



Empresa de Pesquisa Energética

## Plano Indicativo de Gasodutos de Transporte

**P**  **G**  
2020

**NOVEMBRO DE 2020**

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA



**Supervisão**

Heloísa Borges Esteves

**Coordenação Geral**

Marcos Frederico Farias de Souza

**Coordenação Executiva**

Marcelo Ferreira Alfradique

**Coordenação Técnica**

Gabriel de Figueiredo da Costa

**Equipe Técnica – DPG/SPG**

Ana Claudia Sant’Ana Pinto

Carolina Oliveira Castro

Claudia Maria Chagas Bonelli

Henrique Plaudio G. Rangel

Luiz Paulo Barbosa da Silva

Matheus de Souza Moreira (Estagiário)

**Equipe Técnica – DEA/SMA**

André Cassino Ferreira

Daniel Filipe Silva

Elisangela Medeiros de Almeida

Glauce Maria Lieggio Botelho

Hermani Moraes Vieira

Thiago Galvão

**Suporte Administrativo**

Alize de Fátima Antunes Leal

<https://epe.gov.br/pt/areas-de-atuacao/petroleo-gas-e-biocombustiveis>

**Equipe Técnica – DEE/STE**

Daniel José Tavares de Souza

Dourival de Souza Carvalho Junior

Fabiano Schmidt

Sergio Felipe Falcão Lima

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA



**Ministro de Estado**

Bento Costa Lima Leite de Albuquerque Junior

**Secretária-Executiva**

Marisete Fátima Dadald Pereira

**Secretário de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**

José Mauro Ferreira Coelho

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



Empresa de Pesquisa Energética

**Presidente**

Thiago Vasconcelos Barral Ferreira

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

Heloísa Borges Esteves

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

Giovani Vitória Machado

**Diretor de Estudos de Energia Elétrica**

Erik Eduardo Rego

**Diretora de Gestão Corporativa**

Angela Regina Livino de Carvalho

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

## ■ Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>2</b>
<b>2. COMPARTILHAMENTO DE FAIXAS DE SERVIDÃO</b> .....	<b>4</b>
2.1. QUESTÕES TÉCNICO-ECONÔMICAS .....	4
2.1.1. <i>Paralelismo com Linhas de Transmissão</i> .....	4
2.1.2. <i>Paralelismo com Cabeamento de Fibra Ótica</i> .....	6
2.1.3. <i>Paralelismo com Dutos</i> .....	6
2.1.4. <i>Estimativa do Potencial de Redução de Custos</i> .....	8
2.2. MARCO LEGAL E REGULATÓRIO .....	8
2.3. SETORES COM POSSÍVEL INTEGRAÇÃO .....	10
2.4. CORREDORES DE INTERESSE .....	13
2.5. ESTUDO DE CASO: BRASIL CENTRAL .....	15
<b>3. DETALHAMENTO DE GASODUTOS DE TRANSPORTE INDICATIVOS</b> .....	<b>18</b>
3.1. GASODUTOS PENÁPOLIS-CANOAS E BILAC-SANTA MARIA (CHIMARRÃO A E B) .....	22
3.1.1. <i>Resumo dos traçados</i> .....	23
3.1.2. <i>Análise socioambiental e dificuldades construtivas</i> .....	23
3.1.3. <i>Dimensionamento Termofluido-hidráulico</i> .....	26
3.1.4. <i>Estimativas de Custos</i> .....	27
3.2. GASODUTO PRESIDENTE KENNEDY/ES – SÃO BRÁS DO SUAÇUÍ/MG .....	29
3.2.1. <i>Resumo do traçado</i> .....	30
3.2.2. <i>Análise socioambiental e dificuldades construtivas</i> .....	30
3.2.3. <i>Dimensionamento Termofluido-hidráulico</i> .....	32
3.2.4. <i>Estimativas de custos</i> .....	33
3.3. GASODUTO SANTO ANTÔNIO DOS LOPES/MA – CAUCAIA/CE.....	34
3.3.1. <i>Resumo do Traçado</i> .....	35
3.3.2. <i>Análise Socioambiental e dificuldades construtivas</i> .....	35
3.3.3. <i>Dimensionamento Termofluido-hidráulico</i> .....	37
3.3.4. <i>Estimativas de Custos</i> .....	38
3.4. GASODUTO SANTO ANTÔNIO DOS LOPES/MA – SÃO LUÍS/MA.....	38
3.4.1. <i>Resumo do traçado</i> .....	39
3.4.2. <i>Análise socioambiental e dificuldades construtivas</i> .....	40
3.4.3. <i>Dimensionamento Termofluido-hidráulico</i> .....	43
3.4.4. <i>Estimativas de Custos</i> .....	44
3.5. GASODUTO SANTO ANTÔNIO DOS LOPES/MA – BARCARENA/PA .....	44
3.5.1. <i>Resumo do traçado</i> .....	46
3.5.2. <i>Análise socioambiental e dificuldades construtivas</i> .....	46
3.5.3. <i>Dimensionamento Termofluido-hidráulico</i> .....	50
3.5.4. <i>Estimativas de Custos</i> .....	50
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>52</b>
<b>5. ATUALIZAÇÕES SOBRE PROJETOS ANALISADOS EM CICLOS ANTERIORES</b> .....	<b>54</b>
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	<b>56</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>58</b>

## ■ Lista de Figuras

Figura 1. Metodologia de análise de alternativas para expansão da malha de gasodutos de transporte .....	3
Figura 2. Municípios com ou sem cabeamento de fibra ótica .....	10
Figura 3. Grau de Segurança Hídrica previsto para 2035 no Plano Nacional de Segurança Hídrica .....	11
Figura 4. Mapa ferroviário do Brasil .....	12
Figura 5. Mapa de Movimentação nas Ferrovias – Minério de Ferro .....	13
Figura 6. Corredores Logísticos de Gasolina e Diesel.....	14
Figura 7. Investimento total do Gasoduto Brasil Central em relação a diferentes níveis de compartilhamento de faixa .....	16
Figura 8. Mapa de localização das alternativas estudadas de gasodutos de transporte.....	19
Figura 9. Mapa de localização dos gasodutos Chimarrão A e B.....	22
Figura 10. Áreas de relevância socioambiental na região do gasoduto Chimarrão.....	24
Figura 11. Mapa de localização do gasoduto Presidente Kennedy/ES - São Brás do Suaçuí/MG.....	29
Figura 12. Áreas de relevância socioambiental do gasoduto Presidente Kennedy/ES – São Brás do Suaçuí/MG.....	31
Figura 13. Mapa de localização do gasoduto Santo Antônio dos Lopes/MA-Caucaia/CE. ....	34
Figura 14. Áreas de relevância socioambiental do gasoduto Santo Antônio dos Lopes/MA – Caucaia/CE .....	36
Figura 15. Mapa de localização do gasoduto Santo Antônio dos Lopes/MA-São Luís/MA .....	39
Figura 16. Áreas de relevância socioambiental na região do gasoduto Santo Antônio dos Lopes – São Luís .....	41
Figura 17. Mapa de localização do gasoduto Santo Antônio dos Lopes/MA-Barcarena/PA .....	45
Figura 18. Áreas de relevância socioambiental do gasoduto Santo Antônio dos Lopes/MA – Barcarena/PA .....	47
Figura 19. Alternativas estudadas nos ciclos do PIG 2019 e 2020 .....	54

## ■ Lista de Tabelas

Tabela 1. Corredores Logísticos de Combustíveis.....	15
Tabela 2. Quantidade de dutos na faixa de servidão, CAPEX e redução de custos devido ao compartilhamento .....	16
Tabela 3. Terras indígenas (TI) situadas a menos de 3 km dos traçados .....	25
Tabela 4. Custos associados ao projeto do gasoduto Chimarrão A .....	27
Tabela 5. Custos associados ao projeto do gasoduto Chimarrão B .....	28
Tabela 6. Unidades de conservação interceptadas pela diretriz do gasoduto. ....	31
Tabela 7. Custos associados ao projeto do gasoduto Presidente Kennedy/ES – São Brás do Suaçuí/MG .....	33
Tabela 8. Custos associados ao projeto do gasoduto Santo Antônio dos Lopes/MA – Caucaia/CE .....	38
Tabela 9. Projetos de assentamento rural interceptados pelo traçado do gasoduto .....	42
Tabela 10. Territórios quilombolas (TQ) situados a menos de 5 km do traçado do gasoduto .....	42
Tabela 11. Custos associados ao projeto do gasoduto Santo Antônio dos Lopes/MA – São Luís/MA .....	44
Tabela 12. Territórios quilombolas situados a menos de 5 km do traçado do gasoduto .....	47
Tabela 13. Projetos de assentamento rural interceptados pelo traçado do gasoduto .....	48
Tabela 14. Custos associados ao projeto do gasoduto Santo Antônio dos Lopes/MA – Barcarena/PA.....	51
Tabela 15. Projetos de Gasodutos de Transporte analisados no ciclo do PIG 2020 .....	52
Tabela 16. Andamento dos projetos de gasodutos de transporte analisados no PIG 2019 e 2020 .....	55

## 1. Introdução

---

O Plano Indicativo de Gasodutos de Transporte (PIG) se insere no conjunto de estudos elaborados pela EPE com o objetivo de subsidiar o planejamento do setor de gás natural brasileiro, no sentido de apresentar oportunidades de investimentos em gasodutos de transporte no País. Os projetos indicativos, apresentados em nível conceitual, permitem ampliar a capacidade e aumentar a segurança de suprimento de gás natural no País. Estas alternativas possibilitam a conexão de novas ofertas ao Sistema de Transporte de Gás Natural (STGN), a conexão do STGN a novas áreas ainda não atendidas por gás natural e a conexão de ofertas e demandas isoladas entre si.

O primeiro Plano Indicativo de Gasodutos de Transporte foi publicado no ano de 2019 e considerou as contribuições recebidas durante a iniciativa Gás para Crescer, a revisão do papel dos estudos de expansão da malha de gasodutos de transporte do País promovida pelo Decreto nº 9.616/2018, as diretrizes estabelecidas pela iniciativa Novo Mercado de Gás, além de aprimoramentos realizados pela EPE no que toca aos sistemas de avaliação de projetos e bases de dados de custos. Nos termos do Decreto 9.616/2018, que “a EPE elaborará os estudos de expansão da malha dutoviária do País considerando os planos de investimentos dos transportadores, as informações de mercado e as diretrizes do Ministério de Minas e Energia”.

Ainda, nos termos do Artigo 4º da Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004, “compete à EPE (...) elaborar estudos relativos ao plano diretor para o desenvolvimento da indústria de gás natural no Brasil”.

A fim de cumprir estes objetivos, o PIG busca apresentar as análises realizadas pela EPE quanto aos gasodutos de transporte que podem vir a ser implementados nos próximos anos no Brasil, de forma indicativa, com base em estudos de oferta e demanda, além de análises técnico-econômicas e socioambientais. Mais especificamente, com base no detalhamento espacial da oferta e da demanda previstas de gás natural no Brasil, o PIG tem como objetivo propor e analisar alternativas de gasodutos de transporte indicativos que possam interligar as ofertas e as demandas potenciais de gás natural à malha integrada, ou mesmo conectá-las entre si, no caso de sistemas isolados.

Sendo assim, anualmente de 1 a 31 de março, a EPE disponibiliza em seu endereço eletrônico o sistema de coleta e armazenamento de dados do mercado de gás natural (INFOGÁS) para recepção de informações sobre oferta, demanda e projetos de infraestrutura de gás natural que podem ser enviadas por qualquer agente do setor mediante solicitação de cadastro.

As informações recebidas são consideradas pela EPE ao longo da elaboração do Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) e do Plano Indicativo de Processamento e Escoamento de Gás Natural (PIPE), além do PIG em si. No presente ciclo, devido às dificuldades advindas da pandemia de Covid-19, o prazo para recebimento de contribuições foi excepcionalmente estendido, e contou com contribuições de apenas uma empresa, contendo informações que foram utilizadas no ciclo do PIG 2020.

Este estudo constitui-se em uma ferramenta de planejamento para o setor de gás natural, além de introduzir uma série de avanços quais sejam:

- redução da assimetria de informação sobre potenciais de demanda e de oferta, avaliações de condicionantes socioambientais e propostas de traçados, contribuindo para a identificação de oportunidades pela indústria;

- disseminação, de forma transparente, da metodologia, das premissas e dos critérios de avaliação utilizados para a elaboração dos estudos;
- coordenação de expectativas e interesses entre os agentes da indústria de gás natural visando à promoção de investimentos em gasodutos de transporte no País.

A metodologia utilizada no presente estudo é esquematizada na Figura 1.



**Figura 1. Metodologia de análise de alternativas para expansão da malha de gasodutos de transporte**  
 Fonte: elaboração própria EPE.

Primeiramente, com base nos estudos de Oferta e Demanda realizados pela EPE, e em informações complementares, são definidos pares demanda/oferta para a elaboração de alternativas de gasodutos a serem estudadas. Além de conexões pontuais entre oferta e demanda, as alternativas podem incluir a conexão de novas ofertas ao STGN, ou a conexão do STGN a novas demandas ainda não atendidas. A análise socioambiental auxilia na escolha dos traçados, sugerindo os corredores mais indicados para a passagem dos gasodutos. Após a definição do traçado, é realizado o dimensionamento do projeto, definindo-se o diâmetro do gasoduto e outras características técnicas. Finalmente, estimam-se os custos (CAPEX) de cada uma das alternativas.

O presente estudo deve ser lido em conjunto com o Plano Indicativo de Gasodutos 2019, uma vez que vem por complementar os projetos estudados naquele plano. Assim, deve-se considerar os projetos estudados neste ciclo como complementares ao panorama da infraestrutura de gás natural existente, prevista e indicativa analisada no Plano anterior. Ainda, foi adotada a mesma metodologia de análise utilizada em termos de critérios técnicos, custos e características socioambientais.

O PIG 2020 traz, entretanto, uma análise adicional àquela realizada na primeira edição do estudo, e apresenta, na seção seguinte, um estudo acerca do compartilhamento de faixas de servidão entre obras de gasodutos de transporte e outras infraestruturas, que apresenta potencial para economias de escopo e redução de custos em diversos setores, como o de telefonia e o de abastecimento de combustíveis líquidos.

Nos capítulos seguintes, apresentam-se os cinco projetos examinados, os quais se referem a alternativas baseadas nos dutos autorizados antes da Lei 11.909/2009 ou à ampliação de gasodutos existentes, e aquelas relacionadas à conexão de novas ofertas à malha de gasodutos de transporte existente. Para cada alternativa estudada, são apresentados os critérios técnicos, econômicos e socioambientais. Ao final, os resultados do estudo são resumidos e comentados de forma conjunta, avaliando-se os condicionantes que podem influenciar na sua viabilidade, bem como nas perspectivas de implementação de cada projeto. Por fim, a última seção traz uma atualização dos projetos analisados no ciclo 2019.

## 2. Compartilhamento de Faixas de Servidão

---

O assunto do compartilhamento de faixas de servidão entre obras lineares como as de rodovias, cabeamento de fibra ótica, linhas de transmissão, polidutos, entre outros tipos de instalação, é amplamente tratado na literatura internacional desde o estabelecimento das principais indústrias de rede em diversos países. Um dos principais fóruns onde ocorre esta discussão é o do setor de telecomunicações, devido ao fato de que os corredores de fibra ótica requererem pouco espaço e representem risco reduzido quando analisados junto a outras instalações que se encontrem na mesma faixa (US DOT, 1996). Porém, podem ser encontrados na literatura manuais contendo recomendações para mitigação de risco em setores onde há maiores desafios técnicos, como o de dutos para petróleo e derivados, gás natural e biocombustíveis (INGAA, 2008).

De forma geral, o compartilhamento de faixas de servidão tem o potencial de reduzir impactos socioambientais por não ensejar a abertura de novas faixas, além de apresentar economias de escopo, principalmente quando a instalação das diversas dutovias é realizada conjuntamente, tornando mais eficientes as etapas de mobilização e desmobilização dos equipamentos, escavação e recomposição do solo (INGAA, 2008).

### 2.1. Questões técnico-econômicas

O compartilhamento de faixas por obras lineares é influenciado por questões sociais, ambientais e de segurança (principalmente na passagem por áreas ambientalmente sensíveis ou regiões urbanizadas), e principalmente por questões técnicas e econômicas, que podem tornar o compartilhamento viável ou inviável dada a capacidade de serem mitigados ou não seus efeitos. As questões técnicas que envolvem o compartilhamento dependem de quais infraestruturas serão consideradas em paralelo, e qual a extensão de paralelismo.

#### 2.1.1. Paralelismo com Linhas de Transmissão

Em alguns projetos de dutos metálicos pode ocorrer paralelismo destes com linhas de transmissão, o que pode causar efeitos elétricos e magnéticos indesejáveis. Estes efeitos podem resultar em acentuação da corrosão exigindo, com isso, maior atenção, podendo resultar em maiores investimentos envolvidos nos sistemas de proteção catódica. Dado que o sistema de transmissão brasileiro é constituído, majoritariamente, por linhas de transmissão em corrente alternada (LT CA), foi realizada uma análise das consequências do paralelismo deste tipo de linha de transmissão e dutos metálicos.

De forma geral, uma consequência do paralelismo ou cruzamento entre uma LT CA e um duto metálico é a possibilidade de surgimento de tensões e correntes induzidas na superfície do duto, devido à manifestação dos campos eletromagnéticos durante a operação dessas LT CA. Adicionalmente, DIPRA (2017) e INGAA (2015) citam que a intensidade das correntes e tensões induzidas são função de inúmeras variáveis, dentre as quais:

- a extensão do paralelismo entre a LT CA e o duto;
- a resistência longitudinal do duto;
- a resistência do revestimento do duto;

- a resistência elétrica do solo ao longo da extensão do paralelismo;
- a capacidade de corrente e a tensão nominal da LT CA.

Conforme MELLO (2015), gasodutos metálicos que transportam gás natural são estruturas que não devem operar com tensão e/ou corrente em sua superfície. Em última análise, devem ser adequadamente aterradas. Caso contrário, uma série de efeitos indesejáveis, tanto do ponto de vista de segurança quanto de poluição ambiental, podem ocorrer. Por exemplo, caso uma tensão induzida em um duto metálico seja suficientemente grande para gerar centelhamento nesse duto, explosões podem ocorrer, considerando o contato da centelha com o conteúdo inflamável. Além disso, corrosões nesses materiais, em função do surgimento de correntes induzidas, podem ocasionar o vazamento de materiais que poluem o meio ambiente.

Nesse contexto, a operação de gasodutos que correm em paralelo, compartilhando faixa de passagem ou não, ou que cruzam LT CA em determinado ângulo, pode ser perigosa tanto para a população laboral que trabalha na construção e manutenção dos mesmos quanto para a ocorrência de acidentes nesses equipamentos, em função de desgaste acelerado na presença de campos eletromagnéticos gerados pela LT CA.

Dentre os principais fenômenos elétricos que afetam a operação dos dutos metálicos, SHWEHDI e JOHAR (2003) destacam:

- interação eletrostática ou capacitiva - ocorre para dutos não enterrados e isolados do solo. Neles é induzida uma tensão proporcional à tensão de operação da LT CA;
- interação resistiva - ocorre quando um raio atinge uma estrutura de transmissão ou quando ocorrem faltas para a terra<sup>1</sup>, elevando o potencial elétrico do solo no entorno da LT CA, incluindo o duto metálico;
- interação magnética - ocorre quando tensões são induzidas no duto metálico, em função do campo magnético variante no tempo, criando correntes circulantes. Torna-se preferível que as distâncias médias entre os eixos dos empreendimentos sejam as maiores possíveis. Além disso, cruzamentos perpendiculares às LT CA mitigam de forma considerável o efeito de indução magnética (MELLO, 2015; SHWEHDI e JOHAR, 2003; INGAA, 2015). Quando não possível, é desejável manter ângulos a partir de ângulos de 60°.

De qualquer forma, nos casos inevitáveis de maior aproximação entre gasodutos e LT CA, seja por compartilhamento de faixa de servidão ou cruzamento, em função de restrições socioambientais ou até econômicas, são propostas em DIPRA (2017) duas medidas que, em conjunto, resultariam em tensões induzidas e/ou correntes desprezíveis nos dutos metálicos: (i) revestimento visando a blindagem elétrica do duto e (ii) maior segmentação dos dutos através de maior instalação de juntas de isolamento. Destaca-se que a solução ideal, no entanto, envolve a aplicação de ambas as medidas.

Em termos de distância mínima a ser considerada, entre o eixo médio dos gasodutos e o eixo médio da LT CA, é razoável pensar que deveriam ser feitos cálculos caso a caso visando estimar as distâncias para as quais esses efeitos são aceitáveis, tendo em vista: (i) a população que transita pelos dutos e a população laboral e (ii) manter o aspecto físico dos dutos em elevado grau de manutenção, considerando eventuais corrosões aceleradas pelos efeitos dessas induções.

---

<sup>1</sup> Faltas para a terra: são o resultado de um curto-circuito em que uma ou mais fases são enviadas para a terra.

### 2.1.2. Paralelismo com Cabeamento de Fibra Ótica

A coexistência entre gasodutos e cabeamento de fibra ótica é recorrente na indústria de óleo e gás, principalmente pelo fato de alguns equipamentos serem operados de forma digital, necessitando da passagem de cabeamento de fibra ótica junto ao duto. Tecnologias mais recentes inclusive permitem o uso dos cabos de fibra ótica para monitorar intrusões na faixa do duto, vazamentos e trepidação excessiva da tubulação (APRC, 2016). Indica-se que nem todos os feixes instalados são utilizados pelos detentores das instalações, o que apresenta uma oportunidade para o uso dos feixes restantes para telecomunicações.

Com isso, esse paralelismo não gera interferência eletromagnética relevante que interponha desafios técnicos à operação de ambas as infraestruturas, embora os procedimentos para operação e manutenção de cada uma das estruturas devam ser adaptados caso utilizem equipamentos que possam gerar faíscas ou, de alguma forma, interferir na infraestrutura que não seja o objeto da campanha de manutenção.

Segundo o Departamento de Transporte dos Estados Unidos (US DOT, 1996), as principais questões a serem equacionadas no compartilhamento de faixa entre a fibra ótica e outras infraestruturas estão muito mais ligadas à distribuição de responsabilidades entre os agentes envolvidos, além das questões de segurança e atribuições legais no caso de acidentes. O acesso das equipes de manutenção deve ser assegurado dentro das regras de segurança da empresa detentora do terreno, uma vez que pode ser necessária a instalação de equipamentos repetidores, conexões, terminais e caixas de controle na faixa de servidão. Os procedimentos para autorização e regulação das atividades também devem ser analisados, uma vez que pode haver participação de mais de um governo estadual, além do âmbito federal que pode ter envolvimento no processo (US DOT, 1996).

Note-se que recentemente foi publicado o Decreto n 10.480/2020, que dispõe sobre medidas para estimular o desenvolvimento da infraestrutura de redes de telecomunicações e inclui gasodutos, oleodutos e outros dutos para a movimentação de hidrocarbonetos fluidos e de biocombustíveis dentre as obras de infraestrutura de interesse público deverão comportar a instalação de infraestrutura para redes de telecomunicações, nos termos do artigo 16 da Lei 13.116/2015, de modo que o compartilhamento das infraestruturas, neste caso, passa a ser uma questão relevante na estruturação dos projetos.

### 2.1.3. Paralelismo com Dutos

O compartilhamento de faixas de servidão entre estruturas metálicas, e principalmente entre dutos que possuem alta tensão de cisalhamento interna como gasodutos, oleodutos, etanoldutos, polidutos, minerodutos e dutos de água e esgoto, apresenta fatores técnicos principalmente no que toca à mitigação de sua corrosão e à redução do risco devido à probabilidade conjunta de incidentes nos projetos envolvidos.

Neste sentido as técnicas de proteção catódica, que já são aplicadas nos casos em que apenas um duto está presente na faixa, ganham especial atenção no âmbito do compartilhamento, uma vez que os sistemas de proteção catódica precisam ser projetados considerando todas as infraestruturas presentes na faixa (APRC, 2016). Tais sistemas devem ser ajustados e até mesmo reprojatados caso haja a entrada de novos dutos, uma vez que as tensões elétricas aplicadas podem ser nocivas aos

dutos caso sejam insuficientes - não sendo capazes de mitigar a corrosão - ou caso sejam excessivas – causando, por exemplo, a formação de bolsões de hidrogênio no metal.

No caso específico dos minerodutos, que transportam uma corrente formada por sólidos e líquidos, a questão da vibração deve ser levada em conta no projeto do próprio duto e também dos dutos que compartilhem faixa com o mesmo, e as características do solo devem ser analisadas e possivelmente adaptadas para que não ocorra o deslocamento das estruturas no interior da vala preenchida por sedimentos que não estejam devidamente compactados. Ameaças à integridade dos dutos a serem analisadas quanto ao solo podem incluir deslizamento, queda de rochas e outras movimentações relacionadas a chuvas e ao desgaste pela passagem de correntes de água pelo solo ao longo da vida útil dos projetos (IPT, 2018).

Já o compartilhamento com dutos de água, óleo, líquidos e outros gases é mais frequente, e há casos em que este compartilhamento é indicado pelos órgãos ambientais para que haja menos impacto ao meio ambiente quando da instalação de todos os projetos. Um caso ilustrativo é o da faixa que foi projetada para os dutos que ligariam o Polo GasLub Itaboraí (antigo COMPERJ), em Itaboraí/RJ, à REDUC, em Duque de Caxias/RJ, incluindo a instalação de 9 dutos paralelos que transportariam diversos produtos – gás natural, óleo cru, diesel, nafta, QAV, óleo combustível, GLP (ESTEIO, 2010).

Um estudo conduzido por membros da Associação Interestadual de Gás Natural dos Estados Unidos da América - INGAA levantou diretrizes a serem consideradas no projeto e na construção de dutos compartilhando faixas de servidão, ou na construção de dutos em faixas onde já existam infraestruturas subterrâneas instaladas. Entre os pontos de atenção levantados, podem ser citados (INGAA, 2008):

- a prevenção de danos é uma responsabilidade compartilhada por diversos agentes incluindo proprietários, locatários, operadores, serviços de atendimento de emergência, contratantes e contratados para obras, e todos aqueles que trabalham ou vivem nas vizinhanças das instalações;
- durante a seleção dos traçados, o projeto do corredor compartilhado deverá levar em conta a pesquisa de possíveis instalações já enterradas na faixa, além da análise das instalações de superfície adjacentes à mesma, além de avaliação quanto a áreas inundadas, cobertura vegetal, topografia, geologia;
- os agentes deverão estabelecer acordos sobre o distanciamento entre os projetos, sobre a instalação de cada projeto em separado ou em conjunto, e sobre a realização de atividades compartilhadas em pontos específicos da faixa;
- o sistema de proteção catódica deverá ser especificamente abordado nos acordos, levando em conta a coordenação entre as partes, assim como os sistemas de proteção catódica já existentes na faixa, além da localização de anodos, estações de teste, etc.;
- operadores de instalações existentes devem solicitar a marcação e a sinalização de suas instalações a cada 50 pés (equivalente a 15,24 m) sobre o solo, e podem disponibilizar um fiscal para acompanhar a instalação dos novos projetos na área aonde estiver ocorrendo a escavação;
- qualquer atividade a ser realizada na faixa deve ter prévia concordância do proprietário das instalações existentes, e escavadoras deverão ter seus dentes laterais removidos para evitar que atinjam os dutos existentes ao escavarem a nova vala dentro dos limites de distância mínima;

- após a construção serão relatados todos os eventos ocorridos, bem como as lições aprendidas, e deverão ser disponibilizados documentos As-Built<sup>2</sup> para que o operador das instalações existentes tenha acesso aos dados do novo duto no momento de futuras manutenções.

#### 2.1.4. Estimativa do Potencial de Redução de Custos

O compartilhamento de faixas entre gasodutos e outras infraestruturas tem o potencial de reduzir os custos totais de cada uma das obras. Caso a construção ocorra de forma conjunta, existe a possibilidade da contratação dos equipamentos e das atividades de Segurança, Meio Ambiente e Saúde (SMS) também de forma compartilhada. Mesmo que não sejam instaladas concomitantemente, ainda pode haver compartilhamento dos custos referentes a instalações que já tenham sido construídas no local pelo detentor da primeira infraestrutura. Em todos os casos, os custos de aquisição do terreno e de Construção e Montagem representam a principal economia de escopo advinda do compartilhamento, uma vez que seus custos serão alocados de forma distribuída entre os projetos, ou alocados em um dos projetos e reembolsados pelos outros na forma de um pagamento fixo, mensal ou anual.

Para a análise do potencial de redução do CAPEX no caso do compartilhamento da faixa de servidão, deve-se analisar o montante do custo de cada uma das infraestruturas relacionado a esta rubrica, procedendo-se então à distribuição deste valor entre as obras. No caso do aluguel de faixa, os valores poderiam ser considerados como custo operacional (OPEX), sendo incluídos como despesa no fluxo de caixa da nova infraestrutura e como receita no fluxo de caixa da infraestrutura original. Para a estimativa do aluguel pode ser usada por exemplo um percentual sobre o valor do terreno ou um definido na forma de uma métrica típica UFIR/km.ano.

Outras rubricas podem aumentar os custos advindos do compartilhamento de faixa, como os sistemas de proteção catódica que, conforme mencionado, deverão se tornar mais robustos para se ajustarem ao novo perfil das estruturas metálicas incluídas na faixa de servidão. Porém, mesmo este aumento absoluto em algumas rubricas de custos pode se refletir em um menor custo alocado em cada infraestrutura, quando da divisão da rubrica e dos reembolsos entre os proprietários das instalações. Além disso, a cooperação entre os órgãos responsáveis pela análise de aspectos ambientais, de patrimônio histórico, de defesa, entre outros (FERC, 2002) e o compartilhamento de faixas de servidão entre infraestruturas (FERC, 2012) vêm sendo cada vez mais indicados, devido a seu potencial para mitigar impactos nos corpos hídricos, reduzir custos e diminuir a necessidade de supressão da vegetação (que também têm custos associados).

## 2.2. Marco legal e regulatório

O marco legal e regulatório para compartilhamento de faixas de servidão de obras lineares no Brasil é composto principalmente pela Lei nº 9.472/1997 (BRASIL, 1997), além da Resolução conjunta ANEEL, ANATEL e ANP nº 01/1999 (ANEEL; ANATEL; ANP, 1999) e da Resolução ANP nº 42/2012 (ANP, 2012a), que a regulam. Segundo o artigo nº 73 da Lei nº 9.472/1997,

---

<sup>2</sup> Representações técnicas do projeto executado como plantas, seções e esquemas dos materiais e equipamentos contendo todos os detalhes implementados durante as etapas de construção e instalação.

Art. 73. As prestadoras de serviços de telecomunicações de interesse coletivo terão direito à utilização de postes, dutos, condutos e **servidões** pertencentes ou controlados por prestadora de serviços de telecomunicações **ou de outros serviços de interesse público**, de forma não discriminatória e a **preços e condições justos e razoáveis**.

Parágrafo único. Caberá ao órgão regulador do cessionário dos meios a serem utilizados definir as condições para adequado atendimento do disposto no caput.

(BRASIL, 1997; grifos nossos).

Já na Resolução conjunta ANEEL, ANATEL e ANP nº 01/1999, lemos que:

Art. 2º As diretrizes dispostas neste Regulamento aplicam-se ao compartilhamento de infra-estrutura associada ao objeto da outorga expedida pelo Poder Concedente, entre os seguintes agentes:

I - exploradores de serviços públicos de energia elétrica;

II - prestadores de serviços de telecomunicações de interesse coletivo; e

III - exploradores de serviços de transporte dutoviário de petróleo, seus derivados e **gás natural**. (...)

Art. 7º As infra-estruturas e os correspondentes itens passíveis de compartilhamento ficam divididos em três classes, da seguinte forma:

I - Classe 1 – **servidões administrativas**;

II - Classe 2 – dutos, condutos, postes e torres; e

III - Classe 3 – cabos metálicos, coaxiais e **fibras ópticas** não ativados.

(ANEEL; ANATEL; ANP, 1999; grifos nossos).

A Resolução ANP nº 42/2012 detalha as regras para compartilhamento de infraestruturas incluídas na Classe 1, ou seja, “servidões administrativas”, definindo os procedimentos para solicitação e determinando, entre outros itens, que:

Art. 10. **A solicitação de compartilhamento deverá ser feita formalmente por um representante legal do solicitante** e deverá conter as informações técnicas necessárias para a análise de sua viabilidade pelo detentor. (...)

Art. 12. O compartilhamento **só poderá ser negado por razões de limitação na capacidade, segurança, estabilidade, confiabilidade, violação de requisitos de engenharia** ou de cláusulas e condições emanadas pela ANP ou por outros órgãos, no âmbito de suas competências. (...)

Art. 20. Os preços a serem cobrados e demais condições comerciais, de que trata o inciso IV do artigo 19, podem ser **negociados livremente pelos agentes**, observados os princípios da **isonomia** e da **livre concorrência**.

(ANP, 2012a; grifos nossos).

Com base no marco legal e regulatório abordado, depreende-se que empreendedores que tenham interesse na construção de gasodutos podem analisar detalhadamente as faixas de servidão localizadas no traçado do projeto, aproveitando o paralelismo onde for possível visando à redução de custos e mitigação de impactos socioambientais. O compartilhamento da faixa de servidão será

negociado livremente pelos agentes, e os contratos deverão considerar condições justas e razoáveis, além de isonômicas e não discriminatórias.

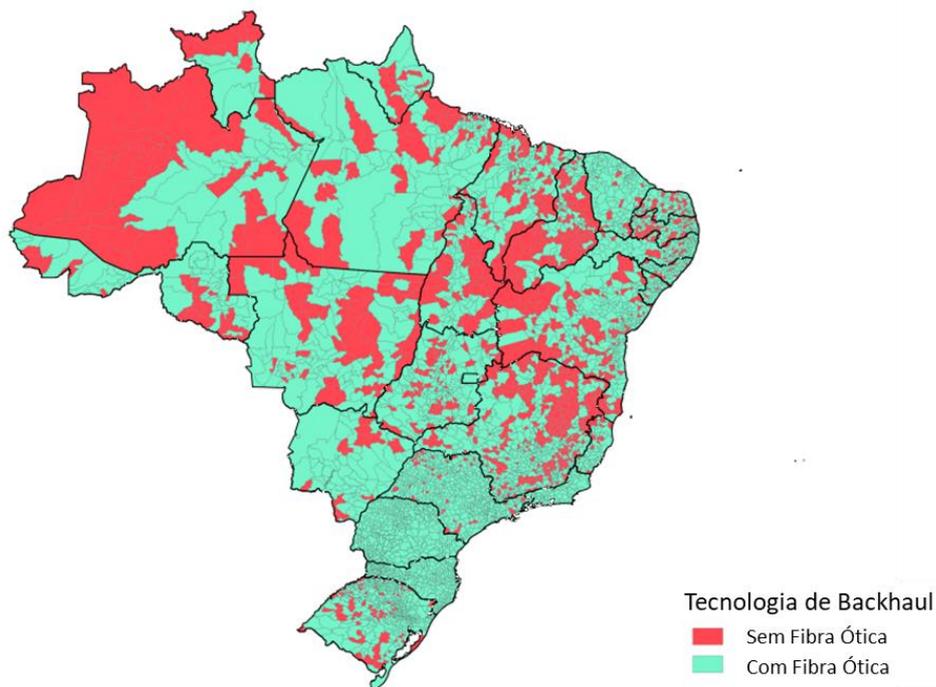
Cabe ressaltar que os projetos analisados no presente documento incorporam possibilidades de compartilhamento onde aplicável, frente às instalações existentes nas proximidades do traçado, sendo estas possibilidades comentadas ao longo da descrição dos projetos onde se aplicam.

### 2.3. Setores com possível integração

Conforme discutido anteriormente, o compartilhamento de faixas de servidão não apenas encontra excelente viabilidade no que concerne ao setor de telecomunicações, principalmente de fibra ótica, mas também passa a ser inserido no âmbito das obrigações normativas a serem consideradas pelos agentes econômicos com a publicação do Decreto n 10.480/2020.

O compartilhamento com gasodutos ganha especial atenção dado que estas instalações já incluem geralmente em seu escopo a passagem de feixes de fibra ótica, necessários para operação de válvulas e constituição do sistema de controle e automação, incluindo feixes sobressalentes que geralmente não são utilizados (APRC, 2016).

Quando se observam as informações acerca do atendimento ou não dos municípios brasileiros por infraestrutura de fibra ótica, pode ser observada uma concentração de municípios não atendidos nas Regiões Centro-Oeste e Norte, além de áreas no interior da Bahia, Norte de Minas Gerais e Interior do Rio Grande do Sul, conforme Figura 2.



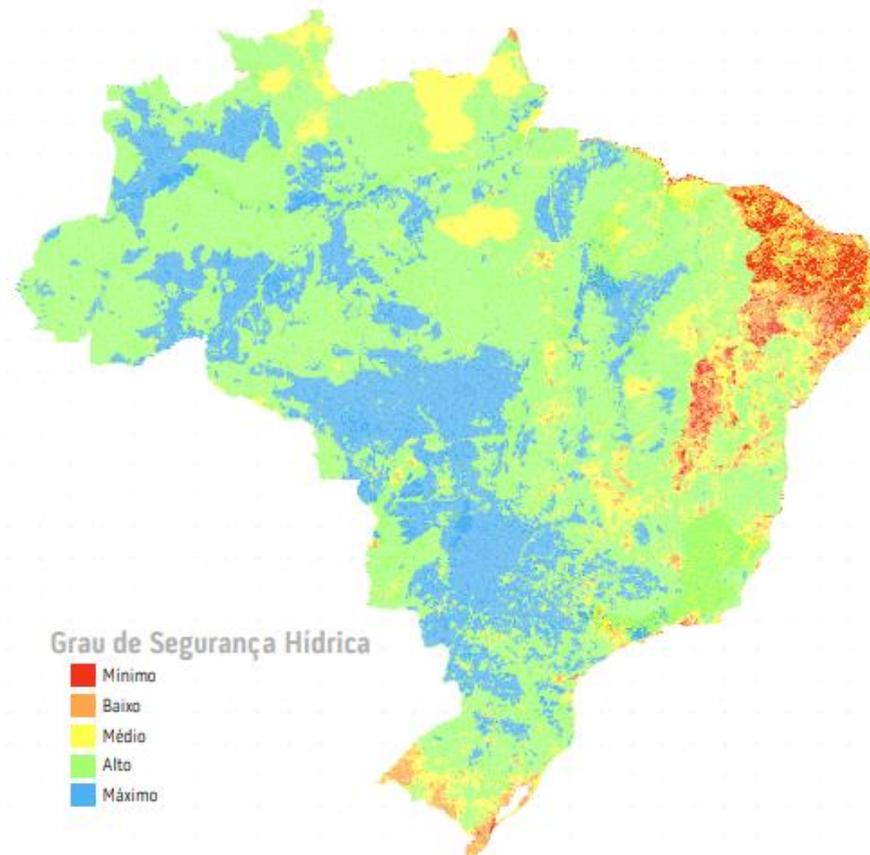
**Figura 2. Municípios com ou sem cabeamento de fibra ótica**

Fonte: ANATEL (2020a).

Nota: Backhaul representa a infraestrutura da rede de suporte para conexão em banda larga (ANATEL, 2020b)

Sendo assim, novos dutos que se dirijam a estas áreas poderiam estabelecer acordos junto a empresas de telecomunicações para a instalação conjunta de dutovias para fibra ótica, ou negociar o uso de seus feixes de fibra ótica não utilizados, dependendo dos parâmetros de custo e das previsões legais para tal que foram mencionadas anteriormente. Este compartilhamento poderia contribuir para aumentar a universalização do acesso à *internet* de alto fluxo de dados, além do estabelecimento de redes digitais com alta velocidade e segurança possibilitando uma maior eficiência na operação de empreendimentos nos setores energético e industrial, entre outros.

No que toca aos recursos hídricos do País, foi apresentado pelo Plano Nacional de Segurança Hídrica que as áreas com maior concentração humana e de atividade econômica são mais críticas em relação à questão da segurança hídrica. Adicionalmente, cabe destacar que as áreas que se encontram com segurança hídrica mínima ou baixa se encontram, majoritariamente no Nordeste, no interior da Bahia, e também no extremo Sul, conforme observado na Figura 3 (ANA, 2019).



**Figura 3. Grau de Segurança Hídrica previsto para 2035 no Plano Nacional de Segurança Hídrica**

Fonte: ANA (2019).

Esta preocupação poderia ser mitigada por estratégias conjuntas que permitissem uma melhor gestão das águas entre regiões superavitárias e deficitárias, incluindo por exemplo a instalação de tubulações para intercâmbio de fluxos, ajuste das autorizações para vazões de retirada por polos industriais, entre outras iniciativas. A gestão de águas também pode ser relacionada com a própria atividade de Exploração e Produção (E&P) *onshore*, principalmente em operações que tenham alto consumo hídrico, o que permitiria uma maior sustentabilidade e viabilidade no desenvolvimento de novos projetos de E&P caso as faixas de servidão para oleodutos, gasodutos e dutos de água sejam analisadas e projetadas em conjunto.

Com relação à integração entre modais dutoviários, além do compartilhamento de faixa em si, podem ser desenvolvidos projetos integrados considerando gasodutos, polidutos e outros modais, avaliando ainda a substituição de modais nos casos em que a infraestrutura existente se encontrar saturada. No Brasil, a maior parte da produção de combustíveis líquidos e de minérios é transportada por rodovias, ferrovias ou hidrovias (STUKART *et al*, 2018; MINFRA, 2018), concomitantemente ao transporte de pessoas e de outras cargas como grãos, gêneros alimentícios e produtos em geral. Com o crescimento da demanda por estes bens, ganha importância a análise de meios de transporte alternativos para os casos onde isso se mostre possível, e neste caso os polidutos (para transporte de combustíveis líquidos) e os minerodutos (para transporte de minérios) ganham especial atenção.

No caso das ferrovias existentes e planejadas, apresentadas na Figura 4, poderia ser analisado por exemplo o estabelecimento de rotas logísticas considerando estações intermediárias para troca de modal que permitam o uso da integração ferrovia-dutos em prol de maior eficiência e menores custos no transporte. O transporte de gás natural comprimido ou liquefeito também é possibilitado pelas ferrovias, embora haja questões regulatórias e aspectos técnicos ainda a serem considerados (REUTERS LEGAL, 2020).



**Figura 4. Mapa ferroviário do Brasil**  
 Fonte: ANTF (2020).

Caso sejam equacionadas as questões mencionadas, as ferrovias existentes poderiam auxiliar na interiorização do gás natural no Brasil para a criação de novos mercados e o atendimento a novas áreas. Porém, como indicado no caso das linhas de transmissão, pode não ser viável o compartilhamento de faixas entre gasodutos e linhas férreas por grandes extensões, dadas as questões de magnetismo e centelhamento envolvidas nestas estruturas.

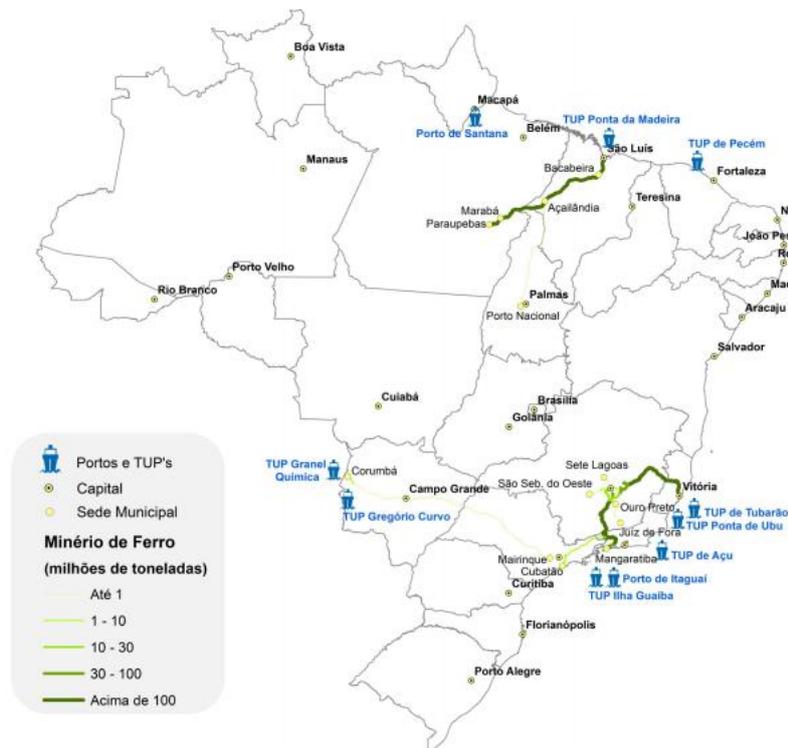
Sendo assim, percebe-se que o compartilhamento de faixas de servidão entre projetos de gasodutos, polidutos, dutos de água, fibra ótica, entre outros, pode apresentar grande economia de

escopo e permitir um menor custo global nas obras, além de mitigar impactos socioambientais e reduzir a extensão de área desmatada, barateando também a manutenção da faixa que será feita conjuntamente. Porém, para que tal compartilhamento ocorra, as questões técnicas e de segurança advindas do paralelismo com os dutos devem ser adequadamente endereçadas nos projetos de engenharia.

## 2.4. Corredores de interesse

De 2018 a 2020, o Ministério da Infraestrutura publicou diversos relatórios que compõem o Projeto Corredores Logísticos Estratégicos, apresentando análises sobre o fluxo de cargas no Brasil divididas pelo tipo de bens transportados. Neste sentido, dados os fatores comentados anteriormente sobre projetos com maior potencial de compartilhamento, são especialmente importantes para a questão do compartilhamento de corredores com gasodutos de transporte os relatórios “Corredores Logísticos Estratégicos: Petróleo e Combustíveis” (MINFRA, 2020) e “Corredores Logísticos Estratégicos: Complexo de Minério de Ferro” (MINFRA, 2018).

No que toca ao compartilhamento entre gasodutos e minerodutos, verifica-se que há oportunidades para a realização de estudos de viabilidade principalmente nos eixos Maranhão - Pará e Espírito Santo - Minas Gerais – Rio de Janeiro, conforme apresentado na Figura 5.

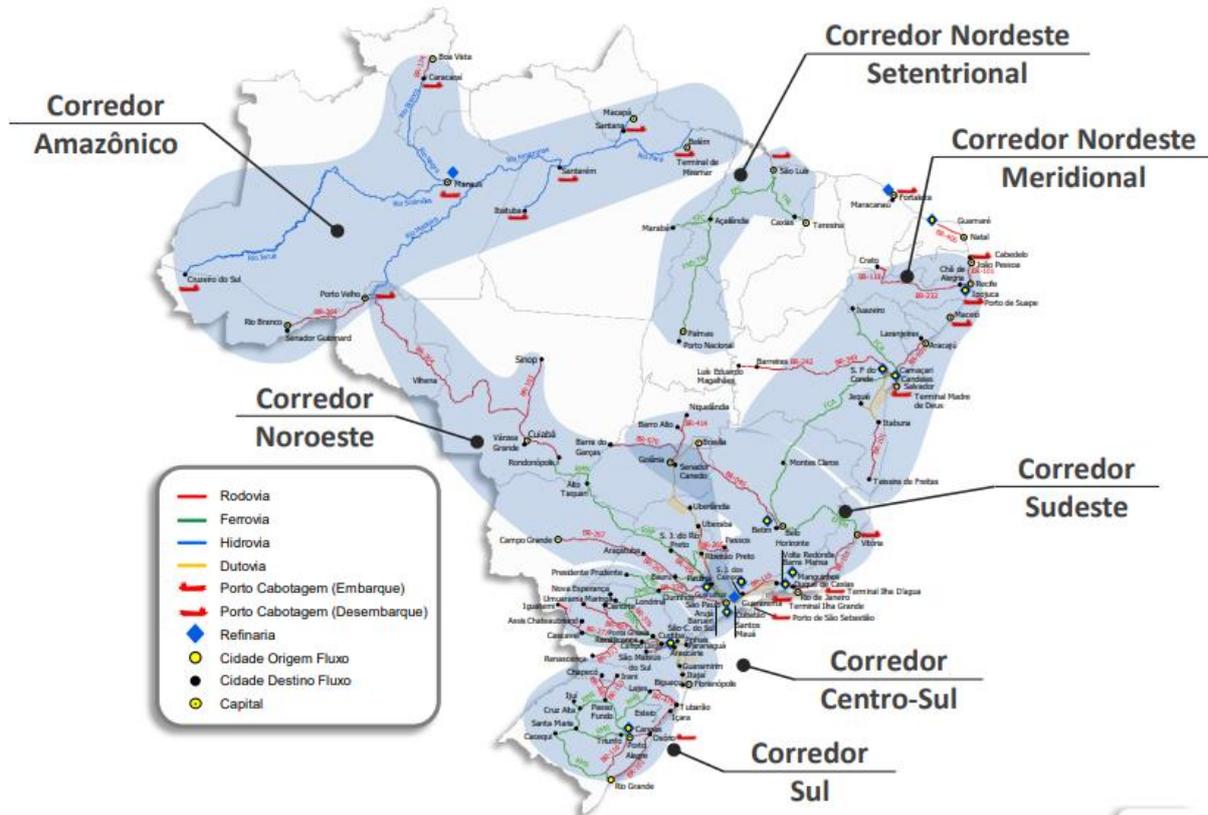


**Figura 5. Mapa de Movimentação nas Ferrovias – Minério de Ferro**  
Fonte: MINFRA (2018).

Ambos os eixos mencionados movimentam mais de 100 milhões de toneladas de minério de ferro por ano, destinados tanto ao mercado nacional quanto ao mercado externo. Além da possibilidade de estudos acerca de minerodutos que possam reduzir o valor do transporte do minério, hoje realizado por ferrovias, indica-se a possibilidade de estudos que analisem a demanda

de gás natural para o atendimento a polos siderúrgicos em atividades como a pelletização e possivelmente a redução direta.

Já no que toca a outros combustíveis, as oportunidades de compartilhamento de faixa entre gasodutos e polidutos são mais abrangentes, incluindo possíveis novos projetos para transporte de gasolina, óleo diesel, querosene de aviação, biodiesel e etanol em todo o País. A área de abrangência dos corredores logísticos é apresentada no estudo sobre petróleo e combustíveis do Ministério da Infraestrutura (MINFRA, 2020) e destacado na Figura 6 para o caso específico da gasolina e do diesel.



**Figura 6. Corredores Logísticos de Gasolina e Diesel**  
 Fonte: MINFRA (2020).

O estudo verificou a existência de 26 corredores logísticos para todos os combustíveis estudados, conforme a Tabela 1, sendo que alguns deles já seriam atendidos parcialmente por dutos, porém de forma geral sendo principalmente atendidos por transporte rodoviário, ferroviário e hidroviário. Além da extensão ainda incipiente dos dutos para transporte de combustíveis líquidos no País, verifica-se que as principais infraestruturas deste tipo se encontram próximas à saturação (EPE, 2019a).

**Tabela 1. Corredores Logísticos de Combustíveis**

<b>Gasolina e Diesel</b>	<b>Querosene de Aviação</b>	<b>Biodiesel</b>	<b>Etanol</b>
Noroeste	Amazônico	Noroeste	Noroeste
Amazônico	Norte	Norte	Norte
Nordeste Setentrional	Nordeste 1 - (CE/PI)	Nordeste	Nordeste
Nordeste Meridional	Nordeste 2 - (PE/PB/RN)	Sudeste	Sudeste
Sudeste	Nordeste 3 - (BA/SE/AL)	Sul	Sul
Centro-Sul	Sudeste	-	-
Sul	Centro-Oeste	-	-
-	Sul 1 - (PR/SC)	-	-
-	Sul 2 - (RS/SC/PR)	-	-

Fonte: MINFRA (2020).

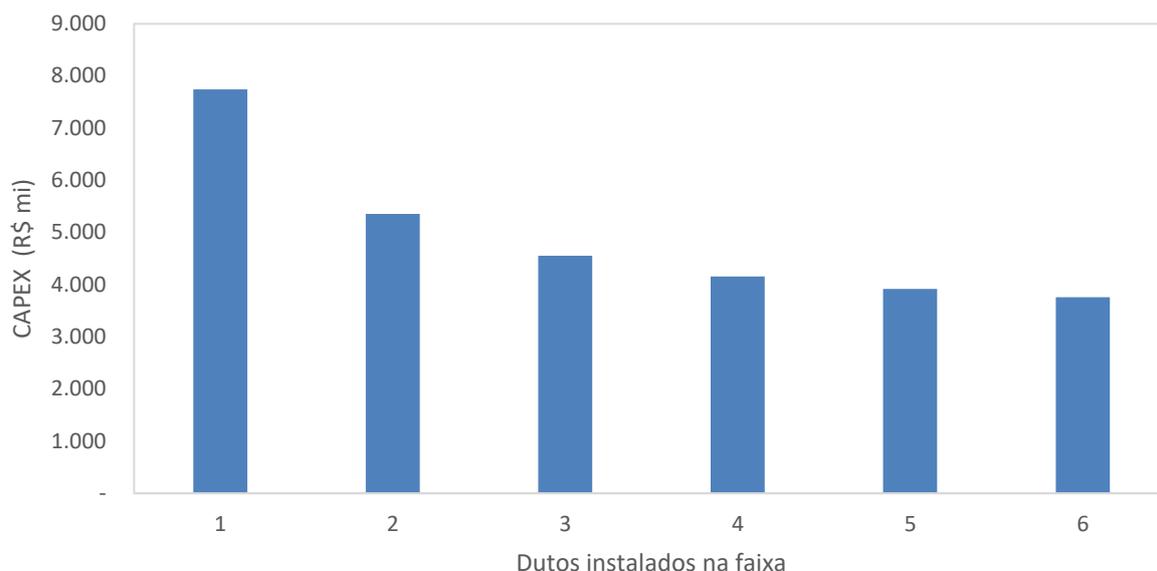
Neste sentido, projetos de oleodutos têm sido estudados propondo o transporte dutoviário como possível solução para reduzir os custos do transporte de combustíveis, aliviar a infraestrutura rodoviária e aumentar a segurança de suprimento frente a questões de impedimento das estradas como verificado recentemente para o diesel. Entre os exemplos de estudos que podem ser citados, encontram-se o Plano Indicativo de Oleodutos (PIO), em elaboração pela EPE (EPE, 2019a), o estudo realizado pela Loggi em parceria com o IBP indicando cerca de R\$ 12,3 bilhões de investimentos possíveis para logística de combustíveis (IBP, 2019) e o estudo de um etanolduto com cerca de 43 km em São Paulo apresentado pela Logum Logística (LOGUM, 2020).

## 2.5. Estudo de Caso: Brasil Central

Para analisar o potencial de economia de custos possibilitado pelo compartilhamento de faixas, foi realizado um estudo de caso levando em conta o projeto de gasoduto Brasil-Central, analisado no ciclo do PIG 2019 (EPE, 2019b). Primeiramente, os custos deste projeto foram atualizados da data-base de junho de 2019 para a data-base de junho de 2020; em seguida, os custos foram avaliados para dois casos: (i) sem compartilhamento de faixa, com o CAPEX do projeto abarcando o pagamento por todo o terreno que corresponde ao traçado e (ii) considerando o compartilhamento da faixa com um número variável de dutos (de 2 a 6 dutos).

Como premissa foi adotado que os custos compartilháveis do duto se referem às rubricas que têm relação com a compra e o preparo dos terrenos (envolvendo aquisição, indenização, etc). Os demais custos que se referem apenas ao projeto do gasoduto (tubulação, instalações complementares, etc) foram considerados como não compartilháveis, ou seja, não foram divididos entre os demais projetos. Neste sentido, 62% dos custos relativos ao Gasoduto Brasil Central são compartilháveis enquanto os demais 38% referem-se unicamente a este projeto, não podendo ser divididos com outros agentes.

Foram adotados, como parcela compartilhável, os custos de terreno, os de Construção e Montagem e os tributos e BDI relativos a estes elementos. Tais custos foram compartilhados visto que foi considerado o lançamento simultâneo de todos os dutos que compartilhariam a faixa de servidão deste projeto. Os resultados relativos a 6 casos de compartilhamento podem ser observados na Figura 7, a seguir.



**Figura 7. Investimento total do Gasoduto Brasil Central em relação a diferentes níveis de compartilhamento de faixa**

Fonte: Elaboração própria.

Nota: a data-base utilizada foi junho de 2020 e as estimativas foram baseadas na análise de projetos conceituais, com precisão de -20% a -50% e +30% de +100%.

Pode-se perceber que o compartilhamento da faixa possibilita uma redução dos custos do CAPEX ao dividir alguns custos com os demais projetos instalados na mesma faixa. Outro ponto que convém mencionar é que a redução dos custos é proporcionalmente mais significativa quando há um menor número de dutos. No estudo de caso apresentado a redução foi significativa até um compartilhamento com outros três dutos, ou seja, até quatro dutos na mesma faixa conforme podem ser observados na Tabela 2. Percebeu-se uma redução de 31% dos custos ao dividir a faixa de servidão do Gasoduto Brasil Central com mais um projeto. Por outro lado, a redução adicional foi de apenas 20% ao compartilhar a faixa com 5 outros projetos.

**Tabela 2. Quantidade de dutos na faixa de servidão, CAPEX e redução de custos devido ao compartilhamento**

Quantidade de dutos na faixa	CAPEX (R\$ mi)	Redução de custos
1 duto	7.746	0%
2 dutos	5.354	31%
3 dutos	4.556	41%
4 dutos	4.158	46%
5 dutos	3.919	49%
6 dutos	3.759	51%

Fonte: Elaboração própria.

Nota: a data-base utilizada foi junho de 2020 e as estimativas foram baseadas na análise de projetos conceituais, com precisão de -20% a -50% e +30% de +100%.

Percebe-se, pela Tabela 2 e pela Figura 7, a caracterização de um platô nos valores de CAPEX, a medida que aumenta o número de dutos na mesma faixa de servidão. Isto torna os custos não compartilháveis mais significativos, aumentando sua influência no custo total.

Assim, pode-se perceber um comportamento assintótico tendendo ao valor de R\$ 3,5 bilhões, correspondente ao limite da economia de escopo ao aumentar a quantidade de dutos na faixa. Com isso, para o estudo de caso do gasoduto Brasil Central a partir de cinco dutos na mesma faixa o CAPEX se mostra praticamente constante.

No que toca aos projetos que poderiam compartilhar faixa com o gasoduto Brasil Central, pela análise da infraestrutura apresentada anteriormente, verifica-se possibilidade de construção de um poliduto para transporte de combustíveis líquidos, substituindo o modal rodoviário e atendendo a um trecho do corredor logístico “Centro-Sul” indicado pelo Ministério da Infraestrutura. Com base no mapa apresentado pela ANATEL, há ainda a possibilidade de conexão de fibra ótica dos municípios a Oeste de Uberaba/MG que ainda não possuem infraestrutura para tal, caso o projeto do cabeamento compartilhe faixa com o gasoduto Brasil Central ou caso a detentora do futuro gasoduto ofereça a outras empresas a capacidade disponível em seus feixes de fibra ótica. Como mencionado anteriormente, porém, tais compartilhamentos dependerão de avaliações técnico-econômicas detalhadas e devem observar o marco regulatório vigente.

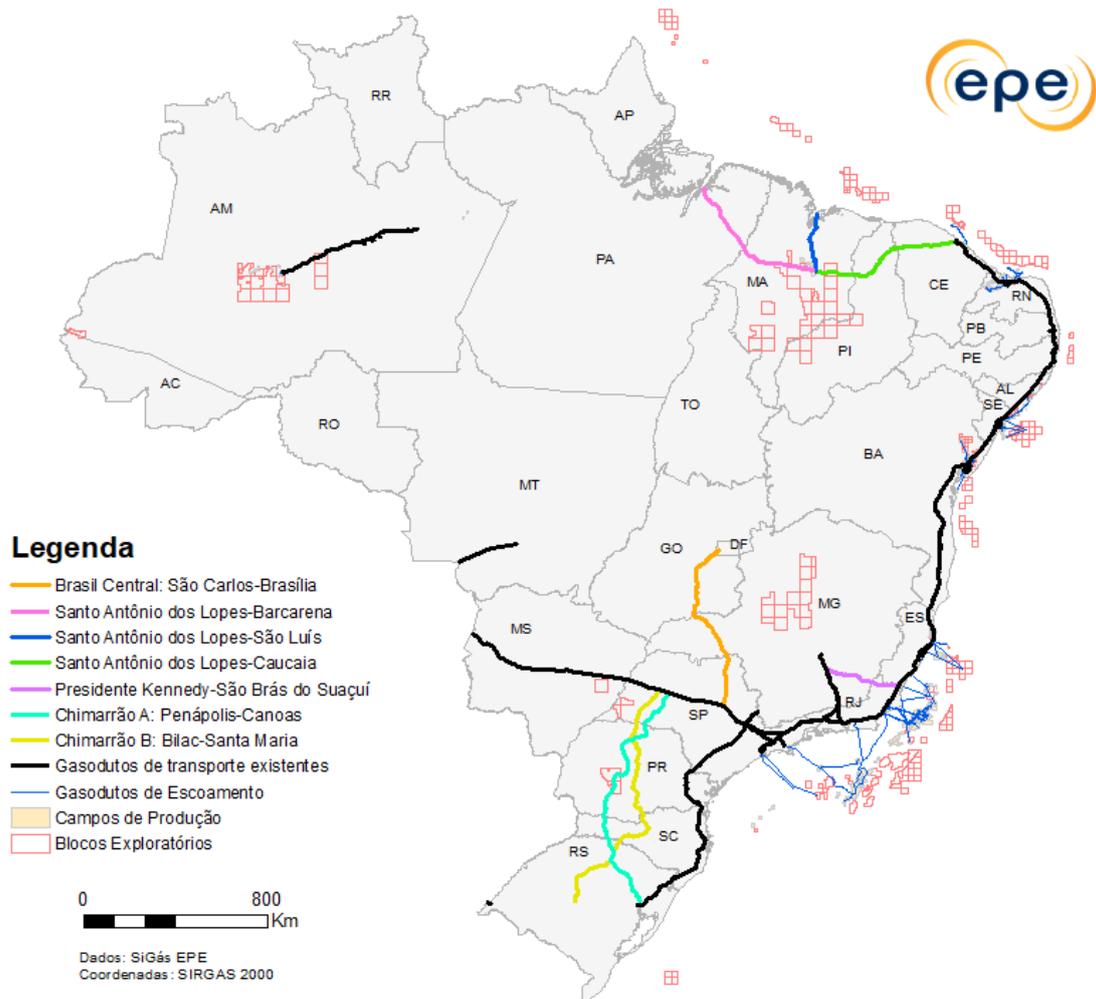
### 3. Detalhamento de Gasodutos de Transporte Indicativos

---

No ciclo de estudos atual, primeiramente buscou-se avaliar a viabilidade de gasodutos de transporte cujos conceitos iniciais são oriundos das autorizações da ANP prévias à publicação da Lei do Gás (Lei 11.909 de 2009). Esses gasodutos autorizados não foram construídos até o momento, mas suas premissas serviram de arcabouço para a proposição de ideias de expansão da malha dutoviária. Destaca-se que embora estas autorizações tenham orientado o trajeto a ser percorrido pelo gás natural, foram necessárias alterações no traçado final, elaborado pela EPE neste ciclo, em função das novas considerações de oferta e demanda potencial de gás natural.

No PIG 2020 são também detalhados gasodutos já estudados anteriormente pela EPE como o gasoduto Penápolis/SP – Uruguaiana/RS (Chimarrão) e suas variações e o gasoduto Santo Antônio dos Lopes/MA – Barcarena/PA, analisados no Plano Decenal de Expansão da Malha Dutoviária - PEMAT 2022 (EPE, 2014). Ambos foram reavaliados considerando novos traçados baseados em estudos recentes de demanda de gás natural, como aqueles elaborados pelas Companhias Distribuidoras Locais (CDLs) de gás natural e pelo BNDES (2020), além de análises georreferenciadas da EPE acerca dos potenciais polos consumidores.

Cabe ressaltar que alguns dos gasodutos analisados buscam aumentar a integração da indústria de gás natural e disponibilizar este energético a novos mercados consumidores, com ênfase na interligação de novas capitais à malha de gasodutos de transporte. Com este propósito, pode-se citar o Gasoduto Santo Antônio dos Lopes/MA – Caucaia/CE que passa por Teresina, o Gasoduto Santo Antônio dos Lopes/MA – São Luís/MA que transporta gás até a capital maranhense São Luís e o Gasoduto Santo Antônio dos Lopes/MA – Barcarena/PA, que está perto da região metropolitana da capital Belém. Além destes, foi analisado também o Gasoduto Presidente Kennedy/ES – São Brás do Suaçuí/MG que poderia ser uma alternativa para interiorizar o uso do gás natural na região leste de Minas Gerais. Na Figura 8 são apresentados os projetos de gasodutos de transporte estudados no ciclo do PIG 2020.



**Figura 8. Mapa de localização das alternativas estudadas de gasodutos de transporte.**  
 Fonte: Elaboração própria EPE.

A escolha do município de Santo Antônio dos Lopes/MA como ponto focal de três alternativas de gasodutos se deve a existência de infraestrutura de gás natural associada ao Complexo Termelétrico Parnaíba, cuja operação atual ou futura pode se beneficiar dos cenários estudados. Ademais, o potencial de produção dos campos de gás natural, no entorno deste município, e o potencial exploratório da Bacia do Parnaíba poderiam atender as demandas potenciais estimadas nos estados estudados. Além disso, os traçados propostos no PIG 2020 passam por projetos de terminais de GNL tanto em desenvolvimento (Barcarena/PA) quanto em estudo (São Luís/MA). Devido a estas considerações, os três dutos conectados ao município de Santo Antônio dos Lopes foram considerados bidirecionais.

A possibilidade da coexistência dos terminais de GNL em Barcarena e São Luís pode tornar as alternativas de gasodutos estudadas mutuamente excludentes a depender das características de cada projeto, uma vez que o GNL proveniente do Terminal de Barcarena poderia abastecer São Luís ou o GNL proveniente do Terminal em São Luís poderia abastecer Barcarena. Estes cenários, no entanto, requerem uma maior definição da quantidade e dimensão dos terminais de GNL a serem instalados na região, o que resultará em redimensionamento dos próprios gasodutos, os quais deverão transportar maiores volumes de gás natural visto que os gasodutos foram dimensionados considerando uma oferta de GNL em uma de suas extremidades.

Por fim, é importante destacar que as demandas utilizadas para dimensionamento dos dutos deste estudo foram estimadas considerando alternativas de crescimento do consumo, seja por novas demandas ou por substituição de outros energéticos por gás natural. Esta diferença entre os volumes estimados pela EPE para este estudo e pelo BNDES (2020) e o efetivamente utilizado para dimensionamento permite acomodar eventuais crescimentos, assim como possibilita o escalonamento das infraestruturas, tais como a instalação de estações de compressão.

Para cada alternativa de traçado foram avaliadas as principais características físicas e socioambientais destacando-se, sobretudo, aquelas com maior possibilidade de impactar as estimativas de custos de Construção e Montagem. As análises de traçado foram baseadas em imagens de satélite públicas disponíveis no programa Google Earth® da empresa Google. Além disso, foram utilizados dados georreferenciados, também públicos, provenientes das bases de dados do IBGE (IBGE, 2016), do CPRM, da FUNAI, do INCRA e da ANA, entre outros.

Posteriormente, os traçados foram analisados mais detalhadamente em termos de aspectos sociais e ambientais, como: áreas indígenas, assentamentos, áreas quilombolas, áreas de preservação ambiental e áreas com interesse arqueológico, entre outros. Após esta análise detalhada, foram realizadas mudanças pontuais no traçado para minimizar os impactos socioambientais, além de serem feitas recomendações técnicas sobre tais aspectos.

Cabe destacar que não foram realizados, no âmbito deste estudo, trabalhos de campo, investigações geotécnicas para caracterização do material a ser escavado, aerolevantamentos, levantamentos batimétricos, estudos de análise de riscos e visitas técnicas aos locais atravessados pelas propostas de traçados, uma vez que o presente trabalho se constitui em um estudo a nível de planejamento conceitual de longo prazo. Sendo assim, os detalhamentos construtivos e socioambientais de cada alternativa deverão ser realizados em etapas posteriores relacionadas ao licenciamento ambiental, ao projeto básico e ao projeto executivo.

Tais detalhamentos nos estudos têm grande importância no âmbito dos Estudos de Viabilidade Técnico-Econômica e Socioambiental - EVTEA de cada projeto e farão parte do escopo das fases seguintes, sendo as empresas interessadas na implementação dos empreendimentos responsáveis pela sua realização. Além disso, as empresas que forem construir e/ou operar cada projeto de gasoduto futuramente também deverão ser responsáveis pela manifestação de interesse junto aos órgãos governamentais competentes pelas respectivas autorizações e consultas técnicas, tais como as prefeituras e os governos estaduais, os órgãos ambientais, a FUNAI, o IPHAN, o ICMBio, o INCRA, o DNIT, a ANA, a ANP, a ANTAQ e a Marinha, entre outros.

As propostas de traçados foram elaboradas, inicialmente, com base em dados técnicos compilados pela EPE, além de observações gerais sobre as áreas a serem atravessadas e sobre o relevo. Foram analisados os fatores de dificuldade, tais como: o tipo de relevo, as quantidades de travessias de rios e de cruzamentos de estradas, rodovias, etc., a maior ou menor possibilidade de existência de rochas a partir de cartas geológicas e a possível existência de áreas alagadiças. As cartas geológicas em escala regional serviram de base para uma avaliação expedita das possíveis dificuldades de escavação da vala. Posteriormente, deve ser elaborado um mapeamento geológico-geotécnico com maior detalhe e com a caracterização de solos e de rochas, a fim de estimar, com maior grau de confiabilidade, o seu comportamento mecânico.

No caso dos aspectos construtivos para obras especiais, optou-se pela adoção dos métodos típicos mais utilizados na indústria, mas entende-se que a decisão final sobre a necessidade de furos direcionais, por exemplo, será realizada posteriormente após as discussões entre o empreendedor e os demais agentes interessados na obra e dependerá dos resultados dos estudos de detalhamento.

Os projetos executivos de travessias e de cruzamentos devem atender aos requisitos das normas técnicas, das boas práticas de Engenharia e as orientações dos órgãos responsáveis pela operação e/ou regulamentação do local atravessado. Ademais, deverão ser realizados todos os estudos geológicos, hidrológicos, de perfil de erosão, levantamentos batimétricos e outros considerados necessários para a elaboração dos projetos executivos de travessias e de cruzamentos.

Entre as principais normas técnicas e regulamentos consultados nessa fase dos estudos do PIG, citam-se: ABNT NBR 12712:2002; ABNT NBR 15280-2:2016, ABNT NBR 8036:1983, ASME B 16.5, ASME B 31.8 e o Regulamento Técnico de Dutos Terrestres - RTDT (ANP, 2011). As demais normas e as práticas recomendadas de Engenharia deverão ser pesquisadas e seguidas pelas empresas responsáveis pela execução, manutenção e operação de cada empreendimento.

No presente estudo, os custos dos gasodutos de transporte foram estimados utilizando o Sistema de Avaliação de Custos de Gasodutos de Transporte – SAGAS, ferramenta desenvolvida pela EPE, que conta com bases de dados de custos para empreendimentos dutoviários. Assim, o custo total de cada alternativa foi estimado considerando os seguintes grupos de custos diretos e indiretos:

1. Tubulação (custo direto): inclui aquisição da tubulação, seu revestimento, e frete até o local da obra;
2. Componentes (custo direto): inclui a aquisição e a Construção e Montagem de válvulas, lançadores e recebedores para dispositivos de limpeza e inspeção (“pigs”) e sistema de proteção catódica;
3. Construção & Montagem (custo direto): inclui a preparação da faixa, a construção e a montagem do gasoduto, as travessias por cavalete, o comissionamento do gasoduto e o serviço de trepanação em dutos existentes, caso seja necessário. Também inclui os custos de administração de mobilização/desmobilização e implantação do canteiro de obras;
4. Instalações Complementares (custo direto): inclui a aquisição e a Construção e Montagem das estações de medição e estações de interconexão, bem como os materiais e serviços para supervisão e controle destas instalações, que serão conectados posteriormente ao sistema SCADA do gasoduto;
5. Sistemas de Supervisão e Controle, Comunicação e Detecção de Vazamentos (custo direto): inclui materiais e serviços do sistema SCADA e dos outros sistemas necessários para operação do gasoduto e das válvulas;
6. Terrenos (custo direto): inclui a faixa de servidão de gasodutos construídos em faixa nova, bem como terrenos para instalações complementares e válvulas; nos casos em que há compartilhamento da faixa de servidão, o custo do aluguel dos terrenos foi considerado como OPEX;
7. Projeto de Engenharia, Compensação e Licenciamento Ambiental (custo indireto): inclui os custos com estudos de viabilidade, projeto básico, projeto executivo e *as built*;
8. BDI – Benefícios e Despesas Indiretas (custo indireto): inclui os custos com a administração central da obra, equipe especializada para compra de equipamentos e materiais, além de contratação de serviços, consultoria jurídica e outras atividades relacionadas ao gerenciamento do projeto; e
9. Contingências (custo indireto): parcela de custo provisionada para despesas com ajustes nas quantidades, variações de preços entre o momento da estimativa e o pagamento dos materiais e serviços, entre outras incertezas cuja ocorrência já é esperada em um projeto deste tipo.

As estimativas de custos foram realizadas considerando como data-base o mês de junho de 2019, e têm um nível de detalhamento compatível com o de projetos conceituais para escolha de alternativas, com margem de precisão de -20% a -50% e de +30% a +100%, conforme AACEI (2011).

### 3.1. Gasodutos Penápolis-Canoas e Bilac-Santa Maria (Chimarrão A e B)

O projeto de gasoduto denominado “Gasoduto do Chimarrão” consiste em uma nova infraestrutura de transporte de gás natural com o objetivo de atender a áreas ainda sem fornecimento de gás natural no interior do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. O traçado desta alternativa é apresentado na Figura 9.



**Figura 9. Mapa de localização dos gasodutos Chimarrão A e B.**

Fonte: Elaboração própria EPE.

Este projeto já foi analisado de forma simplificada no PEMAT 2022 (EPE, 2014) e contrastado com a opção de ampliação do GASBOL por meio de *loops* e alterações nas estações de compressão ao longo de seu trecho Sul, levando a 5 alternativas de ampliação que constam do anexo daquele estudo. No ciclo do PIG 2020, o Gasoduto do Chimarrão será analisado de forma detalhada, por meio de duas alternativas: o Gasoduto Penápolis/SP – Canoas/RS (doravante denominado Alternativa A) e o Gasoduto Bilac/SP – Santa Maria/RS (doravante denominado Alternativa B).

Estas duas alternativas foram construídas com base em informações recebidas das CDLs da Região Sul e nas estimativas de demanda potencial analisadas pela EPE para este estudo e em estudo do BNDES (2020), considerando o potencial de substituição de outros combustíveis por gás natural e o crescimento do mercado industrial nos principais setores analisados. Ambas as alternativas atendem aos três estados da Região Sul do Brasil, porém passando por municípios distintos. Caso um dos projetos de gasodutos de transporte venha a ser construído, as demandas vislumbradas na outra alternativa poderiam ser atendidas por meio de gasodutos de distribuição.

### 3.1.1. Resumo dos traçados

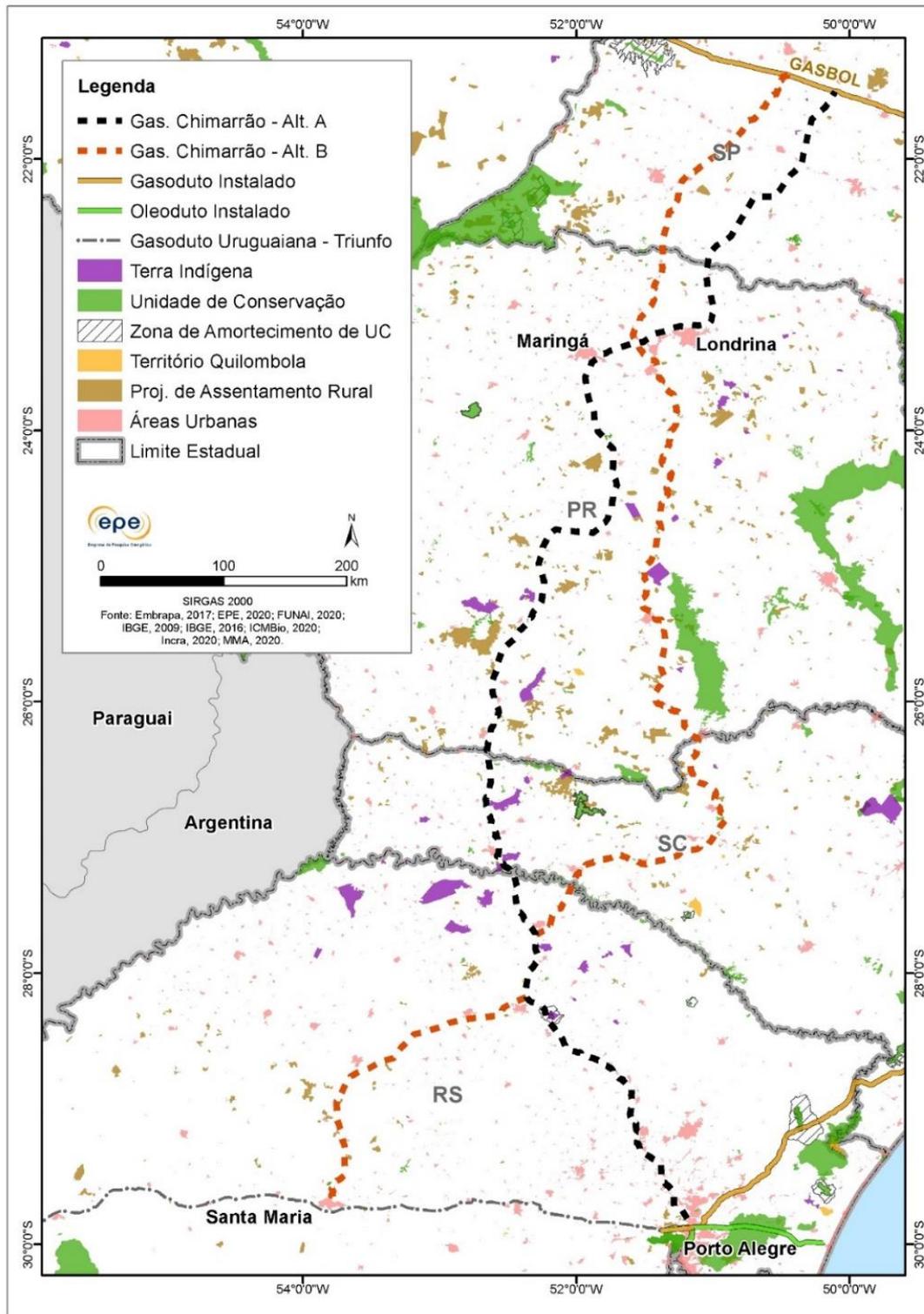
O traçado estabelecido para o a Alternativa A possui 1.168 km e atravessa 86 municípios, sendo 12 em São Paulo, 30 no Paraná, 12 em Santa Catarina e 32 no Rio Grande do Sul. Já o traçado definido para a Alternativa B possui 1.237 km e atravessa 69 municípios, sendo 9 em São Paulo, 23 no Paraná, 14 em Santa Catarina e 23 no Rio Grande do Sul.

A definição das diretrizes para as duas alternativas considerou a otimização de aspectos topográficos, a proximidade com potenciais pontos de entrega do gás, rodovias e acessos, minimização de interferências em formações florestais e Áreas de Preservação Permanente (APPs) de cursos d'água, além de desvios de unidades de conservação, terras indígenas, territórios quilombolas, assentamentos rurais, benfeitorias rurais e edificações em geral, reservatórios, processos minerários em fase de concessão de lavra, relevos acidentados, áreas urbanas e de expansão.

Ambos os traçados atravessam regiões com bom acesso viário, com presença de diversas estradas federais e estaduais (BR-158, BR-377, BR-285, BR-470, BR-153, RS-122, RS-342, SC-482, SC-355, SP-483, SP-421, dentre outras), o que facilitará a logística durante a fase de construção do empreendimento.

### 3.1.2. Análise socioambiental e dificuldades construtivas

Conforme a base de dados consultada, não há interferência dos traçados em unidades de conservação, terras indígenas, territórios quilombolas ou projetos de assentamento rural, conforme apresentado na Figura 10. Cabe mencionar que o traçado da Alternativa A intercepta trecho da zona de amortecimento da Floresta Nacional de Passo Fundo, unidade de conservação federal de uso sustentável situada em Mato Castalhão/RS.



**Figura 10. Áreas de relevância socioambiental na região do gasoduto Chimarrão**

Fonte: Elaboração Própria EPE

Importa ainda destacar que algumas terras indígenas se situam a menos de 3 km dos traçados propostos, o que poderá demandar a elaboração de Estudos do Componente Indígena (ECIs) durante o licenciamento do empreendimento, conforme determina a Portaria Interministerial nº 060, de 24 de março de 2015 (IPHAN, 2015). A Tabela 3 a seguir apresenta a relação das terras indígenas localizadas nas proximidades dos traçados.

**Tabela 3. Terras indígenas (TI) situadas a menos de 3 km dos traçados**

Alternativa	Nome da TI	Município / Estado	Distância da TI em relação ao traçado (km)
A	Mato Castelhana	Mato Castelhana/RS	0,8
	Marrecas	Turvo e Guarapuava/PR	0,7
A / B	Ventarra	Erebango/RS	0,7
B	Aldeia Kondá	Chapecó/SC	1
	Toldo Chimbangue		0,5
	Toldo Chimbangue II		2,2
	Toldo Pinhal		2
	Xapecó	Abelardo Luz e Entre Rios/SC	1

Fonte: Elaboração Própria EPE.

Os traçados percorrem regiões de contexto de uso do solo muito semelhantes. Ambos partem do oeste do estado de São Paulo, em região com presença de amplas áreas de pastagens com poucos fragmentos de vegetação nativa. No entorno do rio Paranapanema há grandes áreas de agricultura. As diretrizes propostas cruzam o rio Paranapanema no limite dos estados de Paraná e São Paulo. A Alternativa A passa a montante da Usina Hidrelétrica de Capivara, o que implica travessia importante pelo reservatório. Já a Alternativa B está localizada a jusante da Usina e, sendo assim, a travessia é de menor extensão. No tocante a massas d'água, ambos os traçados realizam quatro travessias de reservatórios.

No estado do Paraná, o uso do solo é caracterizado pela existência de grandes áreas de produção agrícola produtoras de soja e milho, pequenas extensões de pastagens e alguns fragmentos de Mata Atlântica. É importante destacar que na região norte do estado do Paraná, ambos os traçados passam no corredor de expansão urbana formado pelas cidades de Maringá, Londrina e municípios adjacentes.

Em Santa Catarina, ambas as alternativas seguem por áreas caracterizadas pela presença de pequenas propriedades localizadas em região de relevo ondulado a acidentado. Entretanto, no traçado da Alternativa A há grandes extensões com presença de culturas anuais e nota-se poucos fragmentos florestais. A Alternativa B, por sua vez, passa por regiões com grandes fragmentos de vegetação e extensas áreas de silvicultura.

Na Serra Gaúcha, os traçados cruzam áreas caracterizadas pela presença de grandes fragmentos de Mata Atlântica, silvicultura e pequenas propriedades agrícolas com culturas perenes. No Planalto da região norte do Rio Grande do Sul, as diretrizes passam por região com predomínio de propriedades com cultivo de soja. A Alternativa A termina na Região Metropolitana de Porto Alegre, no município de Canoas, onde pode-se notar vetores de expansão urbana em meio a fragmentos de vegetação, pastagens, área de culturas não perenes e trechos com áreas alagadas. Já o segmento final da Alternativa B, por atravessar a região central do estado, cruza grandes áreas de pastagens e de cultivo de soja e milho, com menor presença de fragmentos florestais.

Os traçados atravessam predominantemente relevos de colinas, planaltos, morros e serras baixas (CPRM, 2002). Há trechos com topografia mais acidentada referentes a vales encaixados e escarpas serranas, em que os traçados procuraram otimizar os aspectos topográficos, evitando rupturas de declive mais relevantes, como escarpas de falha ou de chapadas, ravinas naturais, cânions e topos de morros mais aguçados. Esses trechos são mais expressivos no traçado A em

relação à alternativa B, já que a alternativa A atravessa a Serra Gaúcha, e pode representar maior complexidade construtiva. Há ainda no traçado A, uma travessia relevante em área de depósitos de sedimentos inconsolidados entre os municípios de Sapucaia do Sul e Portão (Rio Grande do Sul) que sinalizam complexidade geotécnica.

O traçado da Alternativa A interfere em 38 processos minerários em fase de concessão de lavra (1), requerimento de lavra (4), autorização de pesquisa (17), requerimento de pesquisa (4), licenciamento (7), requerimento e registro de extração (5), envolvendo substâncias como areia (5), antracito (1), água mineral (3), argila (13), basalto (4), carvão mineral (1), cascalho (1), Diabásio (1), Linhito (1), sapropelito (1), Turfa (1) minério de cobre (1) e saibro (5).

Já o traçado da Alternativa B interfere em 24 processos minerários em fase de autorização de pesquisa (19), requerimento de lavra (3), requerimento de pesquisa (2), envolvendo substâncias como areia (10), arenito (2), argila (4), basalto (6), cascalho (1) e minério de ouro (1). Importante mencionar que nesses casos em que não houve possibilidade de desvio, os traçados foram desenvolvidos com vistas a minimizar as respectivas interferências.

Os traçados cruzam com número significativo de linhas de transmissão (LTs) de alta tensão ( $\geq 238$  kV). A alternativa A intercepta 46 LTs em operação e 14 traçados de LTs planejadas. A alternativa B cruza com 35 LTs em operação, além de nove diretrizes de LTs planejadas. Em razão do número elevado de interferências em LTs, o empreendedor que irá construir o gasoduto deverá observar os critérios de cruzamento junto às transmissoras, além de avaliar questões relacionadas a paralelismo com as linhas e eventuais soluções de engenharia de forma a mitigar processos corrosivos relacionados a indução eletromagnética.

Destaca-se ainda que ambas as alternativas interceptam ferrovias ao longo de suas extensões, devendo o empreendedor do gasoduto avaliar as condicionantes específicas para realização dos cruzamentos.

### 3.1.3. Dimensionamento Termofluido-hidráulico

Os Gasodutos Chimarrão A e Chimarrão B foram estudados a fim de alcançar áreas sem suprimento de gás natural. Ambos os dutos iniciam com pontos de injeção de gás no Gasoduto Bolívia-Brasil (Gasbol). Além de suprimento de gás através do Gasbol, seria possível, futuramente, uma injeção de gás argentino através de interligação com o duto autorizado Uruguaiana – Porto Alegre Trecho 2. Ambos as alternativas para o gasoduto Chimarrão foram projetadas para uma demanda de 8 milhões de  $m^3$ /dia ao longo do traçado. A localização dos pontos de entrega foi determinada através dos municípios com maiores demandas, segundo as avaliações de potencial de substituição de fontes realizadas pela EPE e pelo estudo de demanda de gás no Brasil do BNDES (2020). Foi utilizado também um raio de influência de 50 km para determinação das demandas, considerando então que até esta distância do duto ainda seria uma região abastecida de gás natural pelo Chimarrão, devido à presença de dutos de distribuição que atenderiam estas demandas.

O gasoduto Chimarrão A inicia no município de Penápolis/SP e termina em Canoas/RS. Ao longo do traçado foram considerados 9 pontos de entrega, sendo eles Penápolis/SP (0,5 milhão de  $m^3$ /dia), Londrina/PR (1,5 milhão de  $m^3$ /dia), Maringá/PR (0,5 milhão de  $m^3$ /dia), Pato Branco/PR (0,5 milhão de  $m^3$ /dia), Chapecó/SC (1,5 milhão de  $m^3$ /dia), Erechim/SC (0,5 milhão de  $m^3$ /dia), Passo Fundo/RS (1,0 milhão de  $m^3$ /dia), Garibaldi/RS (0,5 milhão de  $m^3$ /dia) e Canoas/RS (1,5 milhão de  $m^3$ /dia).

O dimensionamento do gasoduto foi realizado através de simulações termofluido-hidráulicas, resultando em um duto com 20 polegadas empregando 2 estações de compressão: uma no município de Ibiporã/PR e outra no município de Laranjeiras do Sul/PR.

O gasoduto Chimarrão B inicia no município de Bilac/SP e termina no município de Santa Maria/RS. Ao longo do traçado foram considerados 10 pontos de entrega, sendo eles Bilac/SP (1,0 milhão de m<sup>3</sup>/dia), Indiana/SP (0,5 milhão de m<sup>3</sup>/dia), Rolândia/PR (1,0 milhão de m<sup>3</sup>/dia), Apucarana/PR (0,5 milhão de m<sup>3</sup>/dia), Guarapuava/PR (0,5 milhão de m<sup>3</sup>/dia), Videira/SC (0,5 milhão de m<sup>3</sup>/dia), Joaçaba/SC (1,5 milhão de m<sup>3</sup>/dia), Passo Fundo/RS (1,0 milhão de m<sup>3</sup>/dia), Cruz Alto/RS (1,0 milhão de m<sup>3</sup>/dia) e Santa Maria/RS (1,0 milhão de m<sup>3</sup>/dia). O dimensionamento do gasoduto foi realizado através de simulações termofluido-hidráulicas, resultando em um duto com 20 polegadas empregando 2 estações de compressão: uma no município de Porecatu/PR e outra no município de Guarapuava/PR.

### 3.1.4. Estimativas de Custos

A Tabela 4 e a Tabela 5 detalham os custos associados aos projetos, agrupados em rubricas.

**Tabela 4. Custos associados ao projeto do gasoduto Chimarrão A**

<b>Descrição</b>	<b>R\$ mi</b>	<b>%</b>
<b>Custos Diretos</b>		
Tubulação	2.356	19,9
Componentes	122	1,0
Construção e Montagem	4.739	40,0
Instalações complementares	361	3,1
Sistemas de Supervisão e Controle, Comunicação e Detecção de Vazamentos	158	1,3
Terrenos	1.037	8,7
<b>Custos Indiretos</b>		
Projeto de Engenharia, Compensação e Licenciamento Ambiental	61	0,5
BDI – Benefícios e Despesas Indiretas	1.753	14,8
Contingências	1.271	10,7
<b>INVESTIMENTO TOTAL (data-base jun/20)</b>	<b>11.858</b>	<b>100</b>

Fonte: Elaboração própria EPE.

Nota: estimativas baseadas na análise de projetos conceituais, com precisão de -20% a -50% e +30% de +100%.

**Tabela 5. Custos associados ao projeto do gasoduto Chimarrão B**

<b>Descrição</b>	<b>R\$ mi</b>	<b>%</b>
<b>Custos Diretos</b>		
Tubulação	2.481	20,0
Componentes	125	1,0
Construção e Montagem	4.932	39,8
Instalações complementares	370	3,0
Sistemas de Supervisão e Controle, Comunicação e Detecção de Vazamentos	167	1,4
Terrenos	1.099	8,9
<b>Custos Indiretos</b>		
Projeto de Engenharia, Compensação e Licenciamento Ambiental	61	0,5
BDI – Benefícios e Despesas Indiretas	1.829	14,8
Contingências	1.326	10,7
<b>INVESTIMENTO TOTAL (data-base jun/20)</b>	<b>12.390</b>	<b>100</b>

Fonte: Elaboração própria EPE.

Nota: estimativas baseadas na análise de projetos conceituais, com precisão de -20% a -50% e +30% de +100%.

Ambos os gasodutos apresentam extensão superior a 1.100 km, o que acaba por exigir a realização de sua construção empregando de 5 a 6 frentes de trabalho, tornando muito expressivos os custos relativos à Construção e Montagem, conforme podem ser observados na Tabela 4 e a Tabela 5, em valores de, aproximadamente 40% do custo total destes projetos. Adicionalmente, estes custos de Construção e Montagem podem ter seus elevados valores justificados pela instalação de, aproximadamente, 75% de sua extensão em terrenos rochosos, os quais tornam o processo construtivo mais complexo e, conseqüentemente, mais caro. Além disso, ambos os dutos possuem muitos elementos de infraestrutura associados, como pontos de entrega (9-10) e estações de compressão (2).

Outra rubrica de destacada participação no custo total destes projetos são os custos de terreno. Dado que os custos de aquisição de terras na Região Sul apresentam valores mais caros (principalmente em comparação aos custos dos outros projetos estudados no PIG 2020) somado ao fato de que ambas as alternativas atravessam extensas áreas em urbanização, que apresentam valores mais elevados que as áreas rurais, predominantes nos outros dutos do PIG 2020, tornam esta rubrica significativa nos custos de ambas as alternativas, representando, aproximadamente, 9% do custo total dos projetos.

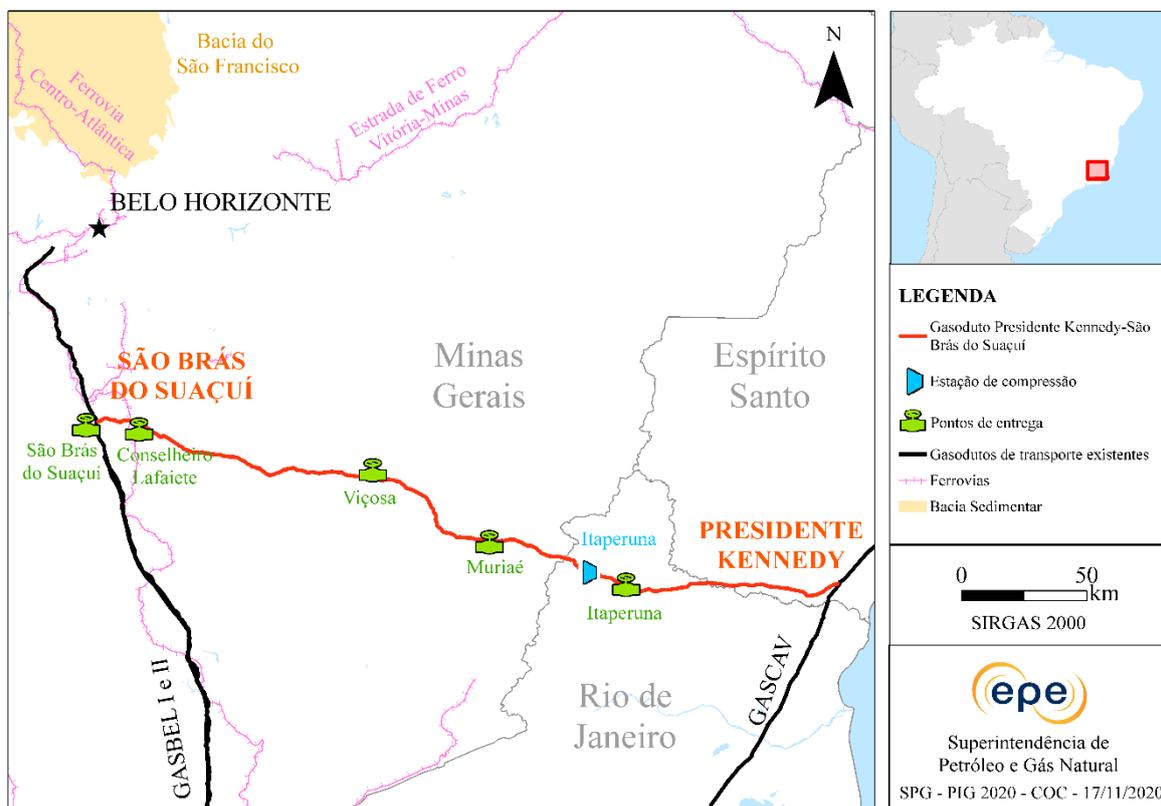
Os custos relativos à tubulação, embora apresentem uma participação de 20% no custo total das alternativas, sofrem pouca influência das características do projeto, de modo que sua variação decorre, principalmente das variações de câmbio.

Ao se comparar ambas as alternativas, percebe-se que o custo do Gasoduto do Chimarrão B é cerca de 4,5% mais caro que a alternativa A, sendo também mais extenso 69 km em relação e possuir um ponto de entrega a mais. Tais diferenças acabam por justificar o valor mais elevado do Gasoduto do Chimarrão B em relação ao Chimarrão A em todas as rubricas consideradas.

### 3.2. Gasoduto Presidente Kennedy/ES – São Brás do Suaçuí/MG

A proposta deste gasoduto partiu da intenção de conectar novas ofertas de gás existentes (GNL do Porto do Açu, UAPO Sul Capixaba, UPGN Cabiúnas e UPGN Cacimbas) e possíveis (GNL do Porto Central, e Rotas 5a e 6a e 6b, apontadas no PIPE 2019 (EPE, 2019c)) do norte do Rio de Janeiro e sul do Espírito Santo ao estado de Minas Gerais. Vários projetos nesta proposta poderiam ser possíveis, porém neste caso, optou-se por estudar a possibilidade de um gasoduto acompanhando o traçado de um mineroduto projetado pela empresa Ferrous. A empresa posteriormente teria desistido do projeto da construção do mineroduto, o que poderia possibilitar uma conversão da faixa de servidão que já possuía Licença Prévia para um gasoduto junto ao órgão ambiental (CORREIO DE MINAS, 2016).

O traçado do gasoduto, aqui nomeado Presidente Kennedy/ES – São Brás do Suaçuí/MG (Figura 11), seguiu, quase em sua totalidade, o traçado inicial do mineroduto, partindo da premissa que a conversão da licença da faixa do duto poderia acelerar etapas na construção do gasoduto.



**Figura 11. Mapa de localização do gasoduto Presidente Kennedy/ES - São Brás do Suaçuí/MG.**

Fonte: Elaboração própria EPE.

As alterações significativas em relação ao mineroduto se deram no início do gasoduto, onde este parte do ponto de conexão de outro gasoduto descrito no PIG 2019 (EPE 2019b), o Porto Central – GASCAV, e no fim do percurso, onde optou-se pela interligação do duto ao GASBEL, no ponto de entrega existente de São Brás do Suaçuí. O mineroduto, em seu projeto original, terminava no município de Congonhas/MG.

### 3.2.1. Resumo do traçado

O traçado possui 332 km de extensão, atravessa 25 municípios, sendo 3 no Espírito Santo, 3 no Rio de Janeiro e 19 em Minas Gerais. Como mencionado, o gasoduto parte do GASCAV, no município de Presidente Kennedy/ES, seguindo até o GASBEL, em São Brás do Suaçuí/MG, como pode ser visto na Figura 12.

Para a sua definição de traçado buscou-se, sempre que possível, desviar de áreas urbanas e fragmentos florestais. Além disso, foi considerada a proximidade com rodovias e acessos, de forma a reduzir a necessidade de abertura de acesso e, conseqüentemente, minimizar o impacto sobre vegetação.

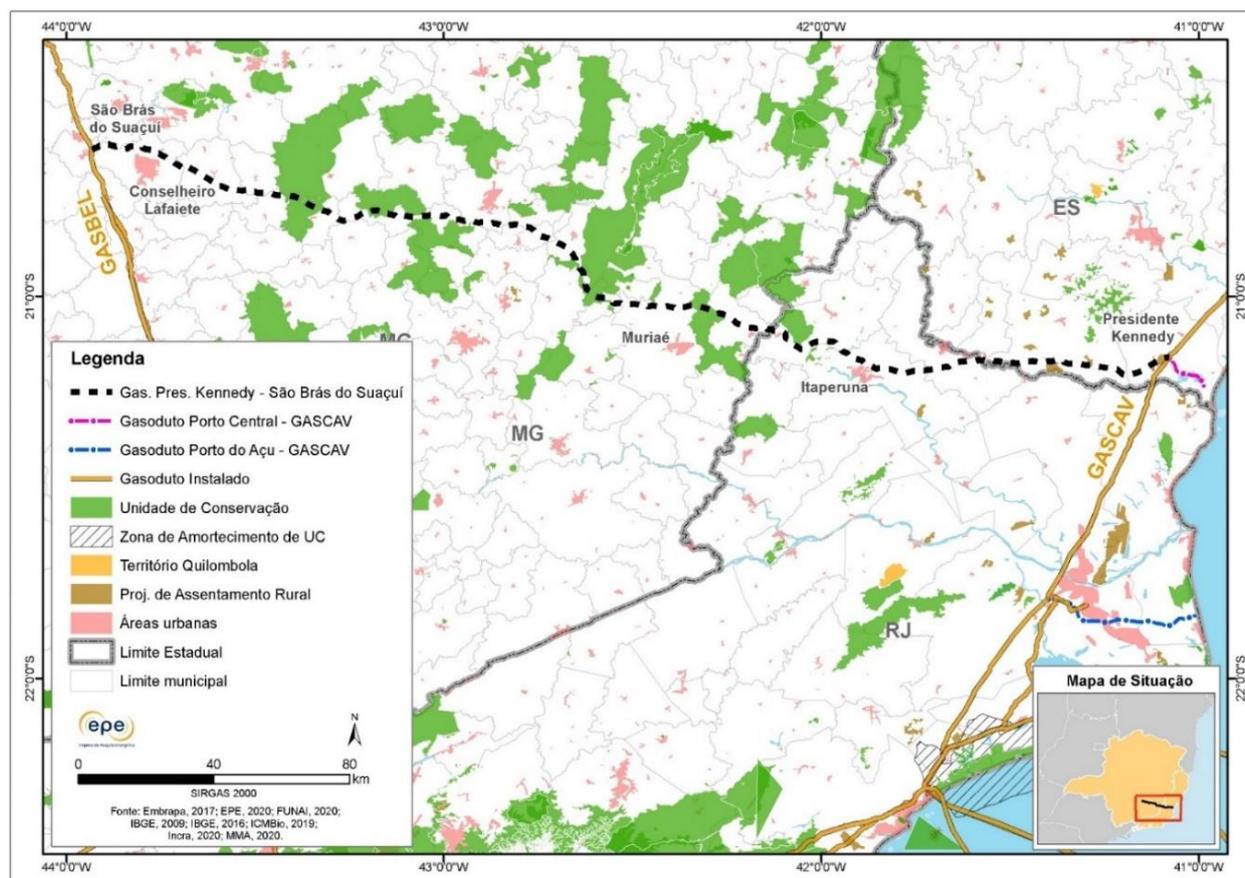
A diretriz atravessa regiões com bom apoio viário, com presença de rodovias federais e estaduais - BR-101, BR-393, BR-356, BR-482, ES-177, RJ-214, MG-132, dentre outras. Contudo, em alguns trechos há escassez de vias pavimentadas, especialmente no estado de Minas Gerais, fato que deverá trazer alguns desafios logísticos na fase de construção do gasoduto.

O traçado definido para o gasoduto cruza com 3 linhas de transmissão (LTs) de alta tensão ( $\geq 238$  kV), além da diretriz de uma linha planejada. Em Mimoso do Sul/ES e Conselheiro Lafaiete/MG, a diretriz cruza com ferrovias. Portanto, é importante avaliar junto às concessionárias e proprietárias dessas infraestruturas lineares (estradas, linhas e rodovias) os condicionantes específicos para o cruzamento.

Iniciando no município de Presidente Kennedy, no extremo sul do estado do Espírito Santo, o gasoduto ainda passa pelo norte do estado do Rio de Janeiro, adentrando a região da Zona da Mata no estado de Minas Gerais até chegar ao município de São Brás do Suaçuí, no entorno de Conselheiro Lafaiete, a aproximadamente 75 quilômetros ao sul da capital mineira.

### 3.2.2. Análise socioambiental e dificuldades construtivas

Conforme base de dados consultada, não há cruzamento com terras indígenas ou territórios quilombolas (Figura 12).



**Figura 12. Áreas de relevância socioambiental do gasoduto Presidente Kennedy/ES – São Brás do Suaçuí/MG**

Fonte: Elaboração própria EPE.

Priorizou-se, sempre que possível, a passagem por regiões já alteradas, sem presença de vegetação. Na fase de detalhamento do traçado, o empreendedor deverá entrar em contato com os órgãos municipais gestores dessas unidades, de forma a verificar a existência de planos de manejo e eventuais condicionantes para a passagem do gasoduto. A Tabela 6 apresenta as sete unidades de conservação interceptadas pela diretriz do gasoduto.

**Tabela 6. Unidades de conservação interceptadas pela diretriz do gasoduto.**

Unidade de conservação	Município / Estado
APA Municipal Rio Preto	São Sebastião da Vargem Alegre/MG
APA Municipal Montanha Santa	Guiricema/MG
APA Municipal Senhora de Oliveira	Senhora de Oliveira/MG
APA Municipal Presidente Bernardes	Presidente Bernardes/MG
APA Municipal Pontão	Muriaé/MG
APA Municipal Piranga	Piranga/MG
APA Municipal de Ervália	Ervália/MG

Fonte: Elaboração própria EPE.

No estado de Minas Gerais, o traçado do gasoduto cruza com sete Áreas de Proteção Ambientais (APAs) municipais, a maioria de grande extensão territorial. É importante destacar que

as APAs consistem nas unidades de conservação do grupo menos restritivo, permitindo, geralmente, a implantação de empreendimentos no interior de seus limites.

Nos municípios de Presidente Kennedy e Mimoso do Sul, no estado do Espírito Santo, a diretriz cruza com os projetos de assentamento rural José Marcos de Araújo Santos e Rancho Alegre, respectivamente.

No estado do Espírito Santo o traçado do gasoduto cruza por uma região com predomínio de pastagens e com pouca relevância de atividades agrícolas e presença de esparsos fragmentos de vegetação nativa associados a cursos d'água e áreas úmidas. Com exceção do município de Apicá, nesse trecho não há áreas urbanas nas proximidades do traçado proposto.

Ao adentrar o território do estado do Rio de Janeiro, o padrão de ocupação é muito semelhante ao do estado capixaba. Porém, o relevo é caracterizado por declividades mais acentuadas, e pode-se notar a presença de áreas de cultivo com maior dimensão e menor quantidade de fragmentos de vegetação nativa. No município de Itaperuna o traçado se aproxima de um vetor de expansão urbana.

No território mineiro, o traçado cruza por áreas de relevo montanhoso, em que fragmentos de vegetação nativa estão associados a topos e vertentes de morros. Nesse trecho, a diretriz passa próxima a muitos núcleos e áreas de expansão urbana. Grande parte das áreas não ocupadas por vegetação são caracterizadas pela presença de pastagens, com pouco destaque para agricultura.

Predominam ao longo do traçado morros e serras baixas, colinas e domínios montanhosos, além de planícies flúvio-marinhas, em menor escala de ocorrência (CPRM, 2002). Essa configuração de relevo deve representar complexidade construtiva para a implantação do gasoduto, sobretudo nos domínios montanhosos, no tocante à transporte de equipamentos, materiais e de pessoal, bem como para serviços de escavação, limpeza dos terrenos e drenagem superficial. Por outro lado, as travessias sobre as planícies mencionadas não são expressivas. Em relação a massas d'água, o traçado não atravessa reservatórios e não há travessias expressivas sobre cursos d'água na região do empreendimento.

O traçado interfere em 130 processos minerários em fase de concessão de lavra (4), requerimento de pesquisa (27), autorização de pesquisa (77), licenciamento (3), requerimento de lavra (16), requerimento de licenciamento (3), envolvendo substâncias como areia (12), argila (1), água mineral (1), caulim (2), bauxita (2), alumínio (7), esteatito (1), feldspato (2), filito (1), lítio (1), manganês (7), folhelho pirobotuminoso (1), minério de ferro (10), ouro (57), quartzo (1), saibro (1), turfa (1) e granito (22). Importante mencionar que a região possui ampla presença de processos minerários, não sendo possível o desvio. A região de Muriaé/MG concentra muitas cavas para exploração de mineral de alumínio. No final do traçado, nas adjacências de Conselheiro Lafaiete/MG, a diretriz passa por região produtora de minério de ferro.

### 3.2.3. Dimensionamento Termofluido-hidráulico

Do ponto de vista da oferta, foi considerado a capacidade do projeto do terminal de GNL do Porto Central de 20 milhões de m<sup>3</sup>/dia, descontada a vazão de 8 milhões de m<sup>3</sup>/dia de térmicas com projetos nas proximidades do porto. Assim, foi dimensionado um duto que pudesse atingir a capacidade máxima de até 12 milhões de m<sup>3</sup>/dia. Esta vazão, embora seja quase três vezes o tamanho do mercado de gás atual de Minas de Gerais, condiz com as expectativas de expansão do mercado de gás por parte do Governo e das indústrias do estado (CPG, 2019).

Foram então distribuídos ao longo do traçado do duto pontos de entrega estratégicos em regiões onde foram localizadas demandas potenciais baseada em estudo de demanda da EPE e estudo do BNDES (2020). Assim, os *citygates* com suas respectivas vazões foram definidas: Itaperuna/RJ (1 milhão de m<sup>3</sup>/dia), Muriaé/MG (4 milhões de m<sup>3</sup>/dia), Viçosa/MG (2 milhões de m<sup>3</sup>/dia), Conselheiro Lafaiete (1 milhão de m<sup>3</sup>/dia) e um novo ponto de entrega em São Brás do Suaçuí/MG (4 milhões de m<sup>3</sup>/dia).

Para a configuração descrita anteriormente, através de simulações termofluido-hidráulicas, foi dimensionado um gasoduto com 20 polegadas com a necessidade de uma estação de compressão no município de Itaperuna/RJ, no km 102 do duto (sentido ES-MG).

### 3.2.4. Estimativas de custos

A Tabela 7 detalha os custos levantados para cada rubrica destacadas. Do ponto de vista construtivo, destaca-se a dificuldade prevista na Construção e Montagem do duto em decorrência de uma grande probabilidade de se encontrar, durante a fase de escavação, rochas duras (Ígneas e Metamórficas). Em relação aos terrenos, destaca-se a majoritária presença de áreas rurais com Classe de Locação 1 (98,8%), com baixo custo de aquisição frente às demais classes.

**Tabela 7. Custos associados ao projeto do gasoduto Presidente Kennedy/ES – São Brás do Suaçuí/MG**

Descrição	R\$ mi	%
<b>Custos Diretos</b>		
Tubulação	618	15,9
Componentes	31	0,8
Construção e Montagem	1.900	49,0
Instalações complementares	223	5,7
Sistemas de Supervisão e Controle, Comunicação e Detecção de Vazamentos	12	0,3
Terrenos	37	0,9
<b>Custos Indiretos</b>		
Projeto de Engenharia, Compensação e Licenciamento Ambiental	18	0,5
BDI – Benefícios e Despesas Indiretas	603	15,5
Contingências	438	11,3
<b>INVESTIMENTO TOTAL (data-base jun/20)</b>	<b>3.880</b>	<b>100</b>

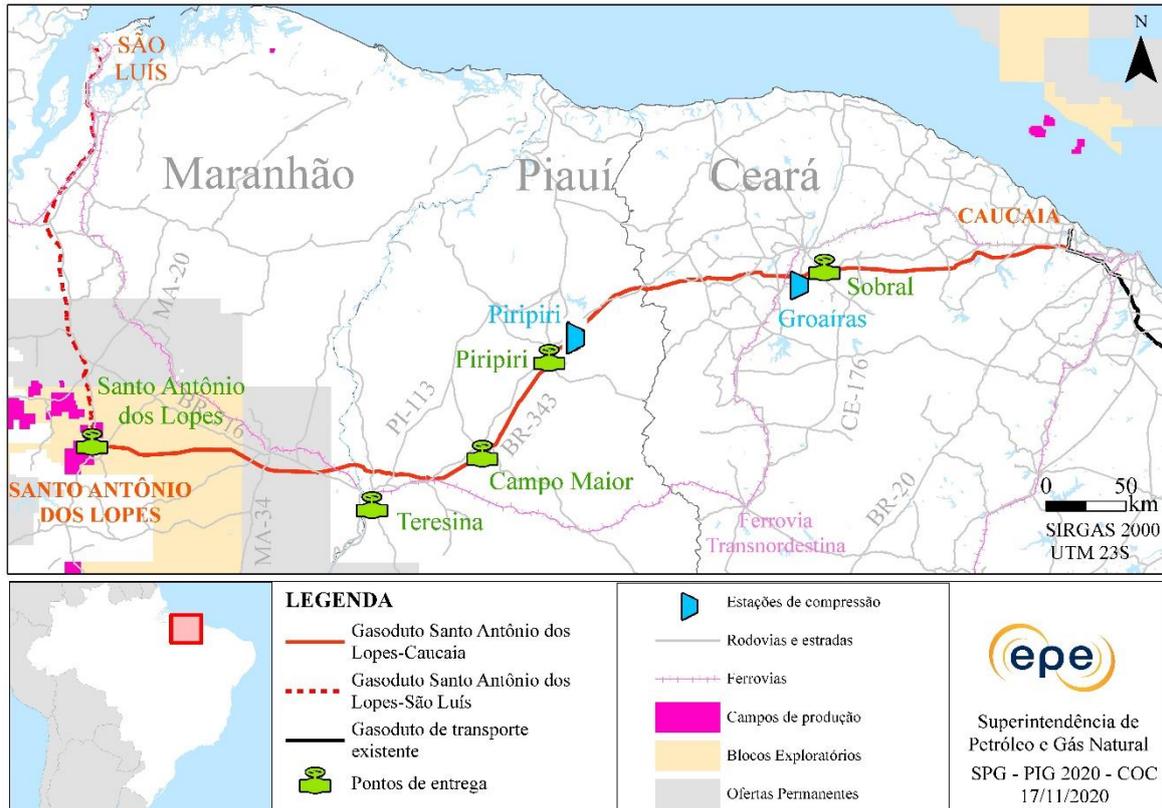
Fonte: Elaboração própria EPE.

Nota: estimativas baseadas na análise de projetos conceituais, com precisão de -20% a -50% e +30% de +100%.

Cabe ressaltar que existem outras possibilidades de conectar novas ofertas da região norte fluminense e sul capixaba a Minas Gerais, de modo a usar parcialmente a estrutura aqui proposta ou novos traçados, até de outros minerodutos que comumente atravessam os estados. Porém, com novas rotas de escoamento possíveis para região, como apresentado no PIPE 2019 (EPE, 2019c), além de novos terminais de GNL sendo propostos, haverá a necessidade de encontrar um mercado consumidor para este novo gás natural que chega até a costa. Assim, o estado de Minas Gerais, com planos de expansão do seu mercado de gás, pode ser um dos destinos para uma possível monetização de parte deste gás.

### 3.3. Gasoduto Santo Antônio dos Lopes/MA – Caucaia/CE

O projeto de gasoduto denominado Gasoduto Santo Antônio dos Lopes/MA-Caucaia/CE, apresentado na Figura 13, consiste em uma nova infraestrutura de transporte de gás natural baseada em um segmento do Gasoduto Meio Norte, autorizado pela ANP antes da assinatura da Lei 11.909/2009. Este gasoduto estende a malha integrada, conectando, ao longo do seu traçado, os estados do Maranhão e do Piauí, incluindo sua capital.



**Figura 13. Mapa de localização do gasoduto Santo Antônio dos Lopes/MA-Caucaia/CE.**

Fonte: Elaboração própria EPE.

Conforme mencionado, este gasoduto foi baseado no traçado do Gasoduto Meio Norte, no entanto, sua diretriz foi alterada de forma a permitir uma conexão ao município de Santo Antônio dos Lopes/MA. O duto considerado neste estudo levou em consideração as informações recebidas da GASMAR, CDL do estado do Maranhão, além das estimativas de demanda potencial analisadas pela EPE e no estudo do BNDES (2020), considerando o potencial de substituição de outros combustíveis por gás natural e o crescimento do mercado industrial nos principais setores analisados.

Destaca-se que as demandas utilizadas no dimensionamento deste gasoduto incluíram margens de folga de forma a acomodar quaisquer crescimentos que podem vir a ser observados e que não tenham sido percebidos pela EPE, tais como demandas reprimidas não enxergadas que podem passar a ser atendidas devido à chegada do gasoduto ou até mesmo crescimentos além dos estimados neste estudo. Esta margem de crescimento permite, também, um *ramp-up* das estações de compressão que foram dimensionadas neste estudo.

### 3.3.1. Resumo do Traçado

O traçado deste gasoduto possui 684 km e atravessa 29 municípios, sendo 6 no Maranhão, 9 em Piauí e 14 no Ceará, tendo como extremidades o Complexo Parnaíba em Santo Antônio dos Lopes, no Maranhão e a conexão entre o terminal de GNL de Pecém e o gasoduto existente GASFOR I em Caucaia no Ceará. Destaca-se que a definição do traçado considerou a otimização de aspectos topográficos, a proximidade com rodovias e acessos, o desvio de projetos de assentamento rural e, quando possível, a minimização de interferências em formações florestais.

O traçado estabelecido para o gasoduto Santo Antônio dos Lopes – Caucaia atravessa áreas bem servidas de estradas pavimentadas, o que facilitará a logística para movimentação de equipamentos durante a fase de construção do gasoduto. São interceptadas 19 linhas de transmissão (LT) de alta tensão ( $\geq 238$  kV), a diretriz preliminar de quatro linhas planejadas, além de ferrovias em quatro pontos, nos municípios de Timon/MA, Altos/PI, Cariré/CE e Caucaia/CE, o que demandará tratativas junto às concessionárias e proprietários dessas infraestruturas lineares para verificar os condicionantes para cruzamento (EPE, 2020a).

A diretriz proposta para o gasoduto inicia-se na região central do Maranhão e atravessa toda a metade oriental do estado até chegar ao Piauí, passando próximo à capital, Teresina. Neste estado, o traçado segue sentido nordeste até a divisa com o Ceará. Por fim, o traçado cruza toda a região noroeste do território cearense até terminar em Caucaia, na Região Metropolitana de Fortaleza, nas proximidades do Complexo Industrial e Portuário do Pecém.

### 3.3.2. Análise Socioambiental e dificuldades construtivas

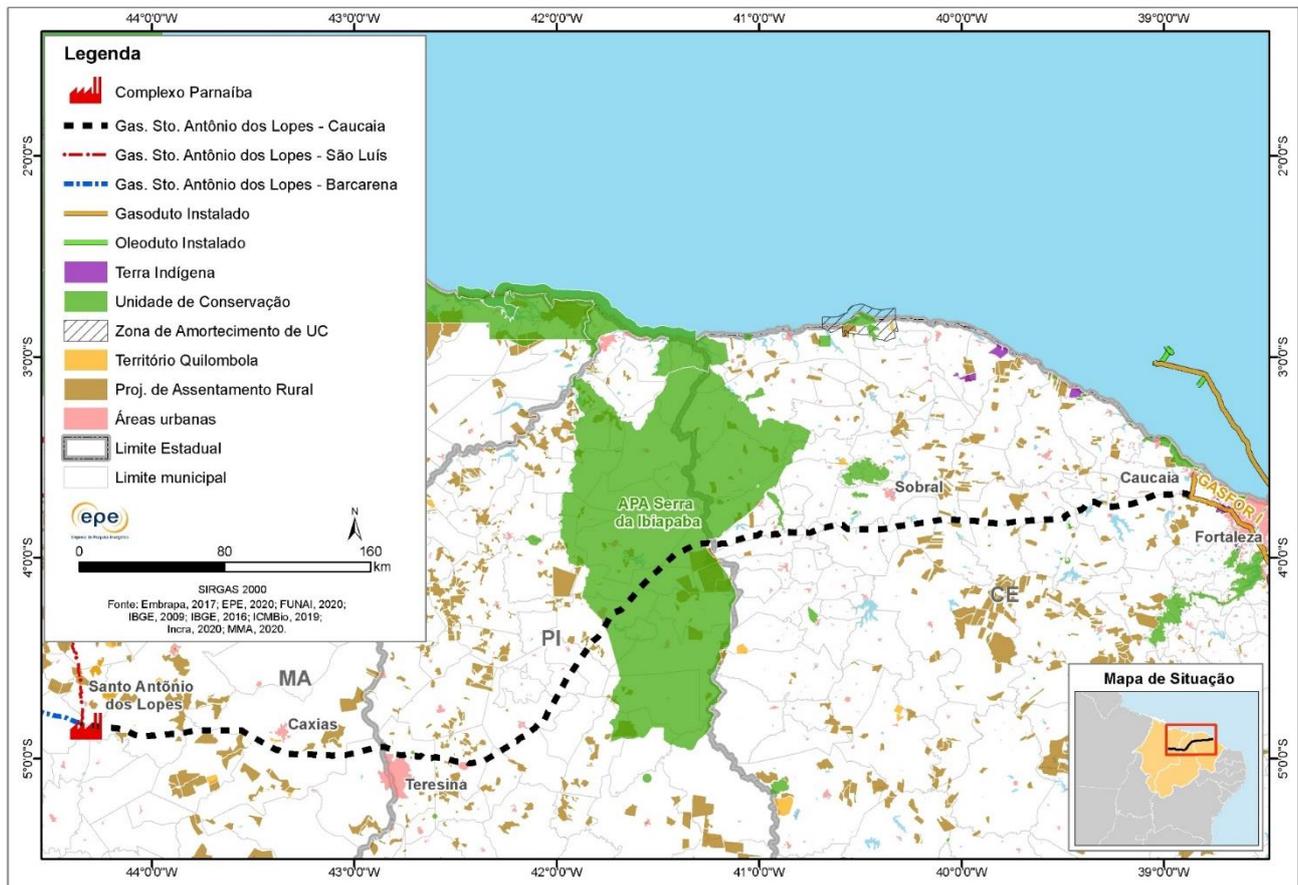
No Maranhão, o traçado inicia-se em uma região de transição de biomas onde há elementos da Floresta Amazônica, Cerrado e Caatinga. Este mosaico dá origem a Mata dos Cocais, caracterizada pela presença de espécies vegetais como a carnaúba e o babaçu. À medida que avança à leste, os atributos do bioma Caatinga vão se tornando mais evidentes. No leste do estado há grandes faixas de vegetação nativa e as áreas antropizadas são ocupadas, principalmente, por pastagens e por pequenos núcleos urbanos dispersos ao longo do traçado, com exceção da área urbana de Caxias, que é o maior centro urbano dessa região do Maranhão (EMBRAPA, 2017; ICMBIO, 2020).

Conforme as bases de dados consultadas, o Gasoduto Santo Antônio dos Lopes – Caucaia não realiza cruzamento com terras indígenas, territórios quilombolas ou projetos de assentamento rural (FUNAI, 2020; INCRA, 2020).

No estado do Piauí, a diretriz atravessa a APA Serra da Ibiapaba, extensa unidade de conservação federal de uso sustentável (Figura 14). Na definição do traçado final, é importante consultar o órgão gestor dessa unidade (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio) para avaliar o plano de manejo e eventuais condicionantes de passagem do gasoduto (MMA, 2020).

Nos municípios maranhenses de Codó e Caxias, o traçado passa a 3,8 km e 2,1 km dos Territórios Quilombolas Mocarongo e Usina Velha, respectivamente, o que poderá exigir do empreendedor a elaboração do Estudo de Componente Quilombola na fase de licenciamento do gasoduto, conforme determina a Portaria Interministerial nº 060, de 24 de março de 2015 (INCRA, 2020). Conforme informações da Fundação Cultural Palmares (FCP), há 30 comunidades quilombolas certificadas nos municípios atravessados pelo traçado que ainda não constam na base

georreferenciada disponibilizada pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). Portanto, quando da elaboração do projeto de engenharia do gasoduto, é importante verificar se essas comunidades já foram demarcadas para que eventuais desvios possam ser realizados. A Figura 14 apresenta o traçado analisado.



**Figura 14. Áreas de relevância socioambiental do gasoduto Santo Antônio dos Lopes/MA – Caucaia/CE**  
 Fonte: Elaboração própria EPE.

Após atravessar o rio Parnaíba, no limite entre Maranhão e Piauí, o traçado passa próximo à área urbana de Teresina e adentra áreas com característica de Caatinga, de vegetação de baixa densidade com arbustos de galhos retorcidos, baixo porte e adaptada ao clima semiárido. Nesta região há poucas áreas de pastagens, pequenas áreas de cultivo de culturas de subsistência, esparsos e pequenos núcleos urbanos e presença de vegetação arbustiva, especialmente ao redor de áreas úmidas e cursos d'água (EMBRAPA, 2017; ICMBIO, 2020).

No extremo leste do Piauí e em território cearense, o traçado cruza a Serra do Ibiapaba, onde nota-se vegetação de características diversas, com traços dos biomas Mata Atlântica, Cerrado e Amazônia. No restante do traçado, dentro do estado do Ceará, há grandes áreas de Caatinga, onde há pouca presença de pastagens, pequenas áreas de agricultura de subsistência e pequenos núcleos urbanos, com exceção de Sobral, a maior cidade do trecho. No limite final do traçado próximo ao Complexo Industrial e Portuário do Pecém, podem ser observadas importantes áreas de produção agrícola (EMBRAPA, 2017; ICMBIO, 2020).

Predominam, ao longo do gasoduto, colinas, tabuleiros e superfícies aplainadas, além de escarpas serranas e planícies flúvio-marinhas, em menor escala de ocorrência. Do ponto de vista geral, essa configuração de relevo é favorável para a implantação do gasoduto, visto que os trechos com topografia movimentada são reduzidos (CPRM, 2010). Por outro lado, é importante destacar que significativa parte do traçado passa por superfícies com solo exposto e com indícios de processos erosivos sobre arenitos, pelitos, folhelhos e outras rochas sedimentares, sobretudo em municípios dos estados do Piauí e Maranhão. Há ainda um trecho no município de Caxias, no Maranhão, em que se observa a presença de evaporitos e calcários, rochas essas que podem estar sujeitas a dissoluções e mudanças de topografia (CPRM, 2002). Em relação a massas d'água, a região do empreendimento está inserida em um contexto com muitos reservatórios, mas com possibilidades de desvios. Há uma travessia no rio Parnaíba, embora seja de curta extensão.

O traçado interfere em 40 processos minerários em fase de concessão de lavra (3), requerimento de lavra (5), requerimento de pesquisa (4), autorização de pesquisa (23), requerimento de licenciamento (4), licenciamento (1), envolvendo substâncias como areia (7), água mineral (1), arenito (3), argila (1), calcário (9), gipsita (3), mármore (1), magnesita (1), minério de cobre (6), minério de ferro (2), quartzo (1), quartzito (1) e granito (4). Importante mencionar que nesses casos em que não houve possibilidade de desvio, os traçados foram desenvolvidos com vistas a minimizar as respectivas interferências (ANM, 2020).

Ao longo do traçado deste duto é interessante mencionar o pequeno número de cruzamentos de maiores dimensões, tendo sido cruzadas vias de acesso e estradas de terra não asfaltadas e apenas rodovias asfaltadas de mão única, sendo elas BR-135, BR-222, BR-316, BR-343, BR-403, BR-407 e as estaduais CE-156, CE-168, CE-179, CE-187, CE-341, CE-362, PI-112, PI-113, PI-115, PI-258, PI-320, MA-034 e MA-127. Com relação à travessia de rios e demais corpos d'água, foram observados, aproximadamente, 25 travessias com até 150 metros de largura, enquanto em maiores extensões destacam-se os rios Parnaíba (500 m) e Jaibaras (200 m).

O relevo deste traçado está localizado em regiões majoritariamente planas e com considerável participação de rochas sedimentares, o que deve facilitar o processo construtivo deste duto, embora deva-se ter atenção, conforme mencionado, devido à possibilidade de afundamentos e subsidências devido ao tipo de rochas atravessadas.

### 3.3.3. Dimensionamento Termofluido-hidráulico

Dado o objetivo do Gasoduto Santo Antônio dos Lopes – Caucaia de possibilitar a ligação dos estados do Maranhão e Piauí à malha integrada, considerou-se que o gás para carregamento deste duto poderia ser oriundo do excedente de GNL do terminal de São Luis/MA, assim como produções na Bacia do Parnaíba, no estado do Maranhão, ou GNL, oriundo do terminal atualmente existente de Pecém, no estado do Ceará. Deste modo, dimensionou-se um duto bidirecional com capacidade de 8 milhões de m<sup>3</sup>/dia, equivalente ao excedente dos terminais a serem implantados e pouco superior ao atualmente autorizado pela ANP para o terminal de Pecém (ANP, 2012b) e cuja autorização pode ser atualizada para permitir uma maior capacidade deste terminal. Assim, este duto poderia ser carregado com o volume de 8 milhões de m<sup>3</sup>/dia por qualquer das duas extremidades

Foram considerados, ao longo do traçado, quatro pontos de entrega de gás natural com capacidade de 0,5 milhão de m<sup>3</sup>/dia e um ponto de entrega com capacidade de 6 milhões de m<sup>3</sup>/dia. A localização dos pontos de 0,5 milhão de m<sup>3</sup>/dia foi determinada através dos municípios com maiores demandas, segundo as avaliações de potencial de substituição de fontes realizadas pela EPE

e pelo estudo de demanda de gás no Brasil do BNDES (2020). A adoção de um ponto de entrega de 6 milhões de m<sup>3</sup>/dia reflete a possibilidade que este duto também teria de atender demandas no Complexo Termelétrico Parnaíba, além da possibilidade de transferência do gás para algum dos dutos adjacentes. Destaca-se, conforme citado, que as demandas utilizadas no dimensionamento do gasoduto apresentaram folga para não restringirem o crescimento das demandas em momento futuro. Assim, consideraram-se pontos de entrega de 0,5 milhão de m<sup>3</sup>/dia em Sobral/CE, Piri-piri/PI, Campo Maior/PI e Teresina/PI, e de 6 milhões de m<sup>3</sup>/dia em Santo Antônio dos Lopes/MA.

O dimensionamento do Gasoduto Santo Antônio dos Lopes – Caucaia foi realizado através de simulações termofluido-hidráulicas, resultando em um duto com 20 polegadas empregando 2 estações de compressão: uma no município de Piri-piri/PI e outra no município de Groiaras/CE. Deve-se salientar que a margem de folga nas demandas acaba por permitir a realização de escalonamento das entradas das estações de compressão, em função do crescimento das demandas ao longo do tempo.

### 3.3.4. Estimativas de Custos

A Tabela 8 detalha os custos associados ao projeto, agrupados em rubricas. Merece destaque a influência dos custos de Construção e Montagem, devido à necessidade de adoção de 3 frentes de construção devido à extensão do duto, e os baixos custos de terreno, visto que a maior parte do traçado atravessa apenas áreas rurais e em Classe de Locação 1, resultando em baixo custo de aquisição de terrenos e indenizações.

**Tabela 8. Custos associados ao projeto do gasoduto Santo Antônio dos Lopes/MA – Caucaia/CE**

Descrição	R\$ mi	%
<b>Custos Diretos</b>		
Tubulação	1.335	21,7
Componentes	83	1,3
Construção e Montagem	2.676	43,4
Instalações complementares	308	5,0
Sistemas de Supervisão e Controle, Comunicação e Detecção de Vazamentos	25	0,4
Terrenos	145	2,4
<b>Custos Indiretos</b>		
Projeto de Engenharia, Compensação e Licenciamento Ambiental	35	0,6
BDI – Benefícios e Despesas Indiretas	914	14,8
Contingências	638	10,4
<b>INVESTIMENTO TOTAL (data-base jun/20)</b>	<b>6.159</b>	<b>100</b>

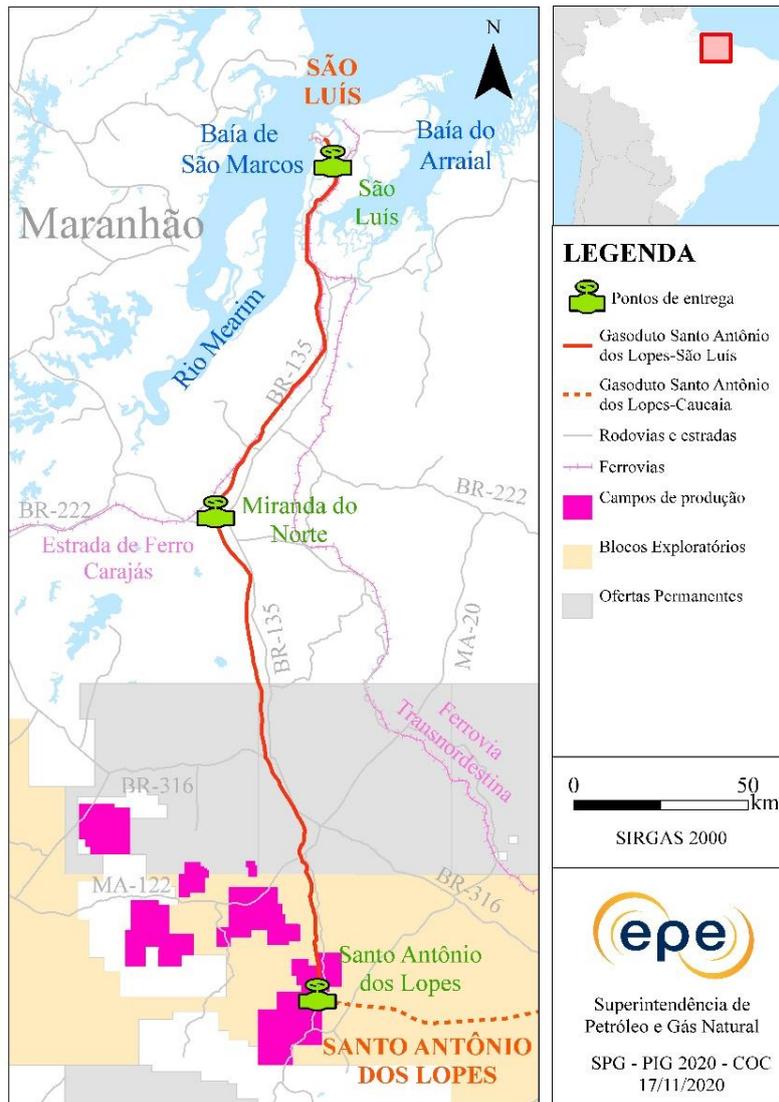
Fonte: Elaboração própria EPE.

Nota: estimativas baseadas na análise de projetos conceituais, com precisão de -20% a -50% e +30% de +100%.

### 3.4. Gasoduto Santo Antônio dos Lopes/MA – São Luís/MA

A proposta deste gasoduto partiu da intenção de conectar a oferta de gás advinda da Bacia Parnaíba à capital do estado do Maranhão, São Luís. Este gasoduto também é parte do trecho de gasodutos já autorizados antes da Lei do Gás 11.909/2009, fazendo parte do projeto de uma rede de dutos na região intitulada como Meio Norte.

A origem foi modificada para o município de Santo Antônio dos Lopes/MA de modo a interligar o Complexo Termelétrico Parnaíba, que já utiliza o gás natural explorado e tratado da região. Assim, caso haja excedente de produção, esse gás poderia ser disponibilizado para São Luís e arredores. Como estruturado, este projeto de duto possibilita escoar gás no sentido inverso, caso haja uma fonte de gás natural, como um terminal de GNL, em São Luís, e seja interessante prover segurança de fornecimento para o Complexo Termelétrico Parnaíba. Assim, o gasoduto foi modelado para operar de forma bidirecional. O traçado do gasoduto está apresentado na Figura 15.



**Figura 15. Mapa de localização do gasoduto Santo Antônio dos Lopes/MA - São Luís/MA**

Fonte: Elaboração própria EPE.

### 3.4.1. Resumo do traçado

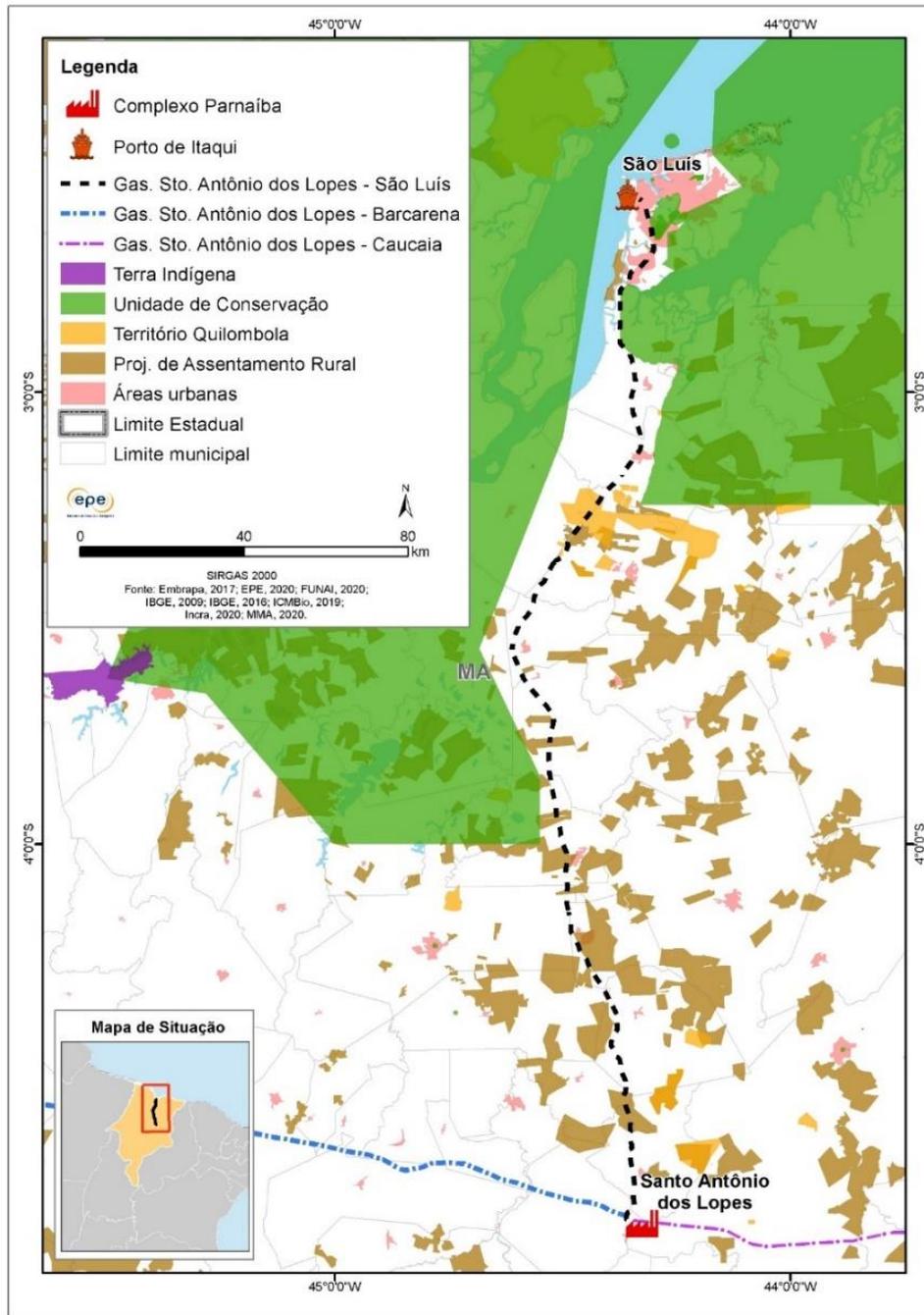
Partindo do Complexo Termelétrico Parnaíba, em Santo Antônio dos Lopes, seguindo até as proximidades do Porto de Itaqui, em São Luís, o traçado estabelecido para o gasoduto possui 282 km de extensão e atravessa 15 municípios do estado do Maranhão. A diretriz estabelecida acompanha

em todo o seu percurso a rodovia BR-153, que deverá ser o principal apoio viário durante a construção do empreendimento.

### 3.4.2. Análise socioambiental e dificuldades construtivas

A definição do traçado considerou a otimização de aspectos topográficos, a proximidade com rodovias e acessos, minimização de interferências em formações florestais e APPs de cursos d'água, além de desvios de áreas úmidas, unidades de conservação, terras indígenas, territórios quilombolas, assentamentos rurais, benfeitorias rurais e edificações em geral, reservatórios, processos minerários, áreas urbanas e de expansão.

Conforme apresentado na Figura 16, o traçado proposto localiza-se totalmente dentro do território do estado do Maranhão. A região central deste estado, onde se inicia a diretriz, é caracterizada por ser uma zona de transição de biomas, onde há elementos da Floresta Amazônica, Cerrado e Caatinga, mosaico que dá origem a Mata dos Cocais.



**Figura 16. Áreas de relevância socioambiental na região do gasoduto Santo Antônio dos Lopes – São Luís**  
 Fonte: Elaboração própria EPE.

Conforme base de dados consultada, o traçado não cruza com unidades de conservação ou terras indígenas. Contudo, nas proximidades de São Luís, a diretriz passa próxima de duas Áreas de Proteção Ambiental estaduais (APA de Upaon-Açu/Miritiba/Alto Preguiça e APA da Região do Maracanã), unidades de conservação do grupo Uso Sustentável.

Em função da grande quantidade de projetos de assentamento rural na região, não foi possível estabelecer um traçado que evitasse o cruzamento com essas áreas. A Tabela 9 apresenta os 12 assentamentos interceptados pela diretriz do gasoduto.

**Tabela 9. Projetos de assentamento rural interceptados pelo traçado do gasoduto**

Nome do projeto de assentamento rural	Município / Estado
Faveira Diamantina	Alto alegre do Maranhão/MA
Alto Alegre	
Santa Cruz	Capinzal do Norte/MA
Entroncamento	Itapecuru Mirim/MA
Riachuelo	Lima Campos/MA
Lago do Coco	Matões do Norte/MA
Agroalegre	
São Benedito	São Mateus do Maranhão/MA
Ouro Azul	
Bocaina	
Timbaúba	
São Raimundo II	

Fonte: Elaboração própria EPE.

Observa-se a presença de territórios quilombolas às margens e nas proximidades da BR-135, o que impediu o estabelecimento de um traçado que desviasse de todas as unidades. Próximo dos limites dos municípios de Itapecuru-mirim e Anajatuba, a diretriz do gasoduto cruza com dois territórios quilombolas – Santo Rosa dos Pretos e Monge Belo. Além disso, a diretriz passa a menos de 5 km de outros cinco territórios quilombolas, o que poderá implicar na elaboração de Estudos de Componente Quilombola durante o licenciamento do empreendimento, conforme determinado na Portaria Interministerial nº 060, de 24 de março de 2015 (IPHAN, 2015). Na Tabela 10 são listados os territórios quilombolas situados a uma distância de até 5 km do traçado.

**Tabela 10. Territórios quilombolas (TQ) situados a menos de 5 km do traçado do gasoduto**

Nome do território quilombola	Município / Estado	Distância do TQ em relação ao traçado (km)
Queluz	Anajatuba e Itapecuri-Mirim/MA	0,03
Pedrinhas		0,1
Cariongo	Santa Rita/MA	1
Santana e São Patrício	Santa Rita e Itapecuru-Mirim/MA	1,2
Santa Maria dos Pinheiros	Itapecuru-Mirim/MA	2,2

Fonte: Elaboração própria EPE.

Cabe ainda destacar que, conforme informações da Fundação Cultural Palmares (FCP), há 122 comunidades quilombolas certificadas nos municípios atravessados pelo traçado que ainda não constam na base de dados georreferenciados disponibilizada pelo INCRA. Portanto, quando da elaboração do traçado final do gasoduto, é importante verificar se essas comunidades já foram demarcadas para que eventuais desvios possam ser realizados.

Toda a região por onde o traçado passa é fortemente antropizada, com predominância de pastagens e pequenas áreas de cultivo de culturas de subsistência, em meio a fragmentos de vegetação nativa. Vários núcleos urbanos, bem como seus vetores de crescimento associados, podem ser encontrados nas proximidades da diretriz, com destaque para a Região Metropolitana de

São Luís. Próximo ao litoral, a vegetação caracteriza-se pela formação rasteira campestre com áreas de mangue associadas a corpos d'água.

Predominam, ao longo do traçado, colinas e superfícies aplainadas, além de tabuleiros dissecados, baixos platôs e planícies flúvio-marinhas, em menor escala de ocorrência (CPRM, 2002). Apesar do relevo favorável, as planícies mencionadas consistem em depósitos sedimentares com materiais de granulometria diversa e nível d'água próximo da superfície ou aflorante, sugerindo maior complexidade geotécnica para a implantação do gasoduto. Tais superfícies são mais evidentes nos municípios São Mateus do Maranhão e Bacabeira. Em relação a massas d'água, o traçado não atravessa reservatórios e não há travessias expressivas sobre cursos d'água na região do empreendimento.

O traçado interfere em 11 processos minerários em fase de requerimento de pesquisa (2), autorização de pesquisa (8), licenciamento (1), envolvendo substâncias como areia (6), água mineral (1), minério de ouro (2), bauxita (1) e granito (1). Importante mencionar que nesses casos em que não houve possibilidade de desvio, os traçados foram desenvolvidos com vistas a minimizar as respectivas interferências. O traçado cruza com sete linhas de transmissão (LTs) de alta tensão ( $\geq 238$  kV) e com o traçado de duas linhas planejadas. Importa destacar que em alguns trechos a diretriz proposta para o gasoduto segue próximo e paralelo a algumas dessas linhas e da Estrada de Ferro Carajás, especialmente no trecho que vai de Anajatuba até o Porto de Itaqui. A proximidade com as LTs deverá exigir a adoção de soluções de engenharia que mitiguem o risco de corrosão do duto por efeito da indução eletromagnética.

### 3.4.3. Dimensionamento Termofluido-hidráulico

Do ponto de vista da oferta, foi considerado uma possibilidade máxima de escoamento de até 7 milhões de  $m^3$ /dia com base no consumo máximo do Complexo Termelétrico Parnaíba de acordo com o potencial da Bacia do Parnaíba para um horizonte até 2030 (EPE, 2019d). A vazão integral poderia ser disponibilizada para o duto caso haja interesse em monetizar o gás quando não despachadas as termelétricas do complexo. O valor também condiz com um módulo de um terminal de GNL que poderia ser instalado no Porto de São Luís e fornecer gás no sentido inverso, caso seja preciso abastecer o complexo.

Foram então distribuídos ao longo do traçado do duto pontos de entrega estratégicos em regiões onde foram localizadas demandas potenciais em estudo de demanda da EPE e estudo do BNDES (2020). Assim, os pontos de entrega com suas respectivas vazões foram definidos: Santo Antônio dos Lopes/MA (5,5 milhões de  $m^3$ /dia), Miranda do Norte/MA (1,5 milhão de  $m^3$ /dia) e São Luís/MA (5,5 milhões de  $m^3$ /dia). Quando operando em um sentido, o ponto de entrega de origem do gás teria sua retirada em zero.

Através de simulações termofluido-hidráulicas foi dimensionado um gasoduto com 20 polegadas sem necessidade de estação de compressão. Vale destacar que o *ramp-up* natural que acontece no gasoduto após a sua construção pode adiar a construção de alguns dos pontos de entrega mencionados anteriormente para um momento futuro após a conclusão do gasoduto ou mesmo resultar nas suas construções em módulos. No entanto, para fins de orçamentação, considerou o projeto completo final dimensionado para 7 milhões  $m^3$ /dia.

### 3.4.4. Estimativas de Custos

A Tabela 11 detalha os custos levantados para cada rubrica destacada. Do ponto de vista construtivo, destaca-se a dificuldade prevista na Construção e Montagem do duto em decorrência de uma grande quantidade de áreas alagadiças (37% do traçado). Em relação aos terrenos, destaca-se a majoritária presença de áreas rurais com Classe de Locação 1 (90%), no entanto, o duto passa por cerca de 24 km em uma área densamente povoada, além de regiões industrial e portuária, o que eleva a Classe de Locação da região para 2 e 3, elevando conseqüentemente também os custos de aquisição de terrenos deste projeto.

**Tabela 11. Custos associados ao projeto do gasoduto Santo Antônio dos Lopes/MA – São Luís/MA**

<b>Descrição</b>	<b>R\$ mi</b>	<b>%</b>
<b>Custos Diretos</b>		
Tubulação	517	13,5
Componentes	22	0,6
Construção e Montagem	1.520	39,6
Instalações complementares	72	1,9
Sistemas de Supervisão e Controle, Comunicação e Detecção de Vazamentos	12	0,3
Terrenos	621	16,2
<b>Custos Indiretos</b>		
Projeto de Engenharia, Compensação e Licenciamento Ambiental	16	0,4
BDI – Benefícios e Despesas Indiretas	612	16,0
Contingências	448	11,3
<b>INVESTIMENTO TOTAL (data-base jun/20)</b>	<b>3.840</b>	<b>100</b>

Fonte: Elaboração própria EPE.

Nota: estimativas baseadas na análise de projetos conceituais, com precisão de -20% a -50% e +30% de +100%.

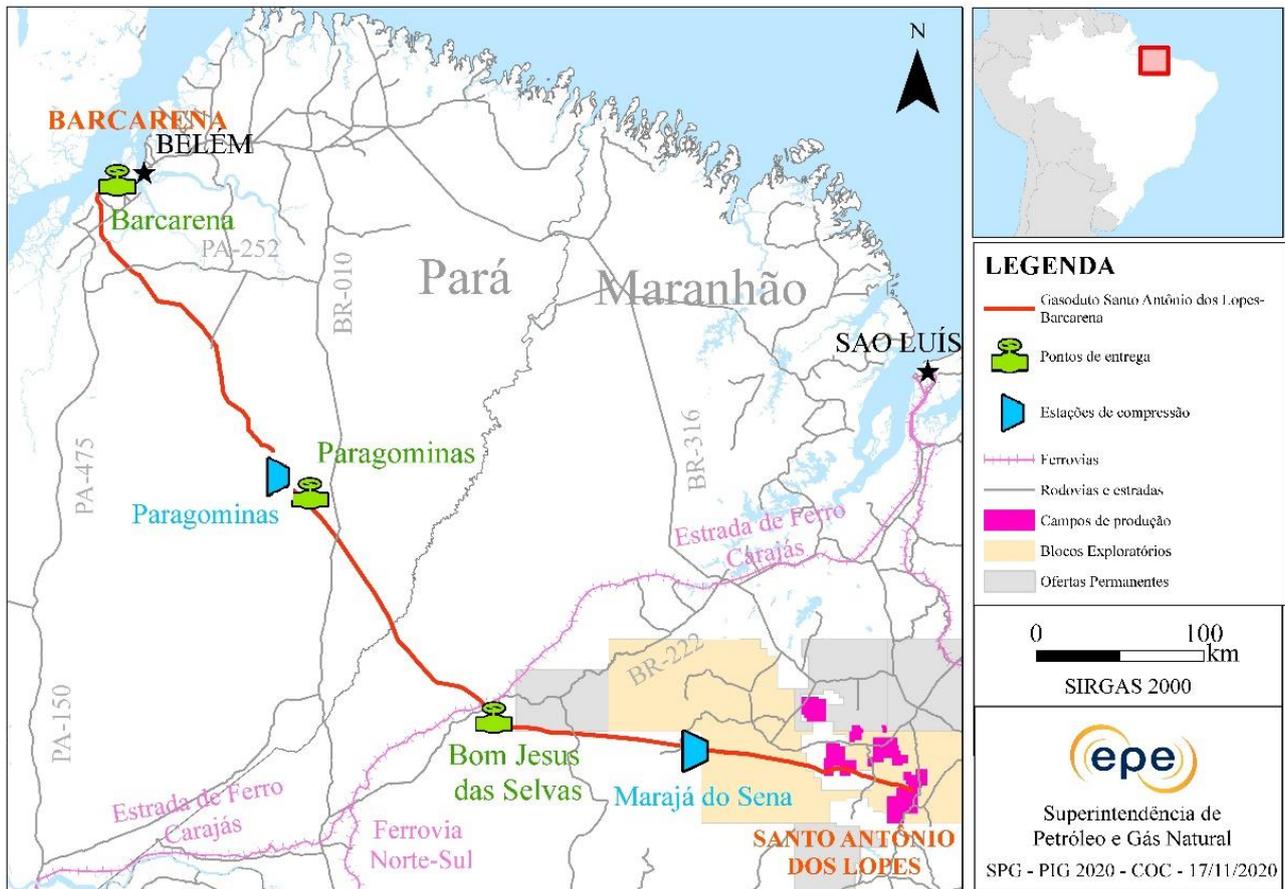
Cabe ressaltar que este gasoduto pode ser prescindido por rotas de GNL em pequena escala em um primeiro momento, até conseguir escala suficiente para viabilizar a construção do gasoduto. Já há projetos de terminais de GNL em pequena escala sendo estudados em São Luís, como abordado em EPE (2020b), pela Golar Power. Visto as condições mais sensíveis de construção de dutos no Norte/Nordeste do país por conta socioambiental, além de uma demanda mais pulverizada característica da região, a solução poderia ser o vetor para a construção do gasoduto a posteriori.

### 3.5. Gasoduto Santo Antônio dos Lopes/MA – Barcarena/PA

O gasoduto Santo Antônio dos Lopes/MA-Barcarena/PA conecta a Bacia do Parnaíba, no Maranhão, ao Porto Organizado de Vila do Conde, no município de Barcarena, na região metropolitana de Belém/PA. Trata-se de percurso semelhante ao conceito do Gasoduto do Pará (ramal Açailândia/MA-Barcarena/PA passando por Paragominas/PA) autorizado pela ANP antes da assinatura da Lei do Gás 11.909/2009. Como Barcarena faz parte da região metropolitana de Belém, existe a possibilidade de atendimento de gás natural da capital paraense.

No Maranhão, o gás natural seco produzido nos campos terrestres da Bacia do Parnaíba abastece o Complexo Termelétrico Parnaíba que tem capacidade contratada de 1,9 GW, dos quais 1,4 GW estão em operação, com consumo atual aproximado de 8,4 milhões de m<sup>3</sup>/d (ENEVA, 2020). Já no Pará, está em desenvolvimento o projeto de construção de um terminal de regaseificação de GNL, com capacidade de 15 milhões de m<sup>3</sup>/d, para abastecer a UTE Novo Tempo Barcarena de 605 MW, das Centrais Elétricas de Barcarena (Celba), que tem como sócias a Golar Power e a Evolution Power Partners (EPP), vencedora do leilão de energia nova A-6 (EPBR, 2019). Em agosto de 2020, a Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Pará (SEMAS-PA) emitiu a licença de instalação LI 3044/2020 (processo 2019/0000048189) para a usina termelétrica, o terminal e o gasoduto integrante, de 20 polegadas e 3,4 km de extensão (SEMAS-PA, 2020). Além disso, Barcarena é um importante polo industrial de beneficiamento e exportação de caulim e alumina e produção de alumínio e cabos de transmissão de energia elétrica.

Com base nas novas possíveis ofertas e demandas potenciais de gás natural nos estados do Maranhão e do Pará foi proposta a alternativa de traçado Santo Antônio dos Lopes/MA-Barcarena/PA, conforme apresentado na Figura 17.



**Figura 17. Mapa de localização do gasoduto Santo Antônio dos Lopes/MA-Barcarena/PA**  
 Fonte: Elaboração própria EPE.

### 3.5.1. Resumo do traçado

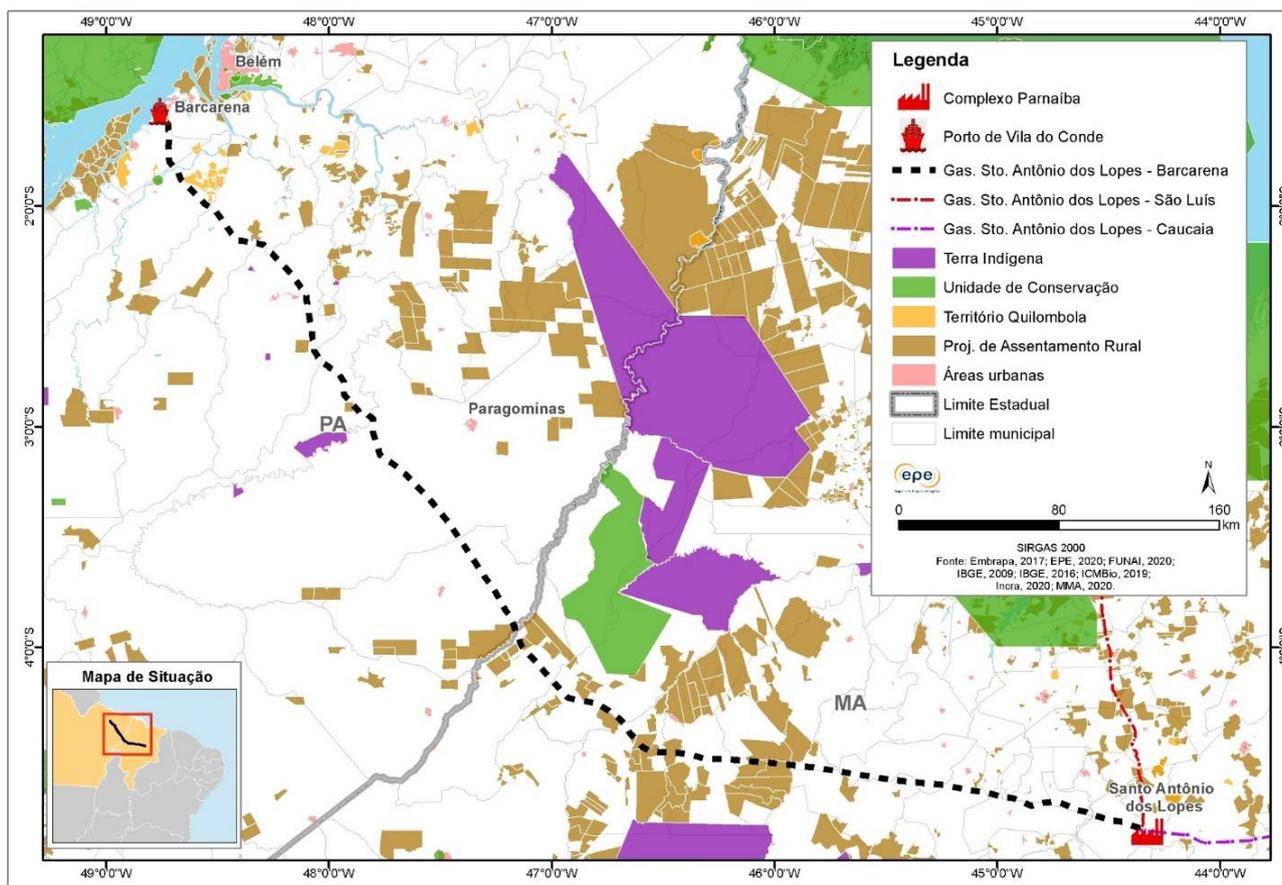
A faixa de domínio do gasoduto Santo Antônio dos Lopes-Barcarena tem 677 km de extensão, 20 m de largura e atravessa 23 municípios, sendo 15 no Maranhão (Santo Antônio dos Lopes, Pedreiras, Poção das Pedras, Bernardo do Mearim, Igarapé Grande, Lago dos Rodrigues, Lago do Junco, Lago da Pedra, Paulo Ramos, Marajá do Sena, Santa Luzia, Buriticupu, Bom Jesus das Selvas, Bom Jardim e Itinga do Maranhão) e 8 no Pará (Ulianópolis, Paragominas, Ipixuna do Pará, Tomé-Açu, Acará, Moju, Abaetetuba e Barcarena).

Destaca-se que o traçado atual, embora também conecte os municípios de Santo Antônio dos Lopes e de Barcarena, difere dos corredores 1 e 2 (com 20 km de largura cada) que foram analisados no PEMAT 2022 (EPE, 2014). Naquele documento, o Corredor 1 (ao sul das Terras Indígenas Alto Rio Guamá, Alto Turiaçu, Awá e Caru) tinha 724 km de extensão e passava próximo aos municípios de Dom Eliseu, Ulianópolis e Paragominas. O Corredor 2 (ao norte das terras indígenas supracitadas) tinha 693 km, estava mais perto da costa e de municípios como Nova Olinda do Maranhão, Santa Luzia do Pará e Capitão Poço. Como desde a publicação do relatório do PEMAT 2022 as premissas socioeconômicas, as metodologias de análise de custos e de fatores de dificuldade construtiva foram atualizadas, optou-se por estudar um novo traçado para essa alternativa no PIG 2020. O corredor 1 do PEMAT 2022 seria o mais próximo ao traçado atual proposto no PIG 2020.

Cerca de 664 km do gasoduto seriam construídos em faixa nova e 13 km compartilhando a faixa existente do mineroduto Paragominas/PA-Barcarena/PA da empresa Hydro, a fim de reduzir os impactos na fauna, flora e nas populações adjacentes. Esse mineroduto tem 244 km de extensão e transporta bauxita das minas em Paragominas até a Refinaria Alunorte, onde se transforma em alumina (HYDRO, 2019).

### 3.5.2. Análise socioambiental e dificuldades construtivas

A região estudada tem grande sensibilidade socioambiental devido à presença de terras indígenas (TI), unidades de conservação (UC), áreas alagáveis e áreas de vegetação nativa. Destacam-se as TIs Alto Rio Guamá, Alto Turiaçu, Awá e Caru, e a UC de proteção integral Reserva Biológica (Rebio) do Gurupi. A Figura 18 apresenta estes aspectos ao longo do traçado.



**Figura 18. Áreas de relevância socioambiental do gasoduto Santo Antônio dos Lopes/MA – Barcarena/PA**  
 Fonte: elaboração própria EPE.

De acordo com os dados consultados, o traçado proposto não atravessa unidades de conservação, terras indígenas ou territórios quilombolas. Entretanto, no município de Moju/PA, a diretriz passa a menos de 5 km de distância de quatro territórios quilombolas (TQs), conforme Tabela 12, o que poderá exigir do empreendedor a elaboração de Estudos de Componente Quilombola durante o licenciamento, conforme determinado na Portaria Interministerial nº 060, de 24 de março de 2015 (IPHAN, 2015).

**Tabela 12. Territórios quilombolas situados a menos de 5 km do traçado do gasoduto**

Nome do território quilombola	Município / Estado	Distância aproximada do TQ ao traçado (km)
São Sebastião	Moju/PA	0,06
Centro Ouro, Nossa Senhora das Graças		0,25
Santa Maria do Traquateua		2,8
Santa Luzia do Tracuateua		3

Fonte: elaboração própria EPE.

Destaca-se que, conforme informações da Fundação Cultural Palmares (FCP), nos municípios atravessados pela diretriz há 24 comunidades quilombolas certificadas que ainda não constam na base georreferenciada disponibilizada pelo INCRA. Portanto, quando da elaboração do traçado final

do gasoduto, é importante verificar se essas comunidades já foram demarcadas para que eventuais desvios possam ser realizados.

Na região de implantação do empreendimento há grande quantidade de projetos de assentamento rural (vide Tabela 13), o que impossibilitou que o traçado do gasoduto evitasse a passagem por essas unidades. Entretanto, destaca-se que a diretriz foi elaborada buscando, quando possível, reduzir a interferência nos assentamentos. Entre os projetos de assentamento rural interceptados, citam-se: Alto Boa Vista (Itinga do Maranhão/MA); Passo Livre (Bom Jardim/MA); Rosa Saraiva, Santa Inácia e Faisa (Santa Luzia/MA); Triângulo de Prata (Buriticupu/MA); Mapisa, Raimundo Panelada/Simasa, São Francisco/Boa Viagem (Bom Jesus das Selvas/MA); Floresta Gurupi I (Ulianópolis/PA) e Diamantina II (Ipixuna do Pará/PA).

**Tabela 13. Projetos de assentamento rural interceptados pelo traçado do gasoduto**

<b>Nome do projeto de assentamento rural</b>	<b>Município / Estado</b>
Alto Boa Vista	Itinga do Maranhão/MA
Passo Livre	Bom Jardim/MA
Rosa Saraiva	
Santa Inácia	Santa Luzia/MA
Faisa	
Triângulo de Prata	Buriticupu/MA
Mapisa	
Raimundo Panelada/Simasa	Bom Jesus das Selvas/MA
São Francisco/Boa Viagem	
Floresta Gurupi I	Ulianópolis/PA
Diamantina II	Ipixuna do Pará/PA

Fonte: elaboração própria EPE.

Em território maranhense, o traçado tem início em uma região de transição de biomas onde há elementos da Floresta Amazônica, Cerrado e Caatinga. Este mosaico dá origem a Mata dos Cocais, que é caracterizada pela presença de espécies vegetais como a Carnaúba e o Babaçu. À medida que avança a oeste, a vegetação assume características da Floresta Amazônica, com presença de mata densa e fechada, com árvores de grande porte. As áreas antropizadas são ocupadas principalmente por pastagens e por pequenos núcleos urbanos dispersos. Nas proximidades da divisa com o estado do Pará, há um mosaico formado por grandes fragmentos de vegetação nativa em meio a extensas áreas de cultivo.

Na região do território paraense, observam-se grandes corredores de vegetação nativa. No município de Paragominas, junto às áreas de florestas nativas, há intensa atividade mineradora (caulim e bauxita), além de grandes propriedades agrícolas de soja e milho. No restante do traçado, até a Região Metropolitana de Belém, observam-se muitas áreas de pastagens associadas a pequenas áreas de cultivo em meio à vegetação nativa.

No relevo, destacam-se as colinas, as feições erosivas, os morros e as serras baixas, além dos tabuleiros, dos planaltos e das planícies (CPRM, 2002). Os trechos com maiores declividades poderão ser evitados após o aerolevanteamento e a modelagem do relevo, cujas etapas deverão ser executadas pelos agentes interessados.

O traçado interfere em 28 processos minerários em fase de concessão de lavra (3), requerimento de lavra (15), autorização de pesquisa (8), licenciamento (1) e requerimento de licenciamento (1), envolvendo substâncias como bauxita (19), caulim (6), minério de alumínio (1), areia (1) e saibro (1). Destaca-se a concentração de processos minerários nos municípios de Paragominas e Ulianópolis, no estado do Pará, o que demandará maior atenção no refinamento do traçado durante o tratamento com os titulares dos respectivos direitos minerários.

Estima-se que sejam necessários pelo menos 13 furos direcionais, sendo 7 deles em travessias (Rios Moju, Capim, Acará, Acará-Mirim, Grajaú, Mearim e Gurupi) e 6 em cruzamentos (Estrada de Ferro Carajás, BR-222, PA-451, PA-151, PA-483 e via no Porto de Vila do Conde). Os projetos detalhados sobre as condições e as características técnicas de cada furo direcional deverão ser realizados pelo agente interessado na construção do gasoduto e discutidos com os órgãos competentes para a obtenção das respectivas autorizações e licenças. Destacam-se, também, os seguintes rios de menores larguras que seriam atravessados pelo gasoduto: Pindaré, Mariquita, Jeju, Buriticupu, Verde, Gurupizinho e Potiri.

Além dos cruzamentos mencionados, outros que merecem atenção são os das seguintes vias: BR-10 (Rodovia Belém-Brasília), MA-06, MA-012, MA-245, MA-323, MA-381, PA-125, PA-140, PA-252 e PA-256. Em algumas regiões há poucas vias pavimentadas, especialmente no limite entre os estados do Maranhão e do Pará, o que poderá representar desafios logísticos durante a Construção e a Montagem. Entre os municípios maranhenses de Bom Jesus da Selva e Bom Jardim, a diretriz intercepta a Estrada de Ferro Carajás (EF-315), devendo o empreendedor avaliar as condicionantes específicas para a realização desse cruzamento.

Aproximadamente 649,8 km do gasoduto estariam na classe 1, 24 km na classe 2 e 3,2 km na classe 3; este último trecho, à princípio, estaria localizado na região portuária e industrial de Barcarena. Essas estimativas deverão ser revisadas e aprimoradas à medida que os trabalhos de campo, o aerolevanteamento e outros estudos complementares forem realizados pelos agentes interessados na construção do gasoduto.

Quanto ao relevo, o traçado atravessa predominantemente relevo plano (62%), seguido por relevo suave (19%) e ondulado (19%); esse último está presente notadamente nos vales encaixados de rios. A maior extensão do gasoduto atravessa áreas de pastagens e de vegetação rasteira (59%), enquanto 39% da extensão total passa por áreas com árvores de maior porte e o restante por regiões com plantações.

O traçado cruza com seis linhas de transmissão (LT) de alta tensão e com a diretriz preliminar de duas linhas planejadas. Destaca-se sua proximidade às LT 230kV existentes Vila do Conde-Mitônia III (Paragominas) e LT 500 kV Tucuruí-Vila do Conde (C1, C2 e C3), além da diretriz da LT 230kV planejada Vila do Conde-Tomé-Açu.

Destaca-se a necessidade de realização, por parte dos agentes econômicos interessados na construção do gasoduto, de estudos detalhados como aqueles necessários à análise de riscos e danos, além da adoção de boas práticas de Engenharia para proteger a fauna, a flora, a vida humana e a integridade dos empreendimentos potencialmente afetados.

As empresas proprietárias e/ou operadoras do mineroduto e das linhas de transmissão deverão ser consultadas juntamente com os órgãos ambientais sobre o projeto do gasoduto Santo Antônio dos Lopes-Barcarena, podendo o traçado preliminar apresentado nessa publicação sofrer alterações e/ou ajustes a depender das discussões sobre as características técnicas e as necessidades operacionais dos projetos.

A extensão total do gasoduto atravessa 56% de rochas brandas, 42% de sedimentos inconsolidados e 2% de rochas duras. Entre as rochas brandas destacam-se os argilitos, arenitos e folhelhos do Grupo Itapecuru e do Grupo Barreiras e, entre os sedimentos inconsolidados, há depósitos lateríticos (concentrações de hidróxidos de ferro e de alumínio) e depósitos fluviais.

Como não foram realizados trabalhos de campo e nem sondagens geotécnicas, recomenda-se que essas etapas de investigação do subsolo bem como outras sejam realizadas durante as etapas posteriores do projeto.

### 3.5.3. Dimensionamento Termofluido-hidráulico

O Gasoduto Santo Antônio dos Lopes/MA- Barcarena/PA foi estudado com o objetivo de possibilitar a ligação do terminal de Barcarena/PA, em construção, com o já existente polo produtor de gás Santo Antônio dos Lopes/MA. Além disso, o projeto do gasoduto prevê a possibilidade de interligação com o Gasoduto Santo Antônio dos Lopes/MA-Caucaia/CE. Com isso, seria possível interligar os estados do Pará, Maranhão, Piauí e Ceará. Da mesma forma que o Gasoduto Santo Antônio dos Lopes/MA-Caucaia/CE, o Gasoduto Santo Antônio dos Lopes/MA-Barcarena/PA foi dimensionado para ser bidirecional e com capacidade de 8 milhões de m<sup>3</sup>/dia. Essa capacidade seria compatível ao excedente do terminal de GNL em Barcarena/PA. De acordo com o estudo, o projeto também estaria apto a escoar um possível excedente de produção de gás natural da Bacia do Parnaíba para Barcarena.

Foram considerados, ao longo do traçado, três pontos de entrega de gás e duas estações de medição. A localização dos pontos de entrega foi determinada através dos municípios com maiores demandas, segundo as avaliações de potencial de substituição de fontes realizadas pela EPE e pelo estudo de demanda de gás no Brasil do BNDES (2020). Os pontos de entrega ficaram localizados em Barcarena/PA (4,0 milhões de m<sup>3</sup>/dia), Paragominas/PA (1,0 milhão de m<sup>3</sup>/dia) e Bom Jesus da Selva (1,0 milhão de m<sup>3</sup>/dia). Todas as demandas projetadas apresentam valores superiores as demandas existentes hoje, contudo, essa estratégia foi adotada devido à expectativa de aumento das demandas ao longo do tempo, gerada através do desenvolvimento de outros consumidores de gás natural ao longo do traçado do gasoduto. Além disso, de acordo com a evolução da demanda, outros pontos de entrega poderiam ser instalados a fim de proporcionar um melhor atendimento aos consumidores potenciais.

O dimensionamento do gasoduto foi realizado através de simulações termofluido-hidráulicas, resultando em um duto com 20 polegadas, empregando 2 estações de compressão: uma no município de Paragominas/PA e outra no município de Marajá do Sena/MA. Conforme observado em outros projetos de gasodutos, à medida que as demandas ao longo do traçado do duto forem evoluindo, seria possível realizar um escalonamento das entradas das estações de compressão.

### 3.5.4. Estimativas de Custos

A Tabela 14 detalha os custos associados ao projeto, agrupados em rubricas. O custo mais significativo é o relativo à Construção e Montagem, principalmente devido à extensão do gasoduto. A parte de tubulações também apresenta um valor elevado. Essa rubrica está diretamente atrelada ao dólar. Já os custos de terreno apresentaram um valor baixo, principalmente devido à maior parte do

traçado atravessar apenas áreas rurais e em Classe de Locação 1, resultando em baixo custo de aquisição de terrenos e indenizações.

**Tabela 14. Custos associados ao projeto do gasoduto Santo Antônio dos Lopes/MA – Barcarena/PA**

<b>Descrição</b>	<b>R\$ mi</b>	<b>%</b>
<b>Custos Diretos</b>		
Tubulação	1.352	23,1
Componentes	74	1,3
Construção e Montagem	2.533	43,3
Instalações complementares	201	3,4
Sistemas de Supervisão e Controle, Comunicação e Detecção de Vazamentos	9	0,2
Terrenos	202	3,4
<b>Custos Indiretos</b>		
Projeto de Engenharia, Compensação e Licenciamento Ambiental	24	0,4
BDI – Benefícios e Despesas Indiretas	862	14,7
Contingências	594	10,2
<b>INVESTIMENTO TOTAL (data-base jun/20)</b>	<b>5.851</b>	<b>100</b>

Fonte: Elaboração própria EPE.

Nota: estimativas baseadas na análise de projetos conceituais, com precisão de -20% a -50% e +30% de +100%.

Vale ressaltar que este projeto pode excluir outras alternativas para abastecimento da região, visto o potencial de redundância que os outros dutos (Santo Antônio dos Lopes/MA-Caucaia/CE e Santo Antônio dos Lopes/MA-São Luis/MA) podem apresentar para conexão de ofertas e demandas, embora o sistema de dutos descrito neste estudo permita a interligação de novos estados (Piauí, Maranhão e Pará) e suas capitais ao STGN.

## 4. Resultados e Discussão

Conforme apresentado ao longo do estudo foram mapeados 6 projetos indicativos de gasodutos de transporte, com o objetivo principal de conectar novas ofertas e demandas ao STGN. Estes projetos são apresentados na Tabela 15, junto a suas extensões, diâmetros, vazões e valores de CAPEX estimados.

**Tabela 15. Projetos de Gasodutos de Transporte analisados no ciclo do PIG 2020**

Gasoduto	Extensão (km)	Diâmetro (pol)	Vazão (MMm <sup>3</sup> /dia)	Custos Diretos (R\$ milhões)	Custos Indiretos (R\$ milhões)	Custo Total (R\$ milhões)
Penápolis/SP-Canoas/RS (Chimarrão A)	1.168	20	8	8.773	3.085	11.858
Bilac/SP-Santa Maria/RS (Chimarrão B)	1.237	20	8	9.174	3.216	12.390
Presidente Kennedy/ES-São Brás do Suaçui/MG	332	20	12	2.821	1.059	3.880
Santa Antônio dos Lopes/MA-Caucaia/CE	684	20	8	4.572	1.587	6.159
Santa Antônio dos Lopes/MA-São Luis/MA	282	20	7	2.764	1.076	3.840
Santa Antônio dos Lopes/MA-Barcarena/PA	677	20	8	4.371	1.480	5.851
<b>Total</b>	<b>4.380</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>32.475</b>	<b>11.503</b>	<b>43.978</b>

Fonte: Elaboração própria EPE.

Nota: estimativas baseadas na análise de projetos conceituais, com precisão de -20% a -50% e +30% de +100%.

No ciclo do PIG 2020 foram analisados projetos com importância estratégica por conectarem novas capitais ao STGN, nominalmente as alternativas Santo Antônio dos Lopes/MA – Barcarena/PA, Santo Antônio dos Lopes/MA – São Luis/MA e Santo Antônio dos Lopes/MA – Caucaia/CE. Caso se mostrem viáveis em posterior detalhamento pelos empreendedores, estes projetos podem vir a ser implementados em conjunto ou em etapas, permitindo a conexão das capitais Belém/PA, Teresina/PI e São Luís/MA ao STGN e permitindo seu atendimento por gás natural advindo de quaisquer fontes de oferta conectadas à malha, sejam elas nacionais – por exemplo, o gás natural do pré-sal - ou importadas - por exemplo, o GNL regaseificado no litoral.

Além disso, foram analisadas duas alternativas que permitem o atendimento do interior dos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. As alternativas denominadas como “Chimarrão A” e “Chimarrão B” permitem ampliar o fornecimento de gás natural aos três estados da Região Sul, não só complementando os volumes hoje entregues via GASBOL, mas também atendendo a novas áreas com demanda potencial, baseada em novos projetos industriais ou na substituição do consumo existente de outros combustíveis em polos industriais existentes. No caso da demanda de substituição, porém, a viabilidade da estratégia dependerá dos preços relativos do gás natural frente aos outros combustíveis no ano presente e nos anos seguintes, para que o projeto seja avaliado como viável durante toda sua vida útil. Neste sentido, as sinalizações de baixas nos preços do gás natural frente aos derivados de petróleo, devido à mudança da lógica de competição gás-óleo para uma

lógica gás-gás, podem apresentar uma vantagem competitiva a ser considerada nos EVTEs de empreendimentos industriais.

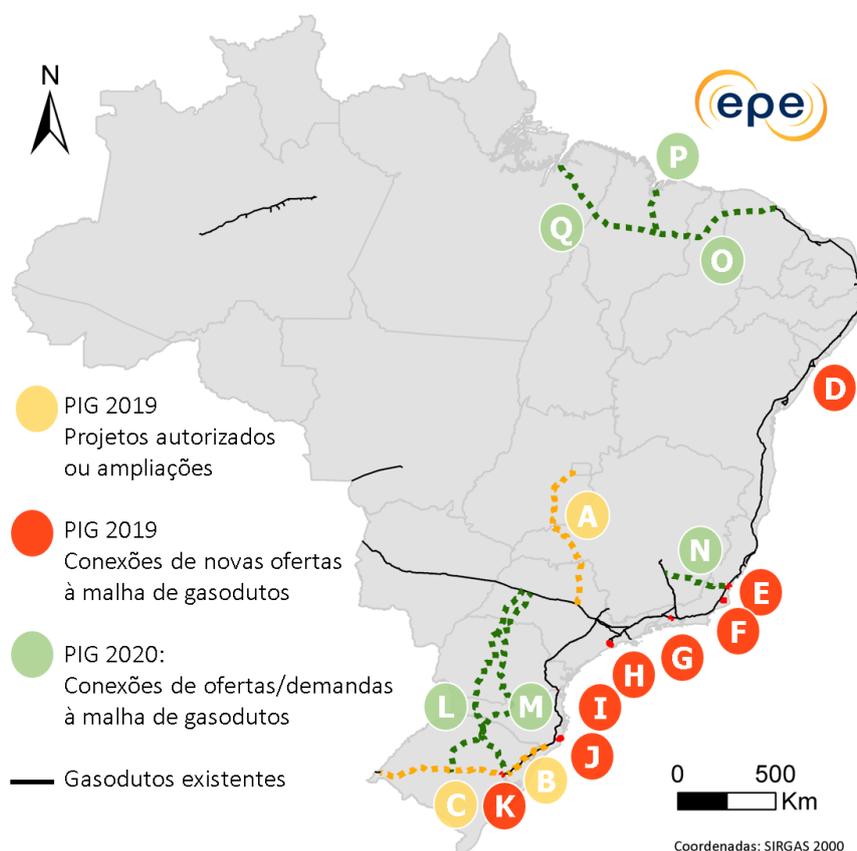
Enquanto as alternativas avaliadas no PIG 2020 possuem maior extensão, alguns dos projetos estudados no PIG 2019, que têm como base a interligação de terminais de GNL futuros à malha integrada de gasodutos de transporte, possuem extensões de 15 a 45 km, uma vez que em sua maioria estão localizados próximos à malha existente. Além disso, os custos estimados para cada projeto não variam de forma linear com a extensão, uma vez que o diâmetro de cada alternativa, a necessidade ou não de estações de compressão ao longo de sua extensão, além dos parâmetros relacionados à construção deles, podem variar bastante.

Todos os projetos elencados neste trabalho foram estudados de forma indicativa, como alternativas potenciais para a expansão da malha de gasodutos de transporte, e sua implementação futura dependerá do equacionamento de diversos fatores por parte dos agentes interessados em cada empreendimento, como: a assinatura de contratos de oferta de gás natural; a assinatura de contratos de demanda de gás natural; o estabelecimento de acordos para interconexão com os gasodutos existentes; a realização de chamada pública para alocação de capacidade; o detalhamento dos estudos socioambientais e de engenharia; entre outros.

De forma geral, todas as alternativas estudadas podem trazer novos pontos de fornecimento ou demanda de gás natural ao Sistema de Transporte de Gás Natural do Brasil, beneficiando os atores conectados à malha integrada, que poderiam ter diferentes opções de compra e venda de gás natural. Dentro de um mercado mais aberto, dinâmico e competitivo, conforme previsto com a iniciativa Novo Mercado de Gás, e também com a tarifação na forma de entrada e saída, espera-se que estes novos pontos de oferta ou demanda possam reduzir as tarifas de transporte para todos os carregadores em sua área de influência, reduzindo, por conseguinte, o preço do gás natural para clientes finais nesses estados, uma vez que irão ampliar as vazões movimentadas na malha, incorrendo em ganhos de escala

## 5. Atualizações sobre Projetos Analisados em Ciclos Anteriores

O ciclo do PIG 2019 mapeou 11 projetos indicativos de gasodutos de transporte, somando cerca de 2.000 km de extensão e investimentos da ordem de R\$ 17 bilhões. Junto aos gasodutos estudados no presente ciclo, os projetos indicativos já analisados pela metodologia do PIG somam 4.380 km de extensão, com investimentos da ordem de R\$ 44 bilhões. Na Figura 19 são apresentados os projetos estudados nos dois primeiros ciclos do PIG.



**Figura 19. Alternativas estudadas nos ciclos do PIG 2019 e 2020.**

Fonte: elaboração própria EPE.

De sua concepção até o início da operação, um gasoduto de transporte passa por diversas etapas. A etapa de estudos iniciais inclui a investigação da oferta e demanda preliminares, a realização de análise socioambiental para definição do traçado e a análise técnica para definição da extensão, pontos de entrega e diâmetro. Posteriormente, podem ser iniciados o processo de licenciamento ambiental e a chamada pública para confirmação da capacidade e de agentes interessados – que pode ter diversas etapas de manifestação de interesse e contestações, e ocorrer de forma iterativa.

A Lei nº 11.909/2009 aborda o modelo de outorga vigente, de concessão (excetuando-se os gasodutos referentes a acordos internacionais), porém este modelo apresentou alguns entraves para a viabilização de novos projetos de gasodutos de transporte no Brasil - este é um dos motivos de não termos observado novos gasodutos de transporte desde 2010. A Nova Lei do Gás, aprovada na Câmara dos Deputados como o PL 6.407/2013 e atualmente em tramitação no Senado Federal como PL 4.476/2020, traz definições importantes quanto à transparência nas informações de toda a

infraestrutura, além da independência e autonomia do transporte, impedindo relação societária entre carregadores e novas transportadoras, e também prezando pela contestabilidade dos concorrentes, que poderá trazer modicidade tarifária. Sendo assim, está atualmente em curso no País uma mudança nos modelos de outorga, que trará mais agilidade e segurança jurídica no processo de implementação de novos gasodutos.

Em seguida, com a confirmação das características do projeto, além de volumes reservados nas entradas e saídas e listagem de carregadores a serem atendidos, ocorrem a Decisão Final de Investimento (Final Investment Decision - FID), a construção do gasoduto e sua operação propriamente dita.

A Tabela 16 apresenta o andamento dos projetos estudados neste ciclo e em ciclos anteriores do PIG, com base nos principais marcos citados.

**Tabela 16. Andamento dos projetos de gasodutos de transporte analisados no PIG 2019 e 2020**

	Alternativas de gasodutos*	Andamento				
		Estudos Iniciais	Em Processo de Licenciamento**	FID***	Em Construção	Em operação
A	São Carlos/SP – Brasília/DF (Brasil Central)					
B	Siderópolis/SC – Porto Alegre/RS (Duplicação de trecho do GASBOL)					
C	Uruguaiana/RS – Triunfo/RS (Trecho 2 do Gasoduto Uruguaiana/RS - Porto Alegre/RS)					
D	Porto Sergipe - Catu Pilar/SE					
E	Porto Central - GASCAV/ES					
F	Porto do Açú - GASCAV/ES					
G	Porto de Itaguaí - GASCAR/RJ					
H	Cubatão/SP - GASAN/SP					
I	Terminal Gás Sul/SC - GASBOL					
J	Terminal Imbituba/SC -GASBOL					
K	Mina Guaíba/RS -Triunfo/RS					
L	Chimarrão A					
M	Chimarrão B					
N	Presidente Kennedy/ES - São Brás do Suaçui/MG					
O	Santo Antônio dos Lopes/MA – Caucaia/CE					
P	Santo Antônio dos Lopes/MA – São Luis/MA					
Q	Santo Antônio dos Lopes/MA – Barcarena/PA					

Fonte: elaboração própria EPE.

Notas: \* As alternativas A a K foram estudadas no PIG 2019 e as alternativas L a Q no PIG 2020.

\*\* : Inclui processos de licenciamento ambiental de projetos similares, de projetos que compartilham trechos ou a totalidade da faixa de servidão, e processos de licenciamento ambiental já expirados.

\*\*\*: Final Investment Decision (FID) ocorre quando os empreendedores confirmam que o projeto tem condições técnicas, operacionais, comerciais e financeiras para avançar para a fase de desenvolvimento e construção

## 6. Conclusões

---

No ciclo do PIG 2020, foram estudados 4.380 km de projetos de gasodutos de transporte, que somados representam investimentos da ordem de R\$ 44 bilhões<sup>3</sup>. Em complemento ao presente estudo, o ciclo do PIG 2019 já havia mapeado 11 projetos indicativos de gasodutos de transporte, somando cerca de 2.000 km de extensão e investimentos da ordem de R\$ 17 bilhões. Assim, os projetos indicativos analisados pela EPE no biênio 2019-2020 na metodologia do PIG somam em torno de 6.000 km de extensão, com investimentos que alcançam o patamar de R\$ 61 bilhões.

Porém, para que estes projetos venham a ser construídos, é necessária a realização da nova oferta prevista, bem como a confirmação de novas demandas de gás natural que venham a consumir tais volumes, considerando os preços que possam ser disponibilizados ao mercado. A nova oferta está associada principalmente ao gás natural proveniente do ambiente pré-sal nas Bacias de Campos e Santos, ao gás natural proveniente do ambiente pós-sal nas Bacias do Espírito Santo e Sergipe-Alagoas, e ao gás natural proveniente de novos projetos de terminais de regaseificação de GNL ao longo de todo o litoral que possam se conectar à malha nos próximos anos.

A quantificação da demanda potencial de gás natural para o PIG 2020 indica que os grandes empreendimentos são naturalmente responsáveis pela maior parcela da demanda identificada. Para viabilidade desses empreendimentos, o aproveitamento das vocações regionais deve ser conjugado a uma maior competitividade do gás natural e segurança de fornecimento de longo prazo, principalmente em relação aos outros combustíveis consumidos ao longo do traçado dos projetos e que poderiam ser deslocados pelo gás natural.

Foi observado também no presente estudo que o compartilhamento das faixas de servidão entre gasodutos e outras infraestruturas têm potencial de reduzir os custos de implementação para cada agente, em comparação a uma situação onde os projetos fossem construídos em separado. O compartilhamento de faixas pode vir a auxiliar no âmbito da universalização do acesso à internet no Brasil, da promoção de segurança hídrica para os locais com maior escassez, da otimização e redução de custos no transporte multimodal de diversos combustíveis líquidos, entre outras economias de escopo e escala observadas.

Neste sentido, o programa Novo Mercado de Gás pode vir a incentivar a viabilização dos projetos estudados, uma vez que irá promover a concorrência no setor de gás natural brasileiro, trazendo maior competitividade e diversidade de agentes, principalmente no que toca aos novos volumes de oferta disponibilizadas ao mercado. O estabelecimento de um Sistema de Transporte de Gás Natural integrado em todo país também ajudará a promover a viabilização destes investimentos, pois os benefícios trazidos pelos mesmos à malha integrada poderão ser compartilhados pelos usuários das diversas áreas de mercado às quais eles estarão conectados. A conexão à malha existente permitirá que cada projeto transporte volumes de gás natural referentes a contratos distribuídos por todo o País, e não só aqueles que estão na área de influência de cada alternativa.

Ressalte-se que a implementação de cada projeto dependerá do detalhamento de diversos aspectos socioambientais e de engenharia, assim como confirmações acerca da demanda e da oferta, e acordos para interconexão com gasodutos existentes. Somente após a realização de tais detalhamentos, por parte das empresas interessadas, será possível confirmar quantos e quais dentre

---

<sup>3</sup> Embora apenas uma das alternativas do gasoduto Chimarrão possivelmente será construída, a extensão e o investimento abordados contemplam as duas opções.

os projetos estudados possuem viabilidade econômica, e qual será o aumento real nos volumes de gás natural movimentados no Brasil.

Por fim, note-se que adicionalmente aos gasodutos, diversas tecnologias de transporte de gás natural podem ser avaliadas para suprimento dos mercados, como a utilização de “gasodutos virtuais”, que são sistemas modulares de transporte de gás natural comprimido ou liquefeito (seja pelo modo rodoviário, ferroviário ou fluvial) para atendimento da demanda em regiões ainda não atendidas por gasodutos convencionais. Cada uma das alternativas de transporte tem uma competitividade relativa maior ou menor entre si dependendo não só da distância até os clientes finais, mas também dos volumes a serem transportados. Não obstante, pode-se destacar a contribuição dos gasodutos virtuais na criação de pontos de demanda, principalmente para grandes distâncias, e estudos futuros podem considerar a atuação complementar dos modais ao longo do tempo.

## 7. Referências bibliográficas

---

ANA. Agência Nacional de Águas, 2019. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2019: Informe Anual. Disponível em <http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura-completo.bb39ac07.pdf>. Acesso em: out/2020.

ANATEL, Agência Nacional de Telecomunicações, 2020a. Mapeamento de redes de transporte. Disponível em <https://www.anatel.gov.br/legislacao/procedimentos-de-fiscalizacao/1379-portaria-144>. Acesso em: out/2020.

\_\_\_\_\_.\_\_\_\_\_, 2020b. Portaria nº 144, de 06 de fevereiro de 2020. Disponível em <https://www.anatel.gov.br/dados/mapeamento-de-redes>. Acesso em: out/2020.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica; ANATEL. Agência Nacional de Telecomunicações; ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 1999. Resolução conjunta nº. 1, de 24 de novembro de 1999. Aprova o Regulamento Conjunto para Compartilhamento de Infra-estrutura entre os Setores de Energia Elétrica, Telecomunicações e Petróleo. Disponível em: <https://www.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/resolucoes-conjuntas/84-resolucao-conjunta-1>. Acesso em: out/2020.

ANM. Agência Nacional de Mineração, 2020. Processos Minerários (arquivos vetoriais). Disponível em: <http://www.anm.gov.br/assuntos/ao-minerador/sigmine>. Acesso em: out/2020.

ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2011. Regulamento Técnico de Dutos Terrestres para Movimentação de Petróleo, Derivados e Gás Natural (RTDT). Disponível em [http://www.anp.gov.br/images/Legislacao/Resolucoes/2011/res\\_anp\\_6\\_2011\\_anexol.pdf](http://www.anp.gov.br/images/Legislacao/Resolucoes/2011/res_anp_6_2011_anexol.pdf). Acesso em: out/2020.

\_\_\_\_\_.\_\_\_\_\_, 2012a. Resolução nº 42, de 10 de dezembro de 2012. Disponível em: <http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2020/marco&item=rانp-42--2012>. Acesso em: out/2020.

\_\_\_\_\_.\_\_\_\_\_, 2012b. Autorização ANP nº 511, De 5.11.2012 - DOU 6.11.2012. Disponível em: <http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/autorizacoes/2012/novembro&item=aut-511--2012&export=pdf>. Acesso em: out/2020.

ANTF. Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários, 2020. Mapa Ferroviário. Disponível em <https://www.antf.org.br/mapa-ferroviario/>. Acesso em: out/2020.

APRC – APRC Engenharia Ltda, 2016. Relatório Técnico - Avaliação Técnica e Orçamentária de Projetos de Gasodutos.

BNDES. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2020. Gás para o Desenvolvimento. Disponível em <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/19681>. Acesso em: out/2020.

BRASIL. Lei nº 9.472, de 16 de julho de 1997. Dispõe sobre a organização dos serviços de telecomunicações, a criação e funcionamento de um órgão regulador e outros aspectos institucionais, nos termos da Emenda Constitucional nº 8, de 1995. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9472.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9472.htm). Acesso em: out/2020.

CORREIO DE MINAS, 2016. Ferrous desiste de licenciamento para mineroduto e vai usar via férrea. Disponível em <https://correiodeminas.com.br/ferrous-desiste-de-licenciamento-para-mineroduto-e-vai-usar-via-ferrea/>. Acesso em out/2020.

CPG, 2019. Projeto de construção de Gasoduto entre ES e MG deverá ser assinado em fevereiro de 2020. Disponível em <https://clickpetroleoegas.com.br/projeto-de-construcao-de-gasoduto-entre-es-e-mg-devera-ser-assinado-em-fevereiro-de-2020/>. Acesso em out/2020.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 2002. Mapa de Geodiversidade (corte ao milionésimo). Disponível em: <http://geosgb.cprm.gov.br/> Acesso em: out/2020.

\_\_\_\_\_.\_\_\_\_\_. 2010. Mapa de Declividade em Percentual do Relevo Brasileiro. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Geodiversidade/Mapa-de-Declividade-em-Percentual-do-Relevo-Brasileiro-3497.html>. Acesso em: out/2020.

DIPRA. Ductile Iron Pipe Research Association, 2017. The Effect of Overhead AC Power Lines Paralleling Ductile Iron Pipelines. Disponível em <https://www.dipra.org/phocadownload/new/CorrosionControl-ACPowerLines.pdf>. Acesso em: out/2020.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2017. Identificação, mapeamento e quantificação das áreas urbanas do Brasil. Disponível em: [http://www.sgte.embrapa.br/produtos/dados/COT04\\_Areas\\_Urbanas\\_Brasil.zip](http://www.sgte.embrapa.br/produtos/dados/COT04_Areas_Urbanas_Brasil.zip). Acesso em: out/2020.

ENEVA. 2020. Nossos Negócios. Complexo Parnaíba. Disponível em: <https://eneva.com.br/nossos-negocios/geracao-de-energia/complexo-do-parnaiba/>. Acesso em: out/2020.

EPBR. 2019. Leilão de energia viabiliza primeiro terminal de GNL do Pará. Disponível em: <https://epbr.com.br/leilao-de-energia-viabiliza-primeiro-terminal-de-gnl-do-para/> Acesso em: out/2020.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética, 2014. Plano Decenal de Expansão da Malha de Transporte Dutoviário - PEMAT 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-da-malha-de-transporte-dutoviario-pemat/plano-decenal-de-expansao-da-malha-de-transporte-dutoviario-pemat-2022>. Acesso em: out/2020.

\_\_\_\_\_.\_\_\_\_\_. 2019a. A relevância da Infraestrutura Dutoviária para o Abastecimento de Derivados de Petróleo no Brasil. In: Rio Pipeline Conference & Exhibition 2019. Rio de Janeiro. Apresentação em Stand da EPE. Disponível em <https://www.epe.gov.br/sites-pt/sala-de-imprensa/noticias/Documents/ESTANDE%20-%20Relev%C3%A2ncia%20da%20infraestrutura%20dutovi%C3%A1ria.pdf>. Acesso em: out/2020.

\_\_\_\_\_.\_\_\_\_\_. 2019b. Plano Indicativo de Gasodutos de Transporte - PIG. Disponível em <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-indicativo-de-gasodutos-de-transporte-pig>. Acesso em: out/2020.

\_\_\_\_\_.\_\_\_\_\_. 2019c. Plano Indicativo de Processamento e Escoamento de Gás Natural. Disponível em <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-indicativo-de-processamento-e-escoamento-de-gas-natural-pipe>. Acesso em: out/2020.

\_\_\_\_\_.\_\_\_\_\_. 2019d. Plano Decenal de Expansão de Energia 2029. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2029>. Acesso em: out/2020.

\_\_\_\_\_.\_\_\_\_\_. 2020a. Webmap EPE. Disponível em: <https://gisepeprd.epe.gov.br/webmapepe/>. Acesso em: out/2020.

\_\_\_\_\_.\_\_\_\_\_, 2020bZZZ. Nota Técnica Terminais de GNL no Brasil – Panorama dos Principais Projetos (Ciclo 2019-2020). Disponível em: <>. Acesso em:

ESTEIO, 2010. Disponível em: <https://www.esteio.com.br/executados/projeto-dutos/comperj/>. Acesso em: out/2020.

FERC. Federal Energy Regulatory Commission, 2002. Interagency Agreement On Early Coordination Of Required Environmental And Historic Preservation Reviews Conducted In Conjunction With The Issuance Of Authorizations To Construct And Operate Interstate Natural Gas Pipelines Certificated By The Federal Energy Regulatory Commission. Disponível em [https://www.ferc.gov/sites/default/files/2020-04/gas\\_interagency\\_mou.pdf](https://www.ferc.gov/sites/default/files/2020-04/gas_interagency_mou.pdf). Acesso em: out/2020.

\_\_\_\_\_.\_\_\_\_\_, 2012. Transmission Planning and Cost Allocation by Transmission Owning and Operating Public Utilities. Disponível em [https://www.ferc.gov/sites/default/files/2020-04/E-1\\_28.pdf](https://www.ferc.gov/sites/default/files/2020-04/E-1_28.pdf). Acesso em: out/2020.

FUNAI. Fundação Nacional do Índio, 2020. Delimitação das Terras Indígenas do Brasil. Disponível em: <http://www.funai.gov.br/index.php/shape>. Acesso: jun/2020.

HYDRO. 2019. Operações. Disponível em: <<https://www.hydro.com/pt-BR/sobre-a-hydro/a-hydro-no-mundo/south-america/brazil/paragominas/mineracao-paragominas/operacoes/>>. Acesso em: set/2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2016. Base georreferenciada dos Municípios e Estados Brasileiros. Disponível em: [ftp://geoftp.ibge.gov.br/organizacao\\_do\\_territorio/malhas\\_territoriais/](ftp://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/). Acesso em: jun/2020.

IBP. Instituto Brasileiro do Petróleo, Gás e Biocombustíveis, 2019. Estudo do IBP mapeia investimento de R\$ 88 bi em logística e produção de combustíveis, com R\$ 49 bi destinados à infraestrutura e R\$ 39 bi para produção de etanol e biodiesel. Disponível em: <https://www.ibp.org.br/noticias/estudo-do-ibp-mapeia-investimento-de-r-88-bi-em-logistica-e-producao-de-combustiveis-com-r-49-bi-destinados-a-infraestrutura-e-r-39-bi-para-producao-de-etanol-e-biodiesel/>. Acesso em: out/2020.

ICMBio. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2020. Base de dados do Sistema Informatizado de Monitoria de Reservas Particulares do Patrimônio Natural – SIMRPPN. Disponível em: <http://sistemas.icmbio.gov.br/simrppn/publico/> Acesso: jun/2020.

INCRA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, 2020. Base georreferenciada dos Projetos de Assentamento e Territórios Quilombolas. Disponível em: <http://acervofundiario.incra.gov.br/geodownload/geodados.php>. Acesso: jun/2020.

INGAA. Interstate Natural Gas Association of America, 2008. Guidelines for Parallel Construction of Pipelines. Disponível em <https://www.ingaa.org/File.aspx?id=8086&v=1b1d0560>. Acesso em: out/2020.

\_\_\_\_\_.\_\_\_\_\_, 2015. Criteria for Pipelines Co-existing with Electric Power Lines. Final Report No. 2015-04. Disponível em <https://www.ingaa.org/File.aspx?id=24732>. Acesso em: out/2020.

IPHAN. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. 2015. Portaria Interministerial nº 60 de 24 de março de 2015. Disponível em: [http://portal.iphan.gov.br/uploads/legislacao/Portaria\\_Interministerial\\_60\\_de\\_24\\_de\\_marco\\_de\\_2015.pdf](http://portal.iphan.gov.br/uploads/legislacao/Portaria_Interministerial_60_de_24_de_marco_de_2015.pdf). Acesso em: set/2020.

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2018. Avaliação Técnica de Integridade e de Gestão de Riscos do Mineroduto do Sistema Minas-Rio – Etapa 1. Disponível em

<https://brasil.angloamerican.com/~media/Files/A/Anglo-American-Group/Brazil/sustentabilidade/meio-ambiente/parecer-tecnico-ipt-21079-301.pdf>. Acesso em: out/2020.

LOGUM, 2020. Memorial Descritivo da Dutovia. Projeto Básico Dutovia e Terminal Guararema. Disponível em: [https://www.novacana.com/pdf/08062020090642\\_Etanolduto\\_-\\_Memorial\\_descritivo.pdf](https://www.novacana.com/pdf/08062020090642_Etanolduto_-_Memorial_descritivo.pdf). Acesso em: out/2020.

MELLO, J.B., 2015. Interferência Eletromagnética em um Gasoduto Enterrado Causado por Linha de Transmissão de 69 KV. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação. Universidade Salvador, UNIFACS. Disponível em <https://pt.scribd.com/document/292092411/Interferencia-Eletromagnetica-Em-Um-Gasoduto-Enterrado-Causado-Por-Linha-de-Transmissao-de-69kv>. Acesso em: out/2020.

MMA. Ministério do Meio Ambiente, 2020. Base Georreferenciada de Unidades de Conservação Federais e Estaduais. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>. Acesso: jun/2020.

MINFRA. Ministério da Infraestrutura, 2018. Corredores Logísticos Estratégicos: Volume II – Complexo do Minério de Ferro. Disponível em: [https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/centrais-de-conteudo/relatorio\\_corredores\\_logisticos\\_minerio\\_v1-1.pdf](https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/centrais-de-conteudo/relatorio_corredores_logisticos_minerio_v1-1.pdf). Acesso em: out/2020.

\_\_\_\_\_.\_\_\_\_\_, 2020. Corredores Logísticos Estratégicos: Petróleo e Combustíveis. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/imagens/2020/09/RelatorioCorredoresLogisticosEstratgicosPetrleoCombustveis.pdf>. Acesso em: out/2020.

REUTERS LEGAL, 2020. AGs, enviros warn of 'bomb trains' in new lawsuits over shipping LNG by rail. Disponível em: [https://today.westlaw.com/Document/lbaac3df0e18d11eaa2f1bbb160d441c2/View/FullText.html?transitionType=SearchItem&contextData=\(sc.Default\)&firstPage=true](https://today.westlaw.com/Document/lbaac3df0e18d11eaa2f1bbb160d441c2/View/FullText.html?transitionType=SearchItem&contextData=(sc.Default)&firstPage=true). Acesso em: set/2020

SEMAS-PA. Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Pará 2020. Sistema de Monitoramento e Licenciamento Ambiental. SIMLAM - Processo 2019/0000048189. Disponível em: <https://www.monitoramento.semas.pa.gov.br/simlam/index.htm> Acesso em: set/2020.

SHWEHDI , M.H; JOHAR, U.M., 2003. Transmission Line EMF Interference with Buried Pipeline: Essential & Cautions. Proceedings of the International Conference on Non-Ionizing Radiation at UNITEN. October. Disponível em: <https://www.who.int/peh-emf/meetings/archive/en/paper02shwehdi.pdf>. Acesso em: out/2020.

STUKART, B. R. L., PACHECO, C. A. G., CAVALCANTI, M. C. B., SOUZA, M. F., STELLING, P. F. B. Novos Projetos Ferroviários e Seus Impactos Sobre a Demanda Energética Nacional. Rio Oil & Gas Expo & Conference, 2018. Rio de Janeiro. Anais da Rio Oil & Gas Expo and Conference 2018.

US DOT. U.S. Department of Transportation, 1996. Shared Resources: Sharing Right-of-Way for Telecommunications, Disponível em: [https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/operations/its/jpo960015/sharedres\\_finalrept.pdf](https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/operations/its/jpo960015/sharedres_finalrept.pdf). Acesso em: out/2020.