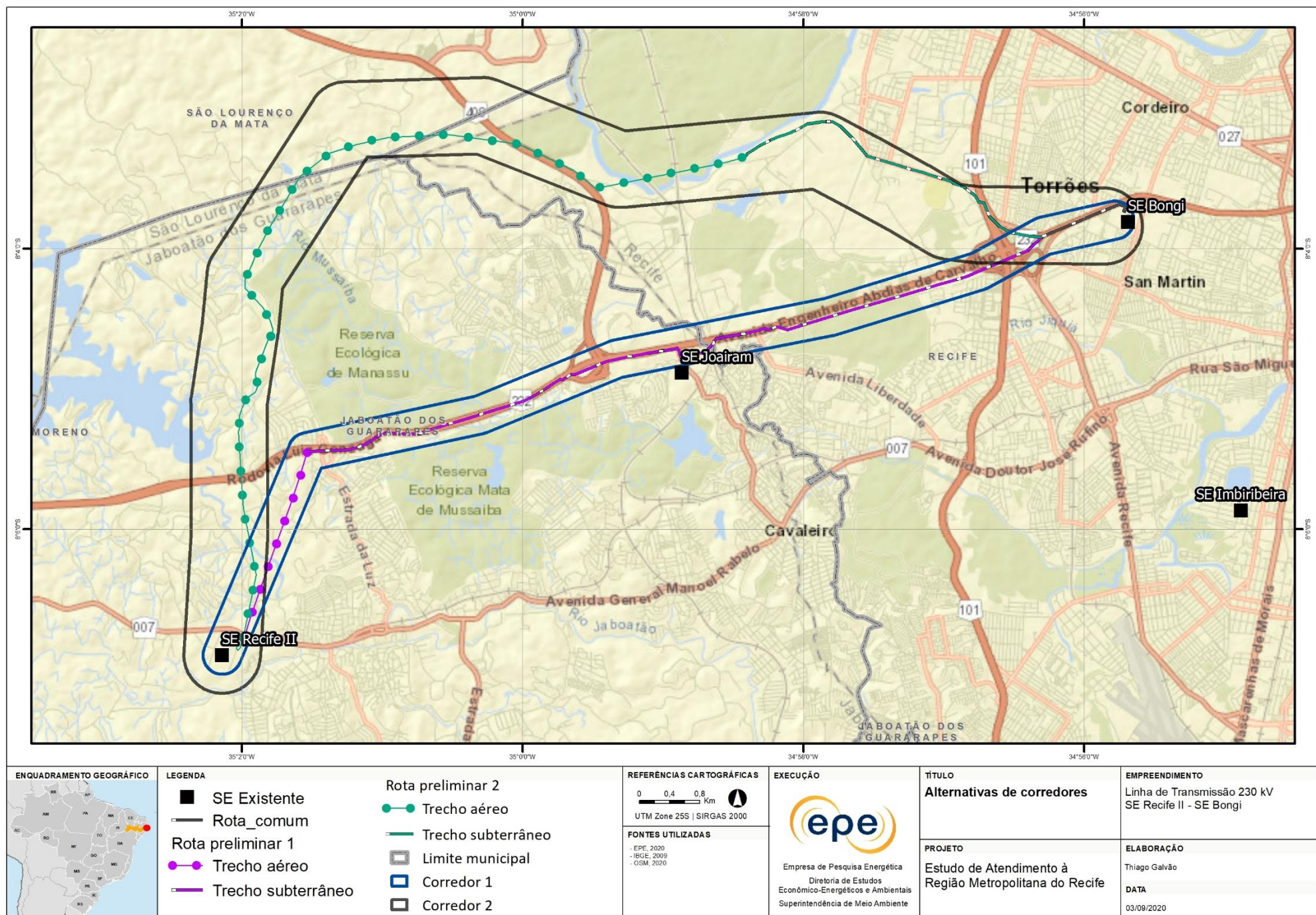


Figura 6 – Rotas preliminares e alternativas de corredores propostos para a LT 230 kV Recife II - Bongi

O **Corredor 1** possui largura de 500 metros e aproximadamente 14,4 km de extensão, de acordo com a rota preliminar elaborada, sendo 11,6 km por LT subterrânea. A partir da SE Recife II, a rota preliminar realiza caminhamento aéreo por área rural-urbana até alcançar a BR-232 para, a partir daí seguir por LT subterrânea até a SE Bongi. Trata-se de um percurso de baixa sinuosidade em uma rodovia que conecta principalmente alguns distritos urbanos de Jaboatão Guararapes com a cidade do Recife.

Os dados de trânsito típico do *Google Maps* (2020) acusam fluxo predominante de moderado a lento, no sentido Jaboatão-Recife a partir do cruzamento da BR-232 com a BR-408; e lento a moderado, no sentido oposto até o cruzamento das referidas rodovias. As interferências (cruzamentos) ou proximidades (paralelismos) com as infraestruturas subterrâneas de água e gás já se iniciam na transição da LT aérea para subterrânea na BR-232 e são bastante expressivas. A rede de água ocorre ao longo de todo o percurso da rota preliminar, enquanto a de gás torna-se mais relevante a partir da divisa entre os municípios de Jaboatão dos Guararapes e Recife.

Destaca-se como fator de complexidade a travessia no cruzamento da BR-232 com a linha do metrô de superfície, onde constam um curso d'água e assentamentos precários, na altura da Subestação 69/13,8 kV Várzea, como se observa na Figura 7.

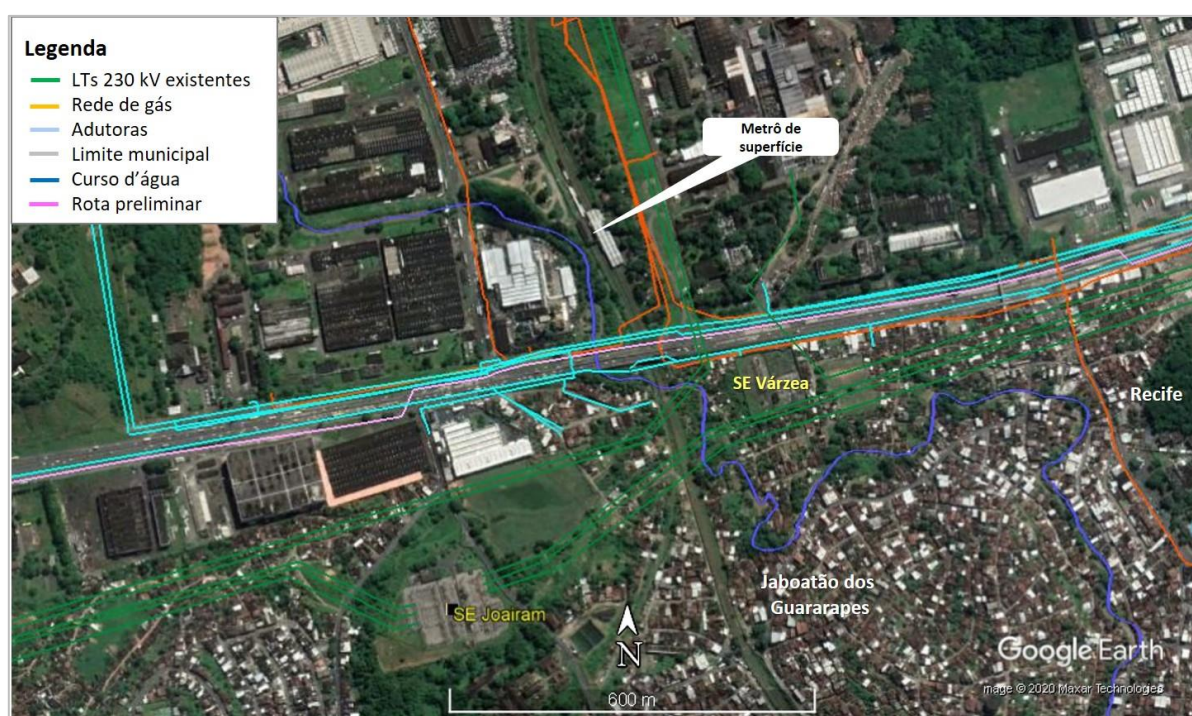


Figura 7 – Ponto notável na Alternativa Corredor 1 – travessia de alta complexidade (Fontes: Google Earth, 2019; Compesa, 2019; Copergás, 2019; OSM, 2020; EPE, 2020)

Observam-se cursos d'água ou canais de largura reduzida, no entanto, é importante frisar que a maior parte implicaria travessias subaquáticas, já que a proposta consiste em LT subterrânea de forma predominante. A partir do bairro do Curado, no município do Recife, em direção à SE Bongi, a LT atravessa terrenos com indícios de presença de água e materiais inconsolidados

de granulometrias diversas, o que sinaliza complexidades e custos construtivos devido às condições geotécnicas dos solos inerentes a essas superfícies.

Já o **Corredor 2** representa uma proposta de caminhamento majoritariamente aéreo estimado em 13 km e com 5,9 km de LT subterrânea, totalizando um percurso em torno de 18,9 km de extensão, de acordo com a rota preliminar elaborada.

A partir da SE Recife II, a rota preliminar desse corredor atravessa os bairros de Bulhões, Vargem Fria e Santo Aleixo até cruzar a BR-232 para, em seguida, adentrar no bairro Manassu, minimizando interferências em edificações e benfeitorias rurais presentes. Essa rota segue para contornar a Reserva de Floresta Urbana Mata de Manassu, passa por áreas residenciais esparsas e atravessa duas unidades de conservação de uso sustentável (as Áreas de Relevante Interesse Ecológico ARIE Mata das Nascentes e ARIE Mata da Várzea), onde há infraestruturas que a futura LT pode acompanhar para minimização de impactos, como LTs e rodovias. Após a passagem nessas unidades de conservação, a rota realiza transição para LT subterrânea e tangencia áreas verdes de propriedades particulares (Brennand e Companhia Industrial de Vidros - CIV) até alcançar a Av. Prof. Luís Freire, onde o corredor sobrepõe parcialmente outra UC, a ARIE Matas do Curado. Daí em diante, a rota preliminar cruza a BR-101 e um sistema de alças e retornos em direção à Av. Eng. Abdias de Carvalho até chegar à SE Bongi.

No trecho aéreo, há diversas interferências e possibilidades de paralelismos com infraestruturas existentes, como linhas de transmissão, metrô de superfície, redes de gás e água. No caso do trecho subterrâneo, essas interferências ou proximidades são análogas às do Corredor 1, já que realizam o mesmo caminhamento na Av. Eng. Abdias de Carvalho.

Na altura do rio Capibaribe, a rota atravessa terrenos com indícios de maior complexidade geotécnica e sobrecustos para a implantação de fundações das torres de transmissão, considerando a presença de água e materiais inconsolidados de granulometrias diversas.

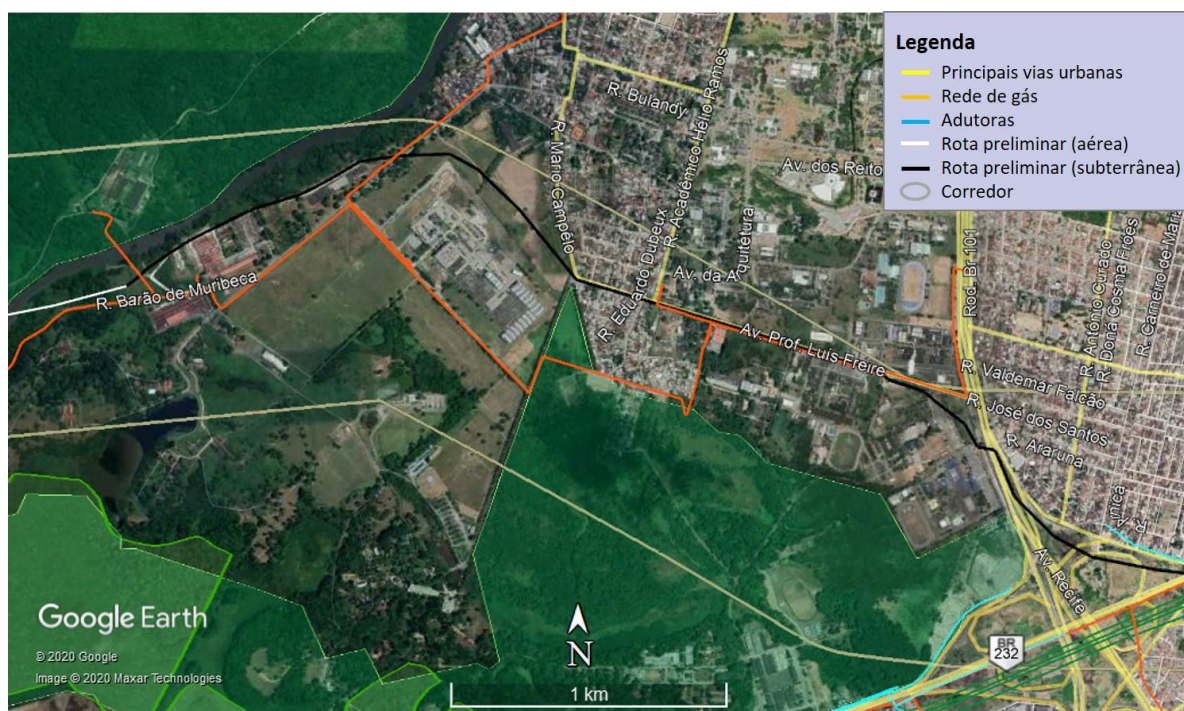


Figura 8 – Ponto notável na Alternativa Corredor 2 – Transição tecnológica entre LTs aérea e subterrânea. Travessia na área do complexo do Instituto Ricardo Brennand (Fontes: Google Earth, 2019; Compesa, 2019; Copergás, 2019; OSM, 2020; EPE, 2020)

Escolha da melhor alternativa de corredor

A seleção da melhor alternativa para a implantação de uma linha subterrânea deve considerar aspectos de maior relevância para esse tipo de tecnologia. A tabela abaixo apresenta um quadro comparativo dos principais aspectos identificados.

Tabela 3 - Análise comparativa entre os corredores 1 e 2

ASPECTOS	CORREDOR 1	CORREDOR 2
LT subterrânea (estimativas)	11,4 km	5,7 km
Complexidade construtiva	Escavação a céu aberto em rodovia federal com pavimento de asfalto ou de concreto e na faixa de domínio do Dnit, em que se encontram LTs e LDs aéreas, adutoras e rede de gás. Travessia de alta complexidade envolvendo metrô de superfície e curso d'água adjacente.	Escavação a céu aberto em trecho da Av. Eng. Abdias de Carvalho estimado em 1,4 km e em área verde (Área militar e Complexo Brennand). Alçamento de torres e supressão pontual de vegetação. Escavação em trecho com lençol freático próximo da superfície.
Licenciamento ambiental	Possível sobreposição com uma unidade de conservação de uso sustentável, a depender da definição do traçado.	Possível sobreposição com quatro unidades de conservação de uso sustentável
Trânsito - interrupção parcial	Entre 6,3 km a 11,4 km	1,4 km

ASPECTOS	CORREDOR 1	CORREDOR 2
Obtenção de autorizações – concessionárias de serviços	Paralelismos com rede de água ou gás em todo o trecho subterrâneo na BR-232. Diversos cruzamentos com adutoras ou rede de gás e com metrô de superfície. Possibilidade de compartilhamento de faixa de linhas da Chesf ou Celpe.	Paralelismos com adutoras e rede de gás em trecho estimado em 1,4 km. Cruzamentos pontuais no trecho aéreo com adutoras, rede de gás, gasodutos, rodovias, metrô de superfície e LTs. Paralelismo com LTs estimado em 2,5 km.

Considerando a menor complexidade frente à aprovação de projetos junto a concessionárias de serviços públicos, menor complexidade construtiva, menor impacto no trânsito e menor custo de implantação, **a alternativa mais promissora** de conexão entre as subestações Recife II e Bongi corresponde ao **Corredor 2**. Cumpre reiterar que a rota preliminar elaborada e suas variantes possuem apenas caráter referencial, passíveis de alteração parcial ou total de sua geometria, a partir do refinamento e complementação das informações a serem realizados em levantamentos e estudos posteriores.

3.2.2 Detalhamento do Corredor 2 e da respectiva rota preliminar

O corredor selecionado SE Recife II – SE Bongi foi elaborado com 1 km de largura e rota preliminar estimada em 18,9 km, envolvendo trechos aéreos e subterrâneos. A largura do corredor foi baseada na disposição espacial das rotas preferenciais e variantes elaboradas.

3.2.2.1 Infraestrutura e localização

O corredor abrange parte dos municípios de Jaboatão dos Guararapes, São Lourenço da Mata e Recife, em contexto metropolitano que atravessa áreas verdes e áreas de alta densidade urbana. As coordenadas das subestações no corredor são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 4 – Municípios atravessados pelo corredor SE Recife II – SE Bongi

UF	Mesorregião	Microrregião	Município
PE	Metropolitana de Recife	Recife	Jaboatão dos Guararapes
			Recife
			São Lourenço da Mata

Tabela 5 - Coordenadas das subestações em estudo

Subestação	Status	Coordenadas		Município	Estado
		Latitude	Longitude		
Recife II	Existente	8°6'54"S	35°2'8"O	Recife	PE
Bongi	Existente	8°3'48"S	34°55'41"O		

As linhas de transmissão existentes cruzam o corredor em suas extremidades em três circuitos que seguem no sentido norte-sul (LT 230 kV Recife II - Mirueira C1, C2, C3), a partir da SE Recife

II. Na saída dessa subestação, a LT provavelmente deve exigir cruzamentos com outras LTs existentes (LT 230 kV Recife II - Joairam C1, C2, C3 e LT 230 kV Recife II - Goianinha C1, C2), além da LT 230 kV Recife II - Mirueira C1, C2, C3, em que se vislumbra a possibilidade de paralelismo parcial da LT, na região de Manassu no município de Jaboatão dos Guararapes. Novo cruzamento deve ser realizado com dois circuitos da LT 230 kV Recife II – Goianinha na porção central do corredor. Considerando o único *bay* disponível para a LT, há ainda a necessidade de alocar torres de transmissão na saída da SE Recife II em terreno particular adjacente e demandar alguns serviços de engenharia, como mobilização de infraestruturas de cabos óticos, sistemas de drenagem superficial e implantação de aterro. Essa questão pode ser minimizada a partir da utilização de cabos subterrâneos ou de torres compactas (monotubulares).

No tocante à malha viária, o corredor atravessa as rodovias BR-232, BR-408, BR-101, PE-007 e realiza caminhamento pelas avenidas Prof. Luís Freire e Eng. Abdias de Carvalho até a SE Bongü. A Av. Prof. Luís Freire possui pavimento de concreto e calçadas que se alternam, por vezes, com estacionamentos, sendo um dos acessos ao Campus da UFPE. Já a Av. Abdias de Carvalho (segmento da BR-232) é de pista dupla e possui canteiro central reduzido e ocupado com indivíduos arbóreos. Cada pista da avenida apresenta duas a três faixas de rolamento com pavimento de concreto ou de asfalto, além de calçadas ou acostamentos compartilhando espaços com oficinas de veículos automotivos.



Figura 9 – Av. Eng. Abdias de Carvalho (Fonte: EPE, 2019)



Figura 10 – Av. Eng. Abdias de Carvalho (Fonte: Google StreetView, 2019)



Figura 11 – Av. Professor Luís Freire (Fonte: Google StreetView, 2019)

No caso da infraestrutura de dutos presentes na área do corredor, observam-se gasodutos, adutoras e rede de gás, implicando a necessidade de diversos cruzamentos no trecho aéreo e paralelismos mais associados à LT subterrânea. Cabe destacar que na Av. Eng. Abdias de Carvalho a rede de gás encontra-se junto ao canteiro central, enquanto as adutoras se

concentram em uma das faixas de rolamento, no sentido Recife-Jaboatão dos Guararapes. Com relação à variante estudada, há paralelismo com a rede de gás na Av. Prof. Luís Freire.



Figura 12 – Rede de gás em trecho da Av. Eng. Abdias de Carvalho (Fonte: EPE, 2019)



Figura 13 – Adutoras e rede de gás em trecho da Av. Eng. Abdias de Carvalho (Fontes: Google Earth, 2019; Compesa, 2019; Copergás, 2019; OSM, 2020; EPE, 2020)

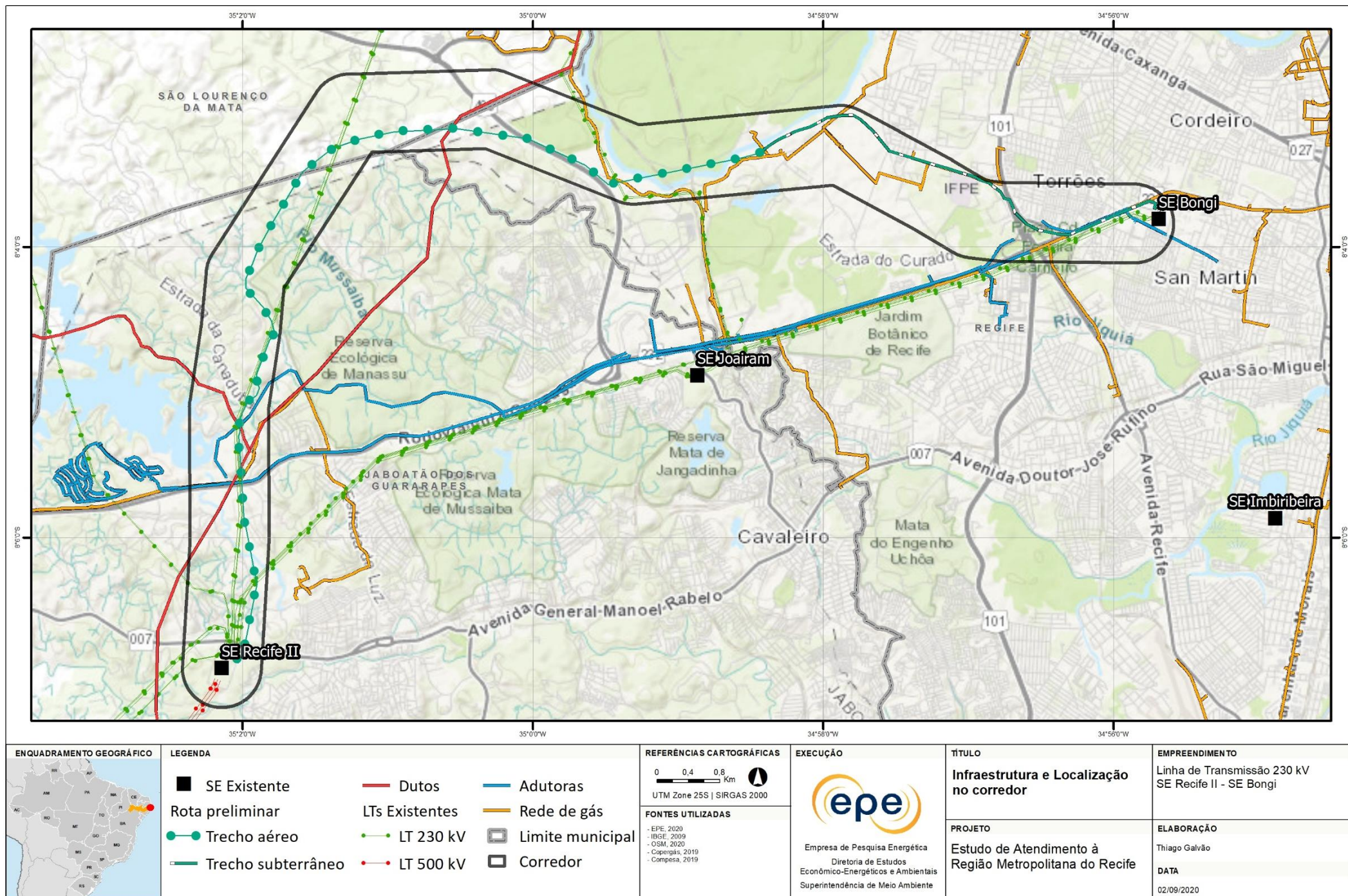


Figura 14 – Infraestrutura no Corredor SE Recife II – SE Bongi

De acordo com as informações de trânsito típico do *Google Maps*, o trecho da LT subterrânea na Av. Eng. Abdias de Carvalho apresenta histórico de tráfego intenso, considerando horários de pico em períodos distintos para os dois sentidos.

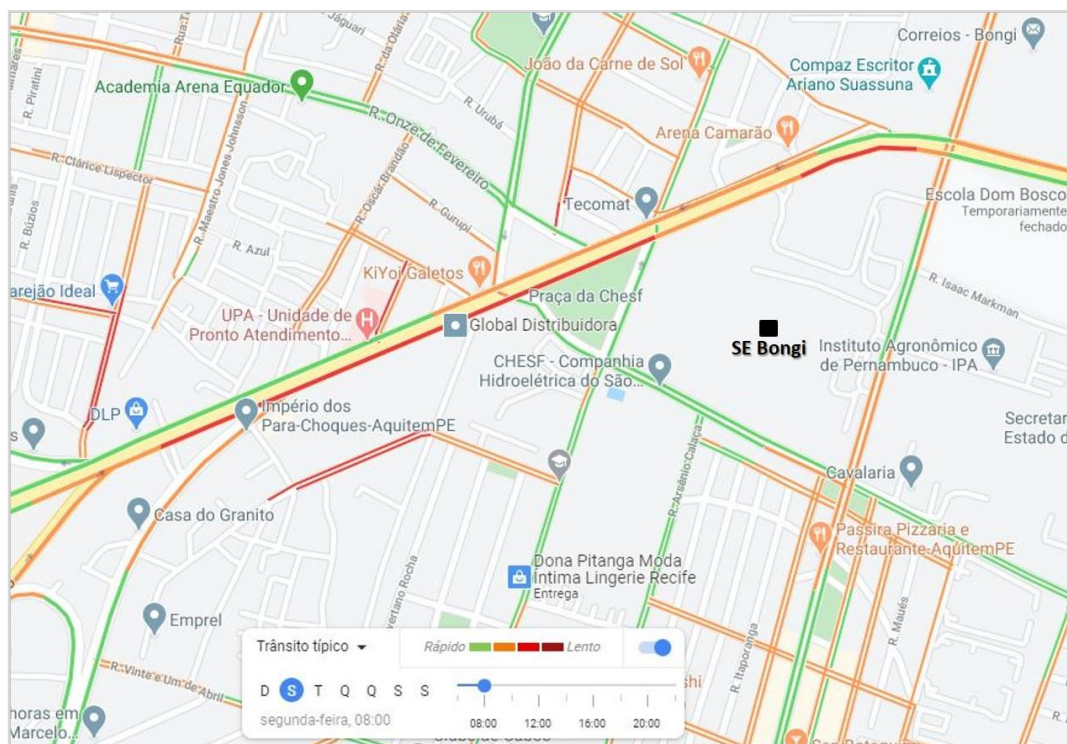


Figura 15 – Trânsito típico na Av. Eng. Abdias de Carvalho - segundas, às 08h00 (Fonte: Google Maps, 2020)

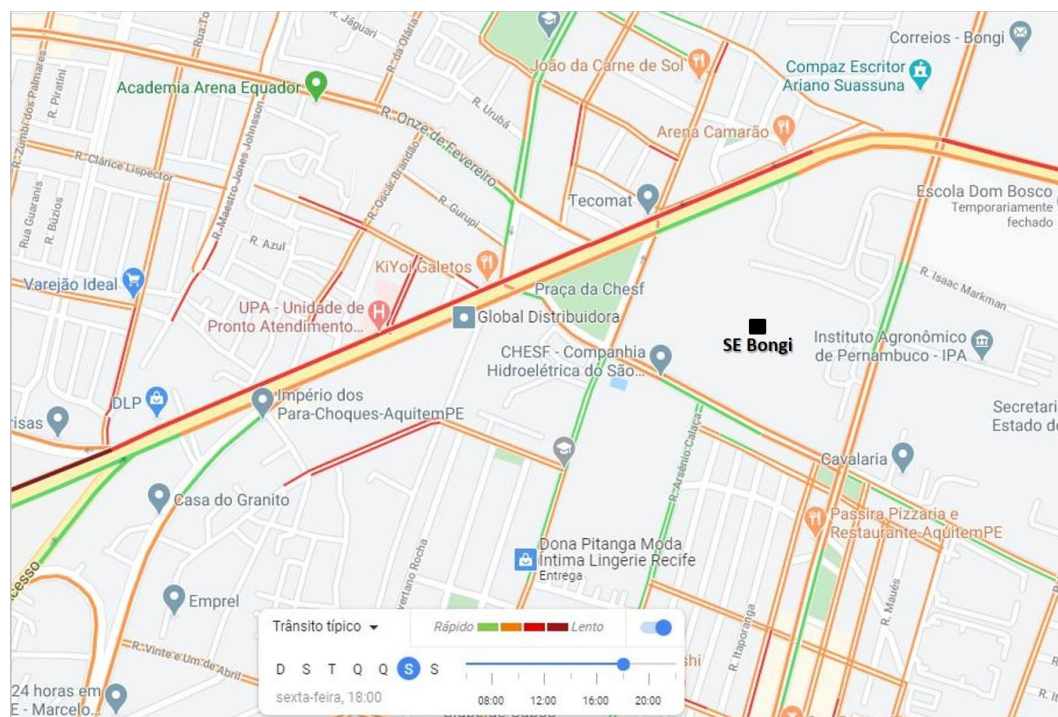


Figura 16 – Trânsito típico na Av. Eng. Abdias de Carvalho - sextas, às 18h00 (Fonte: Google Maps, 2020)

Os dados da ferramenta *Traffic ArcGis OnLine* para o trecho da Av. Eng. Abdias de Carvalho acusam fluxo predominante lento a muito lento, conforme indica a Figura 17 (Esri, 2020). Importante ressaltar que a variante da Av. Prof. Luís Freire apresenta fluxo moderado a lento predominante nas duas bases de dados.

Como os dados contidos na ferramenta de Trânsito típico do Google Maps e da *Traffic ArcGis OnLine* são fruto de estimativas e sofrem forte dinâmica, recomenda-se que os relatórios de aprofundamento do estudo consultem dados da entidade responsável pelo disciplinamento do tráfego em Recife.

Não foram identificadas linhas de VLTs e BRTs dentro da área do corredor. A linha do metrô de superfície atravessa a área central do corredor no sentido norte-sul. Não foram observadas ciclovias ao longo das vias estudadas.

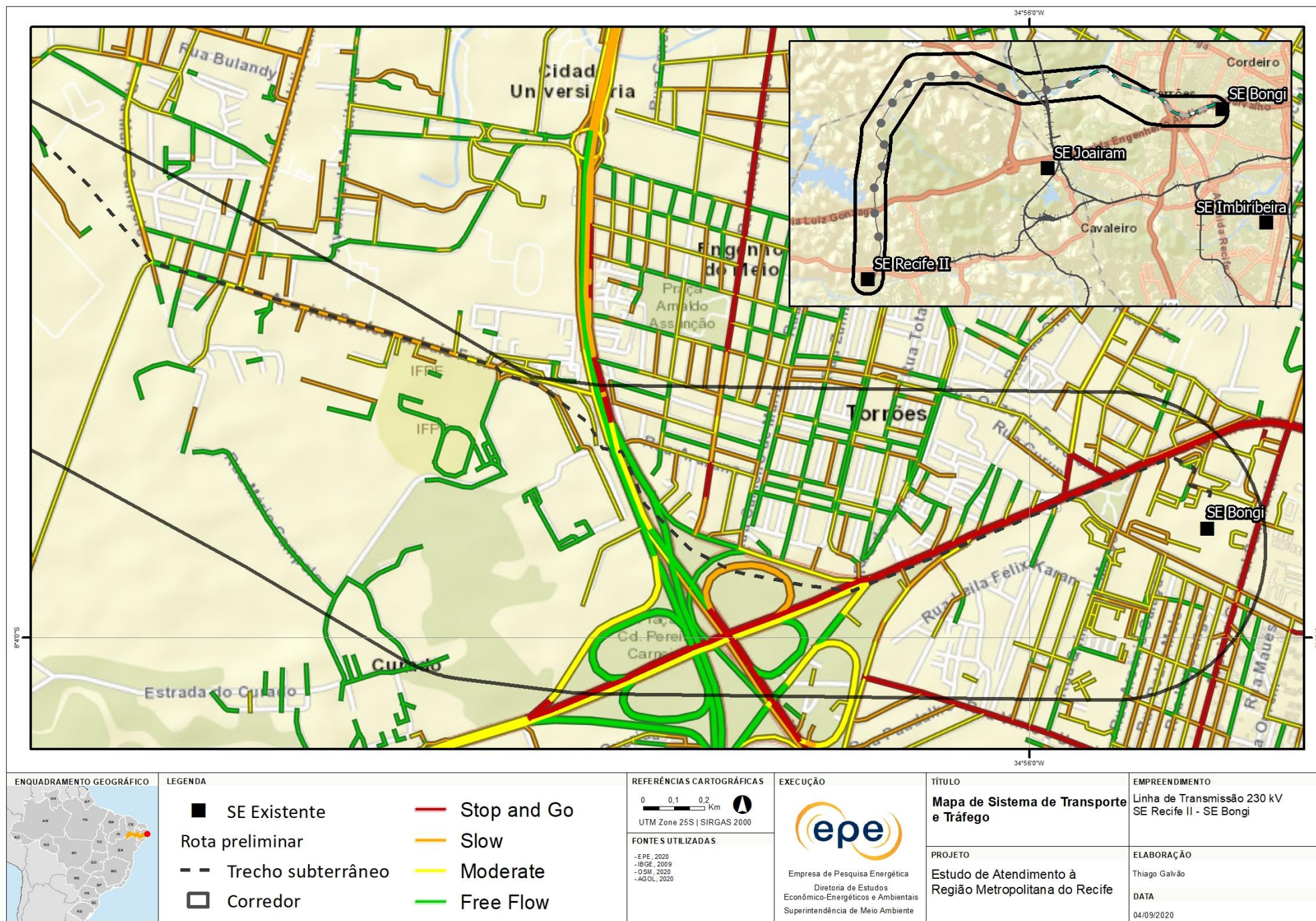


Figura 17 – Mapa de sistema de transporte e tráfego

3.2.2.2 Vegetação e uso do solo

A área de estudo encontra-se no bioma Mata Atlântica integralmente inserida no polígono da Lei da Mata Atlântica - Lei nº 11.428/2006, regulamentada pelo Decreto nº 6.660/2008. Esses instrumentos legais protegem os remanescentes de vegetação nativa primária e vegetação nativa secundária nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração, e estabelecem que novos empreendimentos que impliquem corte ou supressão de vegetação do bioma Mata Atlântica deverão ser implantados, preferencialmente, em áreas já substancialmente alteradas ou degradadas. Tendo por balizador o contexto de região metropolitana, as áreas mais preservadas estão associadas principalmente às unidades de conservação existentes.

A Figura 18 apresenta o padrão de uso e cobertura do solo na região onde será implantado o empreendimento, conforme base de dados georreferenciados da Fundação Brasileira de Desenvolvimento Sustentável – FBDS (2013). Predominam formações campestres e áreas antropizadas, a partir da SE Recife II com alguns fragmentos florestais até a divisa com o município do Recife. Na porção central do corredor, observa-se vegetação mais preservada associadas a unidades de conservação intercaladas com chácaras e condomínios residenciais.

Em seguida, a LT realiza transição para tecnologia subterrânea e adentra a área do Instituto Ricardo Brennand, que compreende um complexo arquitetônico e cultural composto pelo Museu Castelo São João, Pinacoteca e Galeria de Exposições Temporárias e Eventos, e a Capela Nossa Senhora das Graças. Essas edificações são cercadas por um jardim de esculturas em uma ampla área verde, num cenário de relevante beleza arquitetônica e paisagística. Após o complexo do Instituto Brennand, a LT vai ao encontro do Complexo Militar do Curado. O complexo militar abrange um conjunto de instituições de distintas corporações militares, como corpo de bombeiros, batalhão da PM, colégio militar e Exército Brasileiro e localiza-se dentro da unidade de conservação de uso sustentável Matas do Curado. Esse trecho compreende ainda parte de um Campus universitário e um trecho do bairro Cidade Universitária. O trecho final apresenta alto grau de densidade urbana e, após a LT atravessar o cruzamento das rodovias BR-232 e BR-101, segue para a Av. Eng. Abdias de Carvalho até a SE Bongi. Ao longo dessa avenida, verifica-se atividade comercial com destaque para oficinas de veículos automotivos e venda de autopeças.

No tocante aos instrumentos de planejamento urbano e considerando a proposta de caminamento aéreo, o corredor possui sobreposição predominante com as zonas de Expansão Urbana (ZEU) e de Proteção Ambiental (ZPA) do Plano diretor de Jaboatão dos Guararapes. Para o município do Recife, há sobreposição com a Zona de Ambiente Natural do Plano Diretor do (ZAN) e a Zona Especial de Patrimônio Histórico-Cultural (ZEPH). Embora a ZEPH possua restrições de passagem da LT, há espaços para desvios no corredor.

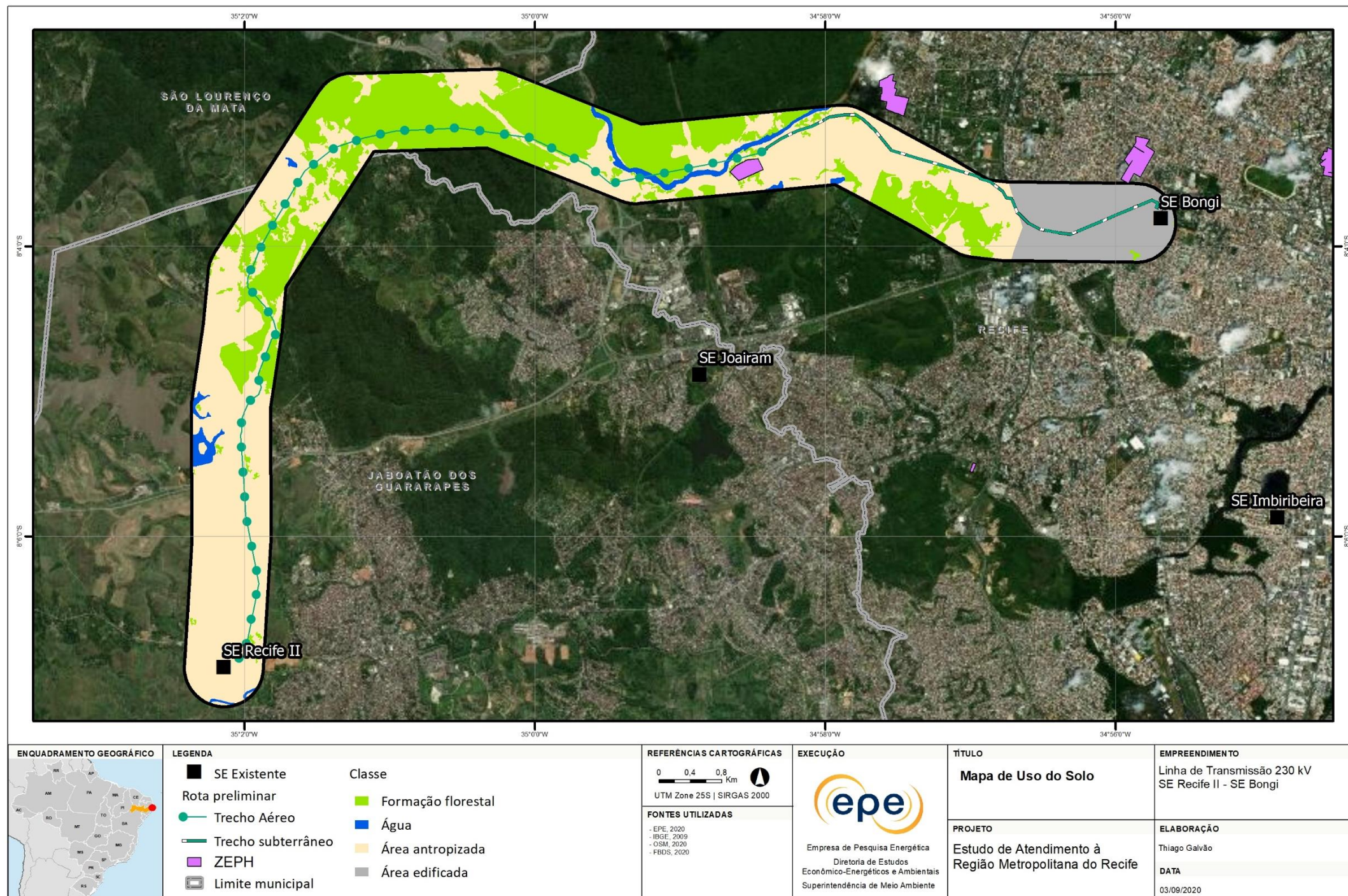


Figura 18 – Uso do solo no corredor SE Recife II – SE Bongi

3.2.2.3 Meio físico

A geomorfologia do corredor indica predomínio de relevo do tipo colinas e morros baixos com ocorrências relevantes de planícies a partir do município do Recife, principalmente no trecho subterrâneo, indicando topografia favorável para a passagem da LT. No entanto, as planícies mencionadas compreendem superfícies com brejos, mangues e cordões litorâneos que apresentam materiais de granulometria diversa e nível d'água próximo da superfície ou aflorantes. Tais condições sinalizam complexidade geotécnica na fase construtiva para a implantação das fundações de torres de transmissão, bem como nos serviços de escavação e escoramento das valas a céu aberto no trecho subterrâneo. Estudos realizados pela CPRM na região (2014; 2015) associam essas superfícies como suscetíveis a inundações. O corredor não possui travessias expressivas sobre cursos d'água e há espaços para desvios em relação ao reservatório Duas Unas, no município de Jaboatão dos Guararapes.

Em relação aos processos minerários, importante destacar a exploração de água mineral em fase de concessão de lavra dentro do corredor, embora haja possibilidade de desvios.

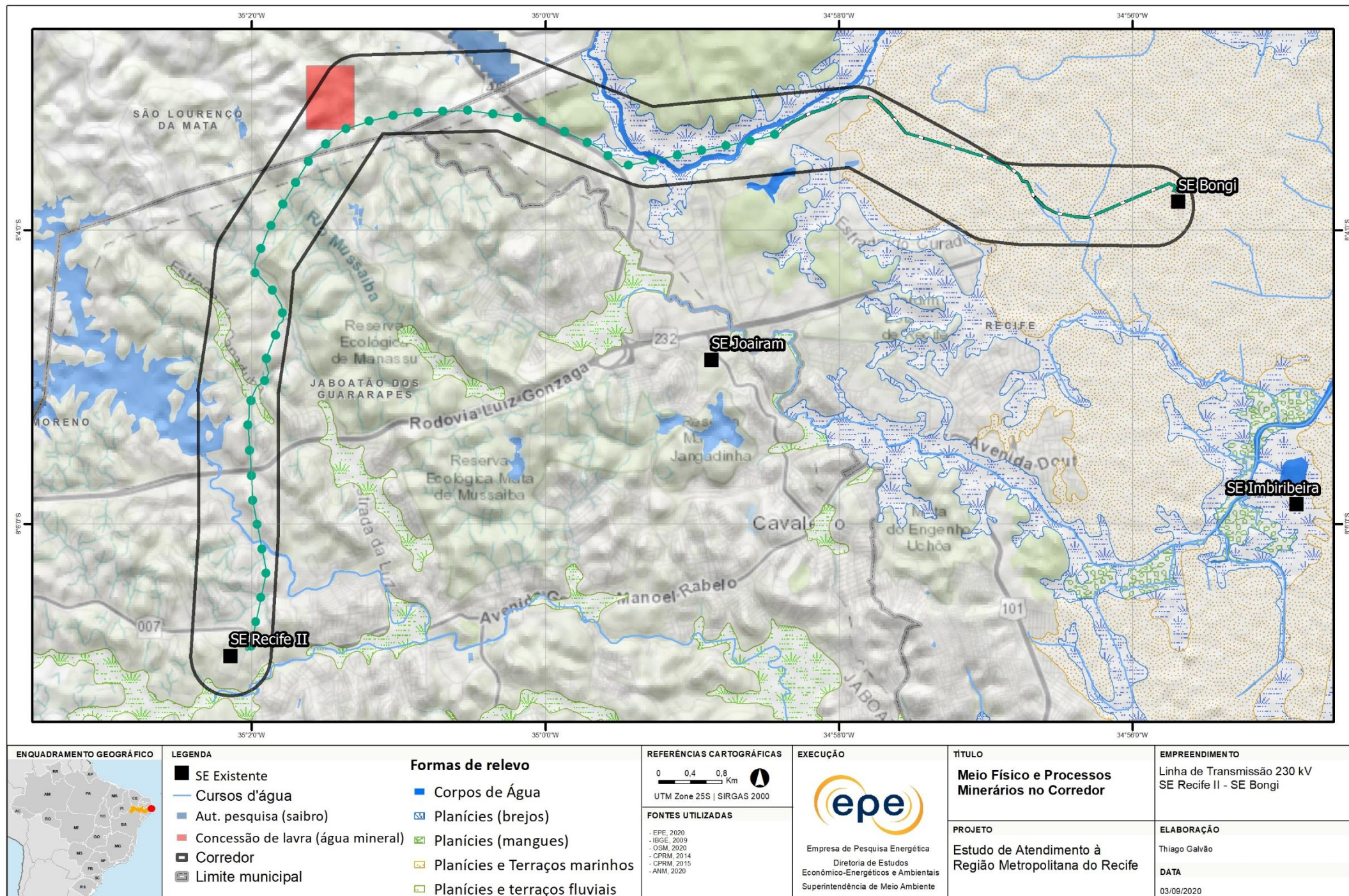


Figura 19 – Meio físico no Corredor Recife II – SE Bongi

3.2.2.4 Áreas com restrição legal ou sensíveis às obras de implantação da LT

Não foram identificados Territórios Quilombolas ou Terras Indígenas próximos ao corredor. Consta um sítio arqueológico no corredor e dois próximos, de acordo com as bases de dados consultadas. O corredor atravessa o complexo do Instituto Ricardo Brennand, área de relevante valor artístico, arquitetônico, paisagístico e cultural que faz parte do roteiro turístico do Recife. Propõe-se a implantação de LT subterrânea, a fim de eliminar potenciais impactos visuais nessa área.

O corredor possui sobreposição com a Reserva de Floresta Urbana Mata de Manassu, ARIE Mata das Nascentes, ARIE Mata da Várzea e ARIE Matas do Curado. Todas são unidades de conservação sustentável, e há possibilidade de caminhamento paralelo a rodovias e áreas com menor cobertura vegetal com vistas a minimizar impactos na vegetação dessas áreas. A supressão vegetal pode ser reduzida a partir da implantação de torres de transmissão alteadas, evitando o procedimento de limpeza de faixa.

Com relação aos equipamentos comunitários de maior sensibilidade, constam no trecho subterrâneo da Av. Eng. Abdias de Carvalho até a SE Bongi uma UPA e uma Igreja, ambos no sentido Recife-Jaboatão dos Guararapes. Já a variante Av. Prof. Luís Freire segue paralela ao Campus da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE.



Figura 20 – Unidade de Pronto Atendimento (UPA) na AV. Eng. Abdias de Carvalho (Fonte: Google Earth StreetView, 2019)

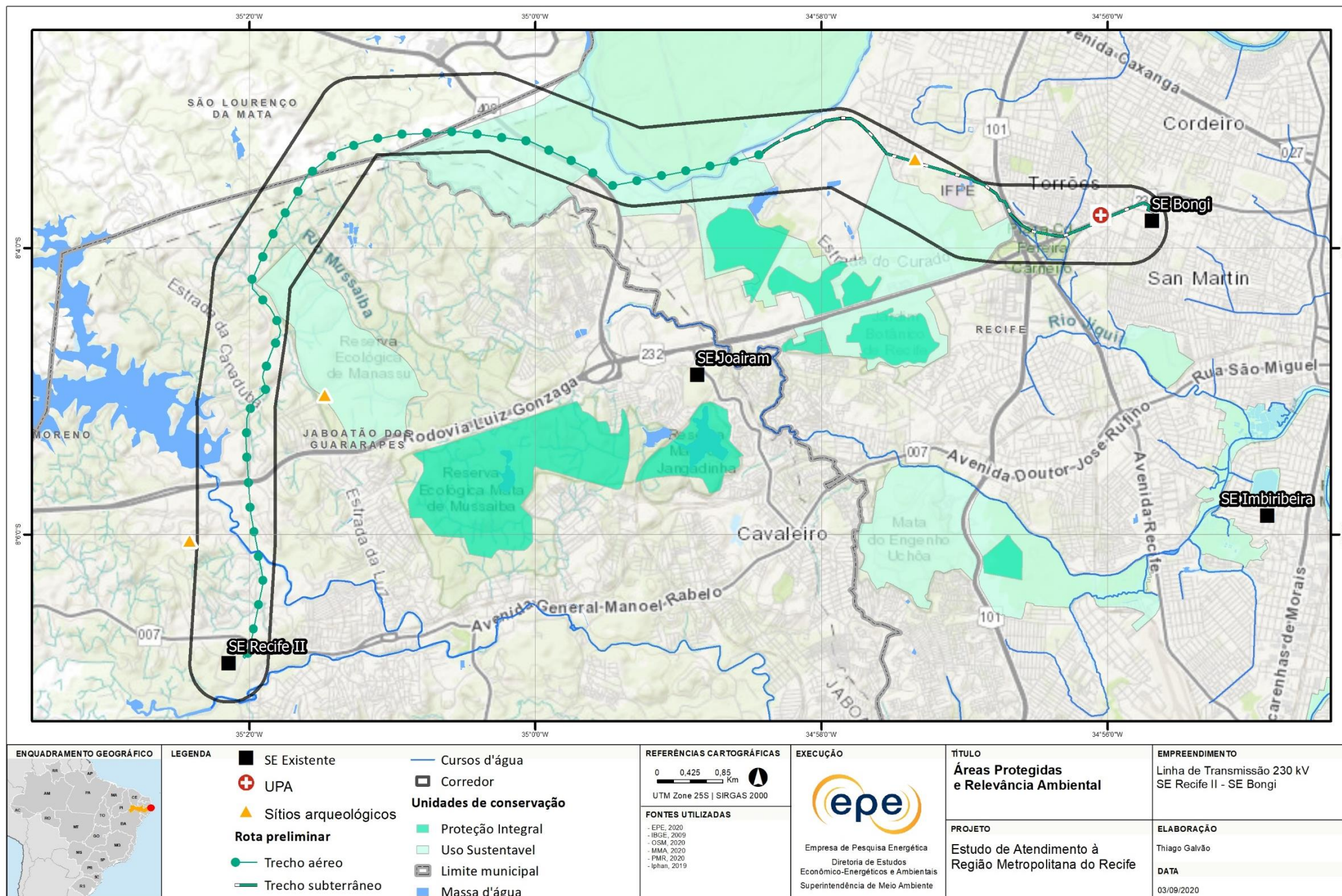


Figura 21 – Áreas com restrição legal da LT no corredor SE Recife II – SE Bongi

3.2.2.5 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:

- Obter informações atualizadas da rede de distribuição de gás nos municípios de Jaboatão dos Guararapes e Recife junto à Companhia de Gás do Pernambuco (Copergás) e sobre expansão futura na área do empreendimento.
- Obter informações atualizadas da rede de água e esgoto da cidade de Recife junto à Companhia de Água e Esgoto do Pernambuco (Compesa) e sobre expansão futura na área do empreendimento.
- Para o trecho subterrâneo, obter informações sobre o trânsito com o órgão responsável pelo disciplinamento do tráfego na área do empreendimento.
- Para o trecho subterrâneo, identificar os equipamentos urbanos, como unidades de saúde, instituições de ensino e religiosas próximos à diretriz elaborada.
- Para o trecho subterrâneo, consultar a Prefeitura e Governo do Estado sobre previsão de obras lineares futuras que possam interferir na implantação da LT subterrânea, tais como implantação de VLTs, BRTs, ciclovias, obras de macrodrenagem urbana, expansão de linhas de metrô e de vias urbanas.
- Para o trecho subterrâneo sobre vias urbanas, avaliar a possibilidade de filmar o caminhamento da diretriz elaborada, em veículo automotor, em horários representativos de tráfego intenso (segunda-feira, às 08h00; sexta, às 18h00) por meio de câmera de filmagem com resolução mínima de VGA, nos formatos .mp4. ou .avi.
- Para o trecho subterrâneo, consultar a Prefeitura, o Governo do Estado e instituições de ensino e pesquisa sobre a existência de informações ou estudos relacionados a condições físico-químicas do solo da região em estudo, bem como ao nível freático próximo à diretriz elaborada.
- Desviar ou minimizar interferências em processos minerários.
- Desviar, sempre que possível, de benfeitorias rurais, galpões e edificações em geral.
- Consultar as prefeituras de Jaboatão dos Guararapes e do Recife sobre eventuais restrições em relação aos respectivos planos diretores.
- Minimizar interferências nas unidades de conservação de uso sustentável abrangidas pelo corredor.
- Desviar do reservatório Duas Unas, em Jaboatão dos Guararapes.

- Caso haja interferências nos terrenos do Complexo Brennand e na Companhia Industrial de Vidros - CIV, consultar os respectivos proprietários sobre projetos de expansão, infraestruturas existentes e condicionantes de passagem da LT.
- Desviar da Zona Especial de Patrimônio Histórico-Cultural – ZEPH 13, do Plano Diretor do Recife, localizada na UCN Matas do Curado ou considerar os condicionantes para a passagem da LT.
- Consultar a defesa civil municipal e entrevistar população local sobre a ocorrência de inundações ou alagamentos e reconhecimento da cota máxima verificada na área a ser definida para instalação da estrutura de transição dos trechos aéreo e subterrâneo.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anac. Agência Nacional de Aviação Civil, 2019. Lista de Aeródromos Privados e Lista de Aeródromos Públicos. Disponível em: <http://www.anac.gov.br/assuntos/setor-regulado/aerodromos>. Acesso em janeiro de 2019.

Aneel. Agência Nacional de Energia Elétrica, 2019. Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico – SIGEL. Disponível em: <http://sigel.aneel.gov.br/sigel.html>. Acesso em janeiro de 2019.

ANM. Agência Nacional de Mineração, 2019. Processos Minerários (arquivos vetoriais). Disponível em: <http://www.anm.gov.br/assuntos/ao-minerador/sigmine>. Acesso em janeiro de 2019.

CAR. Cadastro Ambiental Rural, 2019. Base de dados do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural. Disponível em: <http://www.car.gov.br/publico/imoveis/index>. Acesso em junho de 2020.

Copergás. Companhia Pernambucana de Gás. Rede de Distribuição de Gás. Disponível em: <http://www.Copergas.com.br>. Acesso em janeiro de 2019.

Celpe. Companhia Energética do Pernambuco. Traçado georreferenciado de trecho da rede de distribuição de energia. Mensagem eletrônica recebida em 01/11/2018.

Compesa. Companhia Pernambucana de Saneamento. Trecho de rede de água da cidade do Recife. Mensagem eletrônica recebida em 28 de dezembro de 2018.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Carta de Suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação. Município de Jaboatão dos Guararapes. Disponível em: <https://sisgeo.cprm.gov.br/geoengenharia/>, 2014. Acesso em janeiro de 2019.

____. Serviço Geológico do Brasil. Carta de Suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação. Município do Recife. Disponível em: <https://sisgeo.cprm.gov.br/geoengenharia/>, 2015. Acesso em janeiro de 2019.

Decea. Departamento de Controle do Espaço Aéreo – Comando da Aeronáutica. AGA - Portal de Aeródromos. Disponível em: <http://servicos.decea.gov.br/aga/index.cfm>. Acesso em janeiro de 2019.

Eletrobras. Centrais Elétricas Brasileiras, 2015. Mapoteca de Unidades de Conservação. [DE/EG/EGA]. Rio de Janeiro.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética, 2019. Sistema de Informações Geográficas do Setor Energético Brasileiro – Plataforma WebMap EPE. Disponível em: <https://gisepeprd.epe.gov.br/webmapepe/>. Acesso de janeiro de 2019 a agosto de 2020.

____. Empresa de Pesquisa Energética. Nº EPE-DEE=DEA-RE-001/2018-rev0. Diretrizes para a Elaboração dos Relatórios Técnicos para a Licitação de Novas Obras da Rede Básica, 2018.

____. Empresa de Pesquisa Energética, 2019. Fotografias obtidas visita de campo na Região Metropolitana do Recife, realizada em abril de 2019.

ESRI. ArcGis Desktop 10.4. Disponível em: <https://www.esri.com/en-us/home>. Acesso de janeiro de 2018 a julho de 2020.

____. ArcGis OnLine. Disponível em: <https://www.arcgis.com/index.html>. Acesso de agosto de 2019 a julho de 2020.

FBDS. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável, 2013. Projeto de Apoio à Implantação do CAR - Mapeamento do uso e cobertura do solo, ano base 2013. Disponível em: <http://geo.fbds.org.br>. Acesso em julho de 2020.

Google Earth-Mapas. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps>. Acesso de janeiro de 2019 a agosto de 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2009. Base Cartográfica Integrada ao Milionésimo. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em janeiro de 2019.

Inovatec. Apresentação: Operação de Linhas de Transmissão Subterrâneas. Palestrante - Julio Cesar Ramos Lopes, 3º Fórum sobre centros de Operação e Controles das Empresas de Energia Elétricas, abril de 2014.

Iphan. Instituto Nacional do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, 2019. Sítios Arqueológicos Georreferenciados. Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/shapefile_cnsa_2019.zip. Acesso em julho de 2020.

MMA. Ministério do Meio Ambiente, 2019. 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>.

OpenStreetMap, 2019. Disponível em: <http://download.geofabrik.de/south-america/brazil.html>. Acesso em julho de 2020.

Prefeitura Municipal do Recife. Plano Diretor Municipal de Recife (2008). Disponível em: <https://esigportal.recife.pe.gov.br/arcgis/apps/webappviewer/index.html?id=17a5f2738ff54c6881efca6cf9fac3d6>. Acesso em janeiro de 2019.

Prefeitura Municipal de Jaboatão dos Guararapes. Revisão do Plano Diretor Participativo do Município de Jaboatão dos Guararapes (2013). Disponível em: <https://document.onl/documents/mapa-03-zoneamento-jaboatao.html>. Acesso em janeiro de 2019.

Wikimapia. Feições mapeadas e cadastradas em imagens de satélite. Disponível em: <http://wikimapia.org/>. Acesso de janeiro de 2019 a agosto de 2020.

APÊNDICE A – TABELA DE COMPARAÇÃO DA LT 230 KV RECIFE II – BONGI – RELATÓRIO R1 / RELATÓRIO R3

LT 230 kV Recife II – Bongi	
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 da rota preferencial (R1): 18,9 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:	
Pontos notáveis verificados no R3, não identificados no R1	
Recomendações do R1 e atendimento no R3	
Recomendações do R1	Foi atendida a recomendação? Se não, justificar.